

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО НАРОДНОМУ ОБРАЗОВАНИЮ
АРХАНГЕЛЬСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. В. В. КУЙБЫШЕВА

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ
ЗАВЕДЕНИЙ

Лесной журнал

Издается с февраля 1958 г.

Выходит 6 раз в год

1

1989

АРХАНГЕЛЬСК

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Акад. ВАСХНИЛ **И. С. Мелехов** (гл. редактор), проф. **Е. С. Романов** (зам. гл. редактора), проф. **С. И. Морозов** (зам. гл. редактора), проф. **Н. М. Белая**, доц. **Е. М. Боровиков**, проф. **Ю. Г. Бутко**, доц. **П. И. Войчаль**, проф. **И. И. Гусев**, проф. **Ю. Я. Дмитриев**, доц. **Г. Л. Дранишников**, проф. **Р. Е. Калитеевский**, проф. **В. Г. Кочегаров**, проф. **Э. Д. Левин**, проф. **Н. В. Маковский**, доц. **Н. В. Никитин**, проф. **А. Р. Родин**, проф. **П. С. Серговский**, проф. **Ю. Д. Силуков**, проф. **Н. И. Федоров**, проф. **В. В. Щелкунов**.

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

«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. 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» № 1

Ст. редактор **Н. П. Бойкова**. Редактор **З. Ф. Кекишева**. Корректор **Л. Л. Аксенова**.

Сдано в набор 16.XI.88. Подписано в печать 13.II.89. Ст. 03146.
Форм. бум. 70 × 108^{1/16}. Бумага типографская № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая.
Усл. печ. л. 12,775. Усл. кр.-отт. 12,775. Уч.-изд. л. 15,63. Тираж 1 600 экз. Заказ 7881. Цена 1 р. 40 к.
Архангельский ордена Трудового Красного Знамени лесотехнический институт
им. В. В. Куйбышева

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

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

ВУЗЫ И ХОЗРАСЧЕТ

Новый 1989 год примечателен тем, что все отрасли материального производства будут работать на хозяйственном расчете. В их числе и лесное хозяйство — отрасль, для которой хозрасчет был (да и на сегодня остается) камнем преткновения. Долгие многолетние поиски, дискуссии по существу не привели к четким представлениям об измерении конечных результатов в основной лесохозяйственной деятельности, без чего трудно представить подлинный и эффективный хозрасчет. Нет необходимых для успеха дела ясности и единства мнений и по другим сторонам хозрасчетной организации лесного хозяйства. Нет их и в концепции перестройки в лесном хозяйстве на период до 2005 года, опубликованной в печати и уже подвергшейся довольно широкому заочному и очному обсуждению.

Ситуация с хозрасчетом в лесном хозяйстве — это не только упрек всей лесозащитной науке (в том числе и вузовской), но и пример давнего нежелания производства вплотную заняться важнейшей проблемой, сделать все необходимое для внедрения, экспериментирования, опробования того, что предлагает наука.

Ситуация эта типична для научно-технического прогресса и новых методов во всей нашей экономике: потребность в них очевидна; у науки есть предложения, но не доведенные до убедительных конкретных рекомендаций; производство не ощущает острой необходимости в их освоении.

Поворот от административных методов к экономическим должен изменить позиции обеих сторон — и производства, и науки. Производство должно повернуться лицом к науке; науку надо поставить перед необходимостью выдавать производству нужные ему конкретные результаты. Вот почему хозрасчет овладевает наукой. Уходит в прошлое научная работа «на полку».

Но здесь все далеко не просто; возникают и новые проблемы. Предприятия и объединения, работающие на полном хозрасчете, особенно по второй его модели, вероятно, будут еще скупее, чем прежде, на ассигнования для науки. Они согласны только на сиюминутную или скорую отдачу. Им не нужны далекие перспективы. Пока их строго не наказывают, они откладывают затраты и работы по охране природы, сокращению и ликвидации уже нанесенного ей ущерба.

Наука и прежде не блистала достижениями в решении этих проблем. Горькие упреки ей в «Обращении к Академии наук СССР», принятом пленумом правления Союза писателей СССР 19 января 1989 года, относятся и к лесной вузовской науке. Много ли сделано, например, по борьбе с загрязнением воды и атмосферы целлюлозно-бумажными предприятиями?

Заставить вузовскую науку (будем говорить здесь только о ней) сконцентрировать усилия на самых актуальных проблемах, покончить с распылением сил, довести дело до ощутимых конкретных результатов и не в неопределенной перспективе, а в ближайшие годы — сделать это может только экономическое принуждение. Прежде всего — это жесткий хозрасчет в традиционной «хоздоговорной» тематике. Затем — использование диссертаций как сильнейшего экономического стимула. И, наконец, подчинение всеобщей обязательной госбюджетной научно-исследовательской работы преподавателей, а может быть, и студенческой

науки основным направлениям (профилю) научной деятельности каждого вуза, факультета.

Диссертация — специфическая форма вузовской научной работы. Ее защита сулит работнику престиж и повышение оклада. Ради этого люди готовы сделать многое. А их энтузиазм и энергия расходуются на выполнение часто никому не нужных исследований. В качестве тем диссертаций надо утверждать (с участием промышленности и других производств) только действительно актуальные темы, а при защите контролировать решение поставленных задач. «Хозрасчетным» могло бы стать и требование подтверждения ученой степени до определенного возраста.

Для руководства вуза одним из главных критериев оценки (и экономическим стимулом) должен стать реальный, подтвержденный экономический эффект от внедрения научных результатов в практику.

Участие в актуальной (именно в актуальной!) научной работе — одно из условий повышения уровня преподавания и интереса студентов к учебе. Этот «косвенный» результат науки очень важен для вузов.

Таким образом, если хозрасчет в науке будет осуществлен на деле, он принесет большую пользу и заказчикам, и самому высшему образованию.

Далеко не столь бесспорен хозрасчет вуза по линии платы за его выпускников. При всем нашем живом сегодняшнем интересе к экономическим методам эта форма плохо вяжется с представлениями о человеке в социалистическом обществе.

Уже давно стало ясно, что министерства-заказчики инженерных кадров, Минвузы и стоящий над ними Госплан не в состоянии надежно определить потребность в специалистах. Очевидно, что выпуск часто превышает спрос, однако ни одна инстанция не берет на себя смелость вслух заявить об этом. А теперь возможна другая крайность: хозрасчетные предприятия и объединения будут отказываться от молодых специалистов. Конечно, потом им потребуются инженеры, владеющие ЭВМ и другими современными методами, но всегда ли они своевременно заявят об этом.

Вузы должны сами вплотную заняться прогнозированием потребности специалистов. Для этого каждому вузу должен быть определен регион, который он будет обеспечивать кадрами. Отношения вуза с регионом (областями, АССР) станут частью их территориального хозрасчета.

Научно-технический прогресс и активизация экономической деятельности предприятий несомненно заставят их позаботиться о повышении квалификации инженеров, экономистов и др. Услуги вузов в этом направлении уже сейчас строятся на хозрасчетной основе. Они получат дальнейшее развитие.

Еще совсем недавно хозрасчет в вузах был лишь предметом изучения на лекциях и семинарах экономических кафедр да формально присутствовал в «хоздоговорной» науке. Ныне он властно вторгается во всю деятельность вузов. Его влияние благотворно. Но надо основательно разобратся в сферах и методах его применения.

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 630*907

РАСШИРЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ХОЗЯЙСТВА
ПРИГОРОДНЫХ ЗЕЛЕННЫХ ЗОН

(на примере Ленинграда)

В. С. МОИСЕЕВ, Л. Н. ЯНОВСКИЙ, В. А. МАКСИМОВ,
И. В. НИКИФОРЧИН

Ленинградская лесотехническая академия

Леса вокруг крупных городов и промышленных поселков являются как бы их легкими. Однако они сейчас исчезают буквально на глазах. Здесь много причин — демографических, социальных, экономических. По исследованиям ЛТА, с учетом растущего спроса на отдых в пригородной зоне, перспектив роста численности населения, зеленая зона Ленинграда до 2000 г. должна быть увеличена с 594 до 2500 тыс. га, а лесопарковая — со 145 до 300 тыс. га (площадь лесопарков с 13,8 до 32,2 тыс. га). Территориально зеленая зона здесь должна простираться в направлении С—Ю от Выборга—Приозерска до Луги и З—В от Кингисеппа до Ладожского озера—р. Волхов.

Общая зеленая зона всей Ленинградской области сейчас составляет 979 тыс. га (лесопарковая часть 169 тыс. га). Со временем ее также нужно значительно расширить на восток области. Лесопарковый пояс Ленинграда должен быть твердо ограничен с севера — Лужки, Победа, Первомайское, Кировское, Сосново, Запорожское, а с юга — Назия, Шапки, Тосно, Лисино-Корпус, Сиверская, Волосово, Кикерино, Каськово, Лебяжье. Однако во всех этих частях зеленой зоны нет единого хозяина.

Ленинградское производственное лесохозяйственное объединение стремится сохранить и восстановить свои леса, а Ленлес — выполнить план лесозаготовок в ближайших районах от города. В результате такой межведомственной неувязки леса Карельского перешейка и других уникальных объектов научно-исследовательского, опытно-показательного характера и садово-паркового искусства нарушают, вырубают и уничтожают. Специалисты этих двух ведомств и научные работники едины во мнении, что хозяином лесов области следует сделать Ленинградское лесохозяйственное объединение. Лесная промышленность должна проводить рубку по хоздоговорам с обязательным лесовосстановлением и благоустройством вырубленных площадей, а строгую приемку этих работ — осуществлять госинспекция. Но выполнение этого решения усугубляется формальным отношением Ленинградской области к лесной, а не малолесной, со всеми вытекающими последствиями установления объема лесозаготовок и затруднениями разумного решения поставленных задач. Однако Ленинградский облисполком твердо намеревается опротестовать это неверное положение и, пока не поздно, привлекая всех ленинградцев, встать на защиту своих лесов и садово-парковых объектов мирового значения.

Территорию Карельского перешейка нужно немедленно превратить в национальный парк; вокруг Ладожского озера шириной не менее 5 км образовать заповедник, а далее от него — водоохранную зону; Лисинский учебно-опытный лесхоз сделать заказником, а его территорию

опытных объектов и мест проведения учебной практики студентов в радиусе около 5 км вокруг поселка Лисино-Корпус (примерно до 10 тыс. га) передать в ведение ЛТА и Лисинского лесного техникума. Спасать надо и другие подобные объекты зеленых насаждений (вокруг Гатчины, Ломоносова, Вырицы и др.). На восток от р. Волхов леса Ленинградской области нужно перевести, в основном, в I группу с санитарно-гигиеническими, водоохранными, защитными и т. п. функциями.

На основании целевого назначения лесов и научных разработок, проведенных в 1982—1988 гг. Лесотехнической академией совместно с Трестом лесопарковой зоны УСПХ и ЗС Ленгорисполкома и Северо-западным лесостроительным предприятием В/О Леспроект, необходимо узаконить твердые правила организации территории этих лесов, ведения лесного и лесопаркового хозяйства и комплексного лесопользования. При этом следует значительно полнее использовать весомые и невосомые полезности леса.

Нельзя находиться под постоянным гипнозом формальных установок и заниматься только использованием невосомых полезностей леса для отдыхающих (чистый воздух, кислородопродуктивность насаждений, фитонцидность и т. п.). Конечно, зеленая и особенно лесопарковая зона в основном должна выполнять социальную задачу по созданию наилучших санитарно-гигиенических и эстетических условий с элементами благоустройства территории. Но нужно использовать и все возможные весомые полезности леса, включая и побочное пользование, переведя их на хозрасчет. Сюда относится утилизация древесины от санитарных рубок, от рубок формирования и реконструкции ландшафтов, от условно-лесовосстановительных по состоянию (в перестойных древостоях) через местные деревообрабатывающие предприятия и цеха ширпотреба. Необходимо расширять плантации новогодних елок, декоративных и плодовых деревьев и кустарников, реализацию древесной, кустарниковой и лужайковой зелени. Организовать платное побочное пользование: дома приюта для отдыхающих и туристов, при них подсобные хозяйства с плодовыми садами, пчеловодством, рыбководством, конными выездами, бионариями диких зверей и птиц, сбором ягод, грибов, лекарственных трав и др. Во всех случаях стремиться оснастить территорию спортивными комплексами, пляжами, спортивным инвентарем, банями-саунами, автостоянками, чайными-кафетериями и другими платными услугами.

Везде на первое место ставится экологическое обоснование, экологическая безопасность и сохранение окружающей среды объекта. При этом зеленую пригородную зону разделяют на парковую, лесопарковую хозяйственные части (обычно объединяемые в одну лесопарковую) и лесохозяйственную (пригородную) — самую отдаленную от города. В лесопарковой хозчасти постоянно проводят санитарные рубки (уборка сухостоя, поврежденных деревьев), рубки ухода, формирования и реконструкции лесопарковых ландшафтов (закрытых, полукрытых и открытых). А в самой дальней на 50...70 км от города — лесохозяйственной (пригородной) хозчасти в перестойных разрушающихся древостоях, при стадии естественной спелости, когда отпад больше прироста, проводят условно-санитарно-лесовосстановительные долгосрочные 3—4-приемные постепенные рубки (приемы через 7...10 лет), а в сосняках возможны группово-выборочные рубки или их разумное сочетание. Таким образом, здесь через 30...40 лет от начала проведения этих рубок из возобновления под пологом леса сразу получают эффективные ландшафты средневозрастных древостоев, минуя нежелательную стадию молодняков.

В ельниках из-за ветровала рекомендуются только узколесосечные рубки с некоторыми отступлениями в кисличниках.

Ландшафты формируют при отборе деревьев в рубку в основном по классам Крафта, оставляя в первую очередь деревья I, II и частично III класса роста, доля которых в древостое по запасу древесной зелени достигает 60...70 %. При крайней необходимости для постоянного сохранения лесной среды, основной фауны и флоры, в некоторых ценнейших лесных массивах можно применять длительно-приемные постепенные рубки, с повторяемостью приемов рубки через 40...50 лет. В первый прием выбирают деревья толщиной 22 см и более, а оставшуюся часть древостоя оставляют на длительное доращивание. Через 40...50 лет после первого приема рубки в дороженной части древостоя вновь выбирают деревья со ступени толщины 24 см и более, а оставшуюся часть опять доращивают и т. д. При всех случаях проводится уход за подростом и подлеском. Начинать работы нужно по дорогам, сплавным рекам и другим путям транспорта, распространяя затем по необходимости в глубь массива. Внедрять рекомендации в производство следует дифференцированно при разумном взаимном их сочетании. При этом большое значение придается применению местами лесных культур, особенно посадок декоративных пород и крупномерного посадочного материала.

Таблица 1

Кислородопродуктивность модальных древостоев Ленинградской области (фрагмент)

Возраст, лет	Высота, м	Диаметр, см	Полнота	Сумма площадей сечения, м ²	Запас, м ³	Прирост текущий периодический по запасу, м ³	Запас зеленой биомассы, т	Прирост зеленой биомассы, т	Выделение кислорода, т	Средний общий прирост О ₂ , т
--------------	-----------	-------------	---------	--	-----------------------	---	---------------------------	-----------------------------	------------------------	--

Сосняк-черничник II класса бонитета

10	2,7	3,3	0,63	17,9	25,8	25,8	5,3	5,3	28,0	2,8
30	9,6	10,5	0,68	28,7	105,4	40,8	8,1	3,2	39,9	3,6
50	15,4	16,8	0,69	33,9	176,6	34,0	6,2	1,2	29,2	3,4
70	19,8	22,0	0,69	36,6	230,7	25,1	4,9	0,5	20,4	3,1
90	22,9	26,2	0,69	38,2	270,8	18,5	2,3	0,3	14,6	2,8
110	25,1	29,5	0,69	39,1	300,0	13,3	4,1	0,2	10,5	2,5
130	26,6	32,2	0,69	39,7	320,6	9,6	3,9	0,1	7,5	2,2
150	27,6	34,3	0,69	37,0	335,5	6,8	3,9	0,1	5,3	2,0

Формирование наиболее эффективных лесопарковых ландшафтов по кислородопродуктивности в зависимости от состава древесных пород, возраста, полнот (сомкнутости) полого по типам леса и классам бонитета насаждений проводится согласно нормативным данным, разработанным Лесотехнической академией (примерное их содержание см. в табл. 1). Таблицы кислородопродуктивности модальных древостоев сосны, ели, березы, осины Ленинградской области для разных типов леса и классов бонитета смоделированы на основании данных более 200 пробных площадей и таблиц хода роста этого района. Они могут быть использованы и для общего прогнозирования наиболее перспективных типов ландшафтов по кислородопродуктивности на основании материалов сводных таблиц классов возраста лесного фонда. Для их проверки и уточнений в лесах Ленинградской и Новгородской областей было заложено 32 опытных объекта 100 × 100 м с разделением на 4 секции 50 × 50 м (контрольной и с выборкой деревьев до 15, 25 и 40 %). Эти материалы позволяют уста-

новить наиболее эффективные приемы формирования лесопарковых ландшафтов (закрытых — с полнотой 0,6 и более, полуоткрытых — 0,3...0,5 и открытых — менее 0,2). На них также проводили учет возможного побочного пользования (вырубаемой древесины, урожая плодов, ягод, грибов, лекарственных трав и др.).

Кроме этих исследований, для получения более объективных средних нормативных данных учета разного вида побочного пользования в лесном фонде зеленой и лесопарковой пригородной зоны Ленинграда в центральной части Лисинского учебно-опытного лесхоза по квартальным просекам был заложен рекогносцировочный крестообразный ход с охватом подряд 100 таксационных выделов. Такой же объем указанных описаний выполнен в М.-Вишерском лесхозе Новгородской области. В каждом таксационном выделе указывали основную характеристику разных видов побочного пользования — ягодников, плодовых деревьев, грибов, лекарственных трав, их площадь, процент по площади, урожай (кг/га). В конечном результате определяли их средневзвешенные на площадь нормативы в зависимости от преобладающих пород насаждений, класса возраста, типа леса, класса бонитета и полноты (сомнутасти) полога древостоя (0,6...1,0 — закрытых, 0,3...0,5 — полуоткрытых и 0,2 и менее — открытых типов ландшафтов). Наибольшая встречаемость указанного побочного пользования установлена в сосняках I—II классов бонитета с полнотой до 0,6 — в среднем 30 % и в более сомкнутых 0,6...1,0 — около 15 %, а в III—IV классах бонитета, соответственно, 20 и 10 %; затем в березняках и осинниках I—II классов бонитета — 25 и 10 %, III класса — 15 и 10 %; оно меньше в ельниках, а именно по I—II классам бонитета соответственно 20 и 10 %, III—IV классам — 10 и 5 %. Эти предварительно полученные показатели будут в дальнейшем совместно с Северо-западным лесоустроительным предприятием детализироваться и уточняться в натуре, с приведением в удобные практические нормативы для лесоустроительного проектирования побочного пользования в пригородных зонах. Для удобства денежной оценки древесины отдельных стволов разных пород, вырубаемых при санитарных рубках, рубках формирования и реконструкции ландшафтов и других видах ухода за лесом Лесотехнической академией разработаны таксы на хлысты. Они составлены для отдельных стволов сосны, ели, березы и осины Ленинградской области в зависимости от диаметра на высоте груди, высоты и расстояния вывозки до первичных путей транспорта (стоимость одного хлыста на корню по прейскуранту 07—01, 1982 г.).

Внедрение разработок ЛТА по утилизации древесины от рубок ухода и формирования ландшафтов, а также ранее указанных видов

Таблица 2

Таксы на хлысты лесобразующих пород Ленинградской области по прейскуранту 07-01 (фрагмент)

Ступень толщины, см	Длина хлыста, м (по разрядам высот)	Объем одного ствола, м ³	Стоимость одного хлыста, р., по разряду такс, км				
			1 (0—10)	2 (10,1— —25,0)	3 (25,1— —40,0)	4 (40,1— —60,0)	5 (60,1 и >)

Сосна

20	23,4	0,342	2,47	1,46	1,19	0,87	0,61
	21,1	0,315	2,23	1,32	1,07	0,78	0,55
	18,9	0,286	2,02	1,20	0,97	0,71	0,50
	17,0	0,261	1,83	1,08	0,88	0,64	0,45
	15,3	0,239	1,65	0,98	0,79	0,58	0,41

побочного пользования в хозяйство Треста лесопарковой зоны Ленинграда, согласно составленному перспективному плану до 2000 г., поднимает его прибыль до 1,3 млн р. в год. Все это должно решаться преимущественно одним хозяином на бригадно-хозрасчетной поквартально-подрядной основе с полной концентрацией выполнения в нем всех видов работ.

В остальных лесах Ленинградской области на восток от р. Волхов, которые в основном относятся к лесам I группы, хозяйство должно строго вестись, согласно их специфическому назначению.

Перестройка требует широкого внедрения рассмотренных рекомендаций комплексного развития лесного и лесопаркового хозяйства с существенным улучшением окружающей среды, но при полном комплексном использовании весомых полезных свойств леса.

Поступила 12 октября 1988 г.

УДК 630*181.22 : 630*232.41

ВЛИЯНИЕ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР НА ПРИЖИВАЕМОСТЬ И РОСТ САЖЕНЦЕВ С ЗАКРЫТОЙ КОРНЕВОЙ СИСТЕМОЙ

В. В. ОСТРОШЕНКО

Чумиканский лесхоз Хабаровского края

В последние годы в лесном хозяйстве хорошо зарекомендовал себя новый способ лесовосстановления — создание лесных культур в зимнее время посадочным материалом с закрытой корневой системой [2, 4, 6, 9].

Задача наших исследований — анализ приживаемости, сохранности, роста лесных культур, заложенных посадочным материалом с закрытой корневой системой, подвергавшимся при хранении влиянию низких температур от -10 до -35 °С.

Работы проводили в кварталах 11 и 23 Хехцирского опытно-механизированного лесхоза ДальНИИЛХа. Климат района континентальный, с ясно выраженной муссонностью. Средняя температура января -19 ... -24 °, июля 16 ... 19 °С. За год выпадает в среднем 505 мм осадков. Лесокультурные площади представлены старыми рубками и расположены на южном склоне хребта Большой Хехцир, крутизна которого 4°. Почва буро-подзолистая, среднесуглинистая. Типы леса древостоев до рубки и окружающих насаждений — лиственничники кустарниково-разнотравные. Посадочным материалом служили однолетние сеянцы сосны обыкновенной и лиственницы амурской и двухлетние — сосны корейской и ели аянской, выращенные в грядках пленочных теплиц. Корневой ком формировали в августе по двум вариантам: 1 — корни растений помещали в бумажные парафинированные стаканчики (ГОСТ 13480—68) емкостью около 200 см³; 2 — корни растений формировали в брикеты. Субстратом для заполнения стаканов и брикетирования служила смесь торфо-компоста и гумусной почвы в соотношении 1 : 1.

С наступлением морозов посадочный материал помещали в ящики по 50 шт. и устанавливали на полки металлического контейнера каркасного типа. Для защиты от ветра и снега контейнер обтягивали полиэтиленовой пленкой. Условия хранения обеспечивали возможность беспрепятственного изъятия очередной партии материала. Ежедневно по минимальному и срочному термометрам, установленным в контейнере, измеряли температуру воздуха. Всего проведено 560 замеров.

Отбор саженцев для посадки начинали с температуры -10 °С, считающейся не опасной для тканей растений [1, 3, 4, 8]. При дальнейшем понижении температуры на каждые 3°, в ноябре—январе, от каждой породы методом случайной выборки отбирали по 15...20 саженцев и вносили в укрытие с температурой, в течение зимы не понижающейся ниже -12 ... -15 °С, где посадочный материал стоял до весны. Последняя партия подверглась воздействию наиболее низкой температуры воздуха -35 °С.

Весной 1972—1973 гг., при переходе среднесуточной температуры воздуха через $+5$ °С, саженцы высаживали на лесокультурную площадь. Подготовка почвы

заклучалась в сплошной вспашке. Контролем служил посадочный материал, хранившийся зимой в бревенчатом сарае при температуре не ниже -10°C .

Посадку саженцев производили вручную, рядами, размещением $0,5 \times 2$ м (стаканы) и $1,2 \times 3$ м (брикеты). Посадочные места подготавливали в день посадки мотобуром УП-1. Корневой ком плотно устанавливали в углубление, чтобы верхняя кромка стакана или брикета была расположена на $0,5 \dots 1$ см ниже поверхности почвы.

В последующие годы, используя методические указания В. В. Огиевского [7], ежемесячно летом и затем осенью определяли приживаемость по породам, виду корневого кома; высоту и массу надземной части живых растений; прирост по высоте и диаметру ствола, массы хвой; ход закладки почек. Устанавливали зависимость полученных данных от значения перенесенной отрицательной температуры. Материалы обрабатывали методами математической статистики. Ошибка опытов не превышала 3 %.

После качественной посадки решающее значение для приживаемости высаженных растений имеют погодные условия, прежде всего влажность воздуха и почвы. В первые два года роста (фаза приживания) влажность атмосферного воздуха в мае—сентябре составляла $54,4 \dots 96,8$ %, а влажность почвы $51,2 \dots 78,4$ %, что благоприятно для растений [5, 9].

Таблица 1

Приживаемость и сохранность лесных культур, %

Порода	Температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$	Вариант 1			Вариант 2		
		Возраст лесных культур, лет					
		1	3	10	1	3	10
Сосна обыкновенная	-15	100	100	98	100	100	96
	-18	100	100	96	100	100	98
	-21	96	94	92	100	100	98
	-24	92	92	90	98	96	94
	-27	88	86	86	92	90	90
	-30	58	54	52	86	84	84
	-33	38	32	32	82	82	80
	-35	12	10	10	66	62	58
	Контроль	100	96	92	100	100	96
Сосна корейская	-15	100	100	98	100	98	98
	-18	100	98	94	100	100	98
	-21	100	100	98	100	100	98
	-24	98	94	90	100	100	94
	-27	96	92	88	100	94	92
	-30	90	88	86	98	92	90
	-33	84	84	82	96	94	92
	-35	82	80	76	88	82	80
	Контроль	100	100	97	100	99	98
Лиственница амурская	-15	100	100	100	100	100	100
	-18	100	100	100	100	100	100
	-21	100	100	96	100	100	100
	-24	100	98	92	100	100	96
	-27	100	96	96	100	100	98
	-30	100	98	94	100	100	98
	-33	100	96	92	100	98	94
	-35	100	96	90	100	98	94
	Контроль	100	100	98	100	100	98
Ель аянская	-15	100	96	90	100	96	92
	-18	100	92	88	100	96	92
	-21	96	90	90	100	94	92
	-24	90	86	86	100	96	92
	-27	86	84	82	92	90	88
	-30	80	80	76	92	90	88
	-33	78	76	72	90	88	86
	-35	80	74	72	82	80	78
	Контроль	88	86	84	93	93	92

Таблица 2

Средние показатели роста одного растения в однолетних лесных культурах

Порода	Температура воздуха, °С	Текущий прирост					
		Вариант 1			Вариант 2		
		по высоте, см	по диаметру, см	по массе, г	по высоте, см	по диаметру, см	по массе, г
Сосна обыкновенная	-15	8,9 ± 0,6	0,3 ± 0,7	9,3 ± 0,8	9,3 ± 0,3	0,4 ± 0,6	12,9 ± 0,6
	-18	8,4 ± 0,8	0,3 ± 0,2	9,8 ± 0,6	8,9 ± 0,6	0,4 ± 0,2	12,1 ± 0,8
	-21	8,2 ± 0,7	0,3 ± 0,9	9,1 ± 0,4	9,0 ± 0,2	0,4 ± 0,8	12,1 ± 0,4
	-24	8,8 ± 0,9	0,3 ± 0,6	9,6 ± 0,2	9,1 ± 0,7	0,3 ± 0,5	12,0 ± 0,9
	-27	8,6 ± 0,4	0,3 ± 0,8	9,2 ± 0,7	8,7 ± 0,8	0,3 ± 0,7	12,2 ± 0,5
	-30	8,1 ± 0,8	0,2 ± 0,7	9,6 ± 0,9	9,1 ± 0,6	0,4 ± 0,8	12,4 ± 0,6
	-33	7,7 ± 0,2	0,2 ± 0,5	8,9 ± 0,6	8,9 ± 0,6	0,4 ± 0,6	12,1 ± 0,4
	-35	7,3 ± 0,6	0,2 ± 0,6	8,5 ± 0,8	8,3 ± 0,3	0,3 ± 0,5	12,5 ± 0,7
	Контроль	8,8 ± 0,9	0,3 ± 0,8	9,5 ± 0,4	9,4 ± 0,6	0,4 ± 0,4	12,7 ± 0,7
	Сосна корейская	-15	4,1 ± 0,6	0,2 ± 0,6	6,2 ± 0,6	5,1 ± 0,3	0,3 ± 0,7
-18	3,9 ± 0,7	0,2 ± 0,4	6,5 ± 0,4	4,9 ± 0,8	0,3 ± 0,4	7,4 ± 0,8	
-21	4,0 ± 0,5	0,2 ± 0,4	6,4 ± 0,9	5,2 ± 0,6	0,3 ± 0,3	7,0 ± 0,6	
-24	4,1 ± 0,4	0,2 ± 0,6	6,2 ± 0,7	5,0 ± 0,5	0,3 ± 0,8	6,9 ± 0,8	
-27	3,8 ± 0,8	0,2 ± 0,3	5,9 ± 0,8	4,8 ± 0,7	0,3 ± 0,9	6,7 ± 0,5	
-30	3,6 ± 0,7	0,1 ± 0,3	5,6 ± 0,3	4,9 ± 0,6	0,2 ± 0,3	7,0 ± 0,8	
-35	3,3 ± 0,6	0,1 ± 0,7	5,1 ± 0,6	5,1 ± 0,7	0,1 ± 0,2	6,2 ± 0,5	
Контроль	4,4 ± 0,5	0,2 ± 0,4	6,6 ± 0,5	5,3 ± 0,8	0,3 ± 0,3	7,2 ± 0,8	
Лиственница амурская	-15	11,3 ± 0,5	0,3 ± 0,4	9,9 ± 0,4	14,6 ± 0,7	0,4 ± 0,6	10,1 ± 0,6
	-18	10,8 ± 0,9	0,3 ± 0,2	9,7 ± 0,6	14,9 ± 0,3	0,4 ± 0,2	9,8 ± 0,9
	-21	10,7 ± 0,7	0,3 ± 0,7	9,2 ± 0,2	15,1 ± 0,8	0,4 ± 0,9	9,7 ± 0,4
	-24	10,8 ± 0,4	0,3 ± 0,5	10,1 ± 0,7	14,7 ± 0,4	0,4 ± 0,2	10,0 ± 0,2
	-27	11,1 ± 0,5	0,3 ± 0,9	9,8 ± 0,4	14,5 ± 0,5	0,4 ± 0,7	10,1 ± 0,8
	-30	10,6 ± 0,6	0,3 ± 0,8	9,5 ± 0,9	14,2 ± 0,2	0,4 ± 0,3	9,9 ± 0,7
	-33	11,2 ± 0,9	0,3 ± 0,6	10,1 ± 0,3	15,0 ± 0,6	0,4 ± 0,5	10,2 ± 0,5
	-35	10,8 ± 0,5	0,3 ± 0,4	9,6 ± 0,6	14,6 ± 0,8	0,4 ± 0,6	9,8 ± 0,4
	Контроль	11,3 ± 0,8	0,3 ± 0,6	10,1 ± 0,8	14,9 ± 0,9	0,4 ± 0,8	10,1 ± 0,7
	Ель аянская	-15	2,1 ± 0,9	0,1 ± 0,4	4,2 ± 0,7	2,7 ± 0,3	0,2 ± 0,5
-18	2,3 ± 0,6	0,1 ± 0,8	4,1 ± 0,6	2,5 ± 0,5	0,2 ± 0,3	5,2 ± 0,5	
-21	2,4 ± 0,5	0,1 ± 0,6	4,5 ± 0,8	2,8 ± 0,8	0,2 ± 0,9	5,6 ± 0,3	
-24	2,2 ± 0,2	0,1 ± 0,2	4,0 ± 0,2	2,6 ± 0,6	0,2 ± 0,7	5,7 ± 0,8	
-27	1,9 ± 0,7	0,1 ± 0,9	4,2 ± 0,4	2,4 ± 0,7	0,2 ± 0,4	5,1 ± 0,9	
-30	1,8 ± 0,6	0,1 ± 0,4	3,9 ± 0,9	2,6 ± 0,2	0,2 ± 0,8	5,8 ± 0,4	
-33	1,8 ± 0,5	0,1 ± 0,6	3,7 ± 0,6	2,5 ± 0,5	0,2 ± 0,8	5,5 ± 0,8	
-35	1,7 ± 0,3	0,1 ± 0,8	3,5 ± 0,2	2,4 ± 0,6	0,2 ± 0,5	5,3 ± 0,9	
Контроль	2,2 ± 0,7	0,1 ± 0,7	4,6 ± 0,8	2,8 ± 0,8	0,2 ± 0,7	5,7 ± 0,4	

Лесные культуры сосны обыкновенной и корейской, ели аянской, созданные саженцами в бумажных парафинированных стаканчиках, подвергавшимся воздействию температуры от -10 до -27 °С, и саженцами-брикетами, выдержавшими температуру от -10 до -33 °С, энергично росли, отличались хорошими (86...100 %) приживаемостью и сохранностью и существенных отклонений в темпах роста от контроля не имели (табл. 1, 2, рис. 1, 2).

Дальнейшее понижение температуры вызывало повреждение клеток тканей корневой системы растений и как следствие — снижение приживаемости на 10...20 % (табл. 1). Отставание в росте, однако, было заметно лишь в первые 2—3 года. В последующем эта разница не существенна.

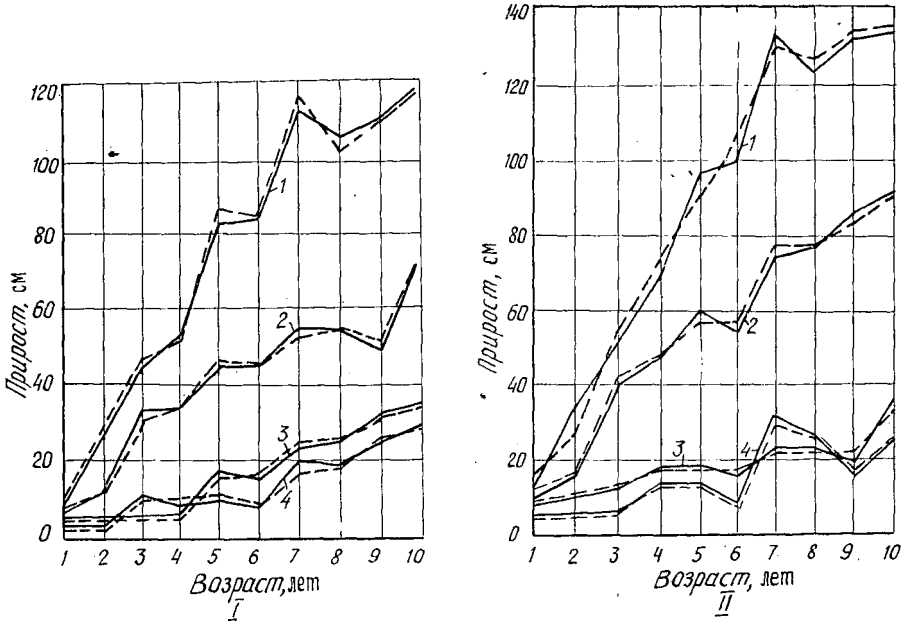


Рис. 1. Текущий прирост в высоту лесных культур из саженцев, перенесших воздействие температуры -27°C : I — саженцы пересажены в бумажные парафинированные стаканчики с субстратом; II — корневая система саженцев сформирована в брикеты; 1 — лиственница амурская; 2 — сосна обыкновенная; 3 — сосна корейская; 4 — ель аянская; сплошные линии — опытные посадки; штриховые — контроль

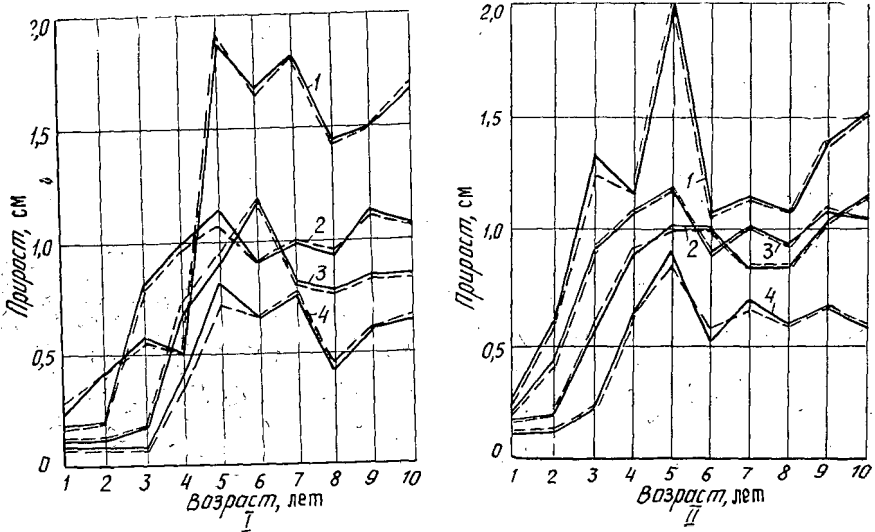


Рис. 2. Текущий прирост по диаметру лесных культур из саженцев, перенесших воздействие температуры -27°C . Обозначения см. на рис. 1

В контрольных посадках ели аянской отмечено снижение приживаемости, по сравнению с вариантами хранения, до 88 %. Это вызвано повреждением коры молодых растений мышевидными грызунами.

Более низкие температуры, которым подверглись при зимнем хранении саженцы сосны и ели, отразились на последующем их росте в лесных культурах. По сравнению с контролем приросты снизились: по высоте на 10...20 %, по диаметру ствола на 30...50 %, по массе на 15...25 % (табл. 2).

Саженцы лиственницы без повреждений выдерживали понижение температуры до -35°C . Приживаемость лесных культур лиственницы в первый год роста была довольно высокой (96...100 %) и существенно не отличалась от контроля (табл. 1). В дальнейшем сохранность несколько снизилась, но и в 10-летних культурах достигала 96...100 %. Не обнаружено существенной разницы в динамике роста растений в зависимости от величины перенесенной отрицательной температуры.

Масса хвои в однолетних лесных культурах в зависимости от перенесенной температуры в среднем колебалась у сосны обыкновенной от $(6,7 \pm 0,7)$ до $(5,9 \pm 0,4)$ г, что составляло около 26,4 % от общей массы растения. У лиственницы, сосны корейской, ели масса хвои в среднем соответственно составляла: 25,8; 24,2; 23,4 %. Густое охвоение указывает как на хорошее состояние высаженных саженцев, так и на активность протекающих в них физиологических процессов [7].

Приживаемость и состояние лесных культур зависели не только от значения перенесенной отрицательной температуры, но и от формы контейнера. Так, саженцы, корневая система которых сформирована в брикеты, благодаря увеличению корневого кома и, как следствие, лучшей защите, меньше повреждались отрицательными температурами. Высаженные на лесокультурную площадь, они имели более высокие темпы роста, и к концу первого вегетационного года приросты в высоту, по диаметру ствола, накопление фитомассы были выше в среднем на 10...30 %.

К концу 5-го года роста у лиственницы и сосны обыкновенной, 6—7-го — у сосны корейской и ели аянской отмечена сомкнутость в междурядьях, т. е. раннее формирование лесной среды.

В 7-летнем возрасте культур размеры растений зависели только от формы контейнера и составляли: средняя высота — у лиственницы $4,2 \pm 0,7$... $4,9 \pm 0,8$ м; у сосны обыкновенной $1,7 \pm 0,4$... $3,2 \pm 0,9$ м; у сосны корейской $0,8 \pm 0,2$... $1,1 \pm 0,6$ м; у ели аянской $0,6 \pm 0,3$... $0,8 \pm 0,5$ м, средние диаметры стволов на высоте 10 см от почвы соответственно: $5,3 \pm 0,6$... $6,2 \pm 0,7$; $7,3 \pm 0,8$... $8,0 \pm 0,6$; $4,1 \pm 0,7$... $4,8 \pm 0,4$; $2,9 \pm 0,6$... $3,3 \pm 0,4$ см.

Многолетние фенологические наблюдения за лесными культурами показали отсутствие существенных отклонений от нормального развития по фазам разверзания почек, начала и окончания роста побегов, заложения почек, сезонного ритма роста у саженцев, высаженных в теплый период (контроль) и после воздействия на них отрицательных температур. Период с момента разверзания до закладки почек продолжался у лиственницы амурской в среднем 159 дн, ели — 117, сосны обыкновенной — 57, сосны корейской — 43 дн.

Анализ показал, что саженцы сосны обыкновенной, выдержавшие температуру воздуха до -24°C , и лиственницы, сосны корейской и ели аянской — до -30°C , на лесокультурной площади растут удовлетворительно. Более низкая температура снижает приживаемость и в первые годы — темпы роста. Это позволяет лесохозяйственным предприятиям расширить период посадки лесных культур в среднем на 130 дн, исключая наиболее морозные и метельные месяцы (декабрь — февраль), и заниматься лесовосстановлением в трудно проходимых лесотом северных таежных районах.

По степени морозоустойчивости одно- двухлетние саженцы с закрытой корневой системой можно расположить в следующем убываю-

щем порядке: лиственница амурская, сосна корейская, ель аянская, сосна обыкновенная.

Для хранения посадочного материала необходима лишь защита от снега и ветра, обеспечивающая беспрепятственность изъятия очередной партии растений и исключаящая иссушение тканей саженцев. Перевозку посадочного материала на лесокультурную площадь можно производить при температуре атмосферного воздуха не ниже -24°C .

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Авдошин Е. М. Исследование морозостойкости древесных пород в связи с пересадкой деревьев зимой // Озеленение городов: Науч. тр. / Акад. коммун. хоз-ва.— 1962.— Вып. 19.— С. 90—94. [2]. Головчанский И. Н., Савич Е. И. Определение срока посадки семян сосны крымской с необнаженной корневой системой в Крыму // Лесохоз. информ.— 1978.— Вып. 1.— С. 15—16. [3]. Ершов Л. А., Острошенко В. В. О влиянии холода на посадочный материал // Лесн. хоз-во.— 1977.— № 12.— С. 53. [4]. Ершов Л. А., Острошенко В. В. Зимняя посадка культур хвойных в Хабаровском крае // Лесоведение.— 1984.— № 5.— С. 39—46. [5]. Леопольд А. Рост и развитие растений.— М.: Мир, 1968.— 489 с. [6]. Маслаков Е. Л., Введенский В. М., Белостоцкий Н. Н. Зимняя посадка саженцев с закрытой корневой системой // Экспресс-информ.— М.: ЦБНТИлесхоз, 1975.— Вып. 31.— 4 с. [7]. Огневский В. В., Хиров А. А. Обследование и исследование лесных культур.— М.: Лесн. пром-сть, 1964.— 47 с. [8]. Острошенко В. В. Повреждения саженцев в зимне-весенний период // Лесн. хоз-во.— 1981.— № 11.— С. 60. [9]. Острошенко В. В. Опыт посадки лиственницы.— М.: Лесн. пром-сть, 1984.— 41 с.

Поступила 13 апреля 1987 г.

УДК 630* : 629.114.2.001.5

АНАЛИЗ НЕСТАЦИОНАРНОЙ НАГРУЖЕННОСТИ ТРАНСМИССИИ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННОГО ТЯГОВО-ПРИВОДНОГО АГРЕГАТА

В. И. ВАРАВА, А. Н. ЧУКИЧЕВ, Ю. А. ДОБРЫНИН

Ленинградская лесотехническая академия, ЛенНИИЛХ

На лесохозяйственных работах находят широкое применение машины, имеющие активный привод от вала отбора мощности агрегируемого трактора и реализующие большую долю мощности двигателя. В этой связи возникает актуальная задача — исследовать нагруженность привода этих агрегатов в характерных и часто повторяющихся режимах эксплуатации. Такими являются нестационарные режимы, возникающие при включении муфты сцепления для сообщения вращательного движения рабочему органу и трогании агрегата с места, а также при встрече рабочего органа с корнями, погребенной древесиной, каменистыми включениями и др.

В работе [2] установлена возможность использования упрощенной модели для анализа нагруженности тягово-приводного агрегата. Двухмассовая модель двигатель — агрегат в позиционной координате $\Theta = \varphi_d - \varphi_a$ описывается одним дифференциальным уравнением второго порядка

$$I\ddot{\Theta} + \alpha\dot{\Theta} + c\Theta = M_b, \quad M_b = (IM_d + I_d M_a) I_{\Sigma}^{-1}, \quad I = \frac{I_d I_a}{I_{\Sigma}},$$

$$I_{\Sigma} = I_d + I_a, \quad (1)$$

где c, α — приведенные параметры жесткости и демпфирования в приводе;

I_d, I_a — приведенные к валу двигателя моменты инерции подвижных частей двигателя и агрегата;
 M_d, M_a — крутящий момент двигателя и приведенный момент сопротивления рабочего органа агрегата.

Колебания динамических реакций происходят относительно состояния равновесия, определяемого равенствами: $M_d^0 = M_a^0 = M_0 = c\Theta_0$. Рассмотрим случай мгновенного нарастания внешней нагрузки при резком включении муфты сцепления трактора

$$M = M_0\eta(t), \quad M_0 = (I_a M_d^0 + I_d M_a^0) I_{\Sigma}^{-1},$$

где $\eta(t)$ — единичная функция Хевисайда.

Решение уравнения (1) в операторной форме при нулевых начальных условиях (НУ) имеет вид

$$\Theta(p) = \frac{M_0}{I} \frac{1}{p^2 + 2hp + \nu^2} = \frac{M_0}{I} \frac{1}{(p+h)^2 + \nu^2}, \quad h = \frac{a}{2I}, \quad \nu^2 = \frac{c}{I}.$$

В данном случае определитель системы $\Delta(p)$ (знаменатель дроби) имеет два комплексно-сопряженных корня $p_{1,2} = -h \pm i\nu$, поэтому его можно представить в виде $\Delta(p) = I(p+h-i\nu)(p+h+i\nu)$. Оригинал решения для ограниченного демпфирования

$$\Theta(t) = \frac{M_0}{c} e^{-ht} (1 - \cos \nu t)$$

позволяет найти максимум реактивного момента при $h = 0, \nu t_0 = \pi$:

$$M_m = c\Theta_m = 2M_0 = 2(I_a M_d^0 + I_d M_a^0) I_{\Sigma}^{-1}. \quad (2)$$

Очевидно, что он не зависит от жесткости привода и вдвое превышает внешний момент M_0 . При $M_d^0 = M_a^0 = M_e, M_0 = M_e, k_d = M_m/M_e = 2$. При отсутствии сопротивления со стороны агрегата в период трогания с места $M_a^0 \rightarrow 0$ динамическая реакция уменьшается также за счет снижения момента двигателя M_d^0 , необходимого лишь для разгона агрегата. Здесь важен вывод о том, что установка амортизатора в муфту не дает эффекта при резком ее включении. Снижение пиковой нагрузки (2) может быть достигнуто известным способом плавного соединения фрикционных дисков, но лучшим решением является снижение коэффициента трения между ними в рассматриваемом периоде. Кроме того, момент трения в муфтах зачастую завышен: $M_T \geq 3M_e$, рекомендуется $M_T \leq 2,5M_e$.

Для оценки реакции привода при плавном включении муфты аппроксимируем нарастание приводного момента кусочно-линейной зависимостью: $M = kt$ при $t < \tau$; $M = M_0$ при $t \geq \tau$, где $k = M_0/\tau$. Тогда изображение уравнения (1) при нулевых НУ примет вид

$$\Theta(p) = \frac{k}{Ip} \frac{1}{(p+h)^2 + \nu^2} = \frac{k}{I(h^2 + \nu^2)} \left[\frac{1}{p} - \frac{p+2h}{(p+h)^2 + \nu^2} \right],$$

а решение

$$\Theta(t) = \frac{k}{c} \left[t - \frac{e^{-ht}}{\nu} \sin \nu t - 2h \frac{e^{-ht}}{\nu^2} (1 - \cos \nu t) \right].$$

Для характерного режима $\nu t_0 = \pi$ при $h \rightarrow 0$ реактивный момент

$$M\tau \approx c\Theta_0 = \pi k/\nu = \pi \sqrt{I/c} M_0/\tau. \quad (3)$$

Здесь реакция определяется интенсивностью нарастания момента $k = M_0/\tau$ или времени его включения τ и, в отличие от стационарного

режима движения, снижается с увеличением жесткости привода. По условию $M_T = M_0$ целесообразное время включения муфты $\tau = \pi \sqrt{I/c} \geq 0,07$ с.

Теперь рассмотрим режим мгновенного включения муфты с ограничением упругого момента привода ($M_n = \text{const}$) по математической модели вида (1)

$$I\ddot{\Theta} + M(\Theta) = M_0 \eta(t), \text{ где } M(\Theta) = c\Theta \text{ при } |M| \leq M_n; \\ M(\Theta) = M_n \text{ sign } \Theta \text{ при } |M| > M_n. \quad (4)$$

Подставив частное решение $\Theta = a(1 - \cos \psi)$, $\psi = \omega t$ для линейной связи $M = c\Theta$, получим методом гармонического баланса [1] уравнение консервативной кривой для $|M| > M_n$:

$$I\omega^2 = -\frac{1}{\pi a} \int_0^{2\pi} M(\Theta) \cos \psi d\psi = 4M_n/\pi a. \quad (5)$$

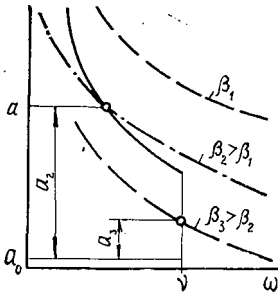


Рис. 1. Консервативные $a(\omega)$ и диссипативные $a(\omega, \beta)$ кривые привода с муфтой

Отсюда находим превышение пика момента уровня ограничения $\leq 27\%$.

Исследуем критический режим $\omega^2 = \nu^2 = c/I$ воздействия на привод с диссипацией $M_T(\dot{\Theta})$ неуравновешенной гармоники двигателя $M_d(t) = M_k \sin \omega t$ по уравнению вида (1)

$$I\ddot{\Theta} + M(\Theta) + M_T(\dot{\Theta}) = M_0 + I_a/I_\Sigma M_k \sin \omega t. \quad (6)$$

Вводя частное решение $\Theta = a_0 + a \cos \psi$ для критического режима $\omega = \nu(a)$ методом гармонического баланса, получаем зависимости для диссипативных и консервативных кривых (рис. 1):

$$M_k I_a / I_\Sigma = M_T(a, \omega) = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} M_T(a\omega \sin \psi) \sin \psi d\psi = \omega \beta a; \quad 4M_T^0/\pi;$$

$$Ia\omega^2 = M(a_0, a) = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} M(a_0 + a \cos \psi) \cos \psi d\psi = ca, \quad 4M_n/\pi; \quad (7)$$

$$M_0 = M_0(a_0, a) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} M(a_0 + a \cos \psi) d\psi = ca_0, \quad M_n.$$

Точки пересечения кривых (рис. 1) дают амплитуду крутильных колебаний привода и пиковые реакции $M_m = c(a_0 + a)$ при малом линейном демпфировании $\beta_1 < \beta_2 < \beta_3$, превышающие ограничение. Фрикционное трение $M_T = M_T \text{ sign } \dot{\Theta}$ не ограничивает критических амплитуд. Поэтому, следует применять вязкое или усовершенствованное фрикционное демпфирование даже при проскальзывании муфты. Заметим, что при проскальзывании фрикционной муфты без перемены знака скорости $\dot{\Theta} = \varphi_d - \dot{\varphi}_a$ демпфирование не реализуется.

Ввиду разнообразия реакций привода при единичных воздействиях и последующих затухающих колебаний, ограничение целесообразно задавать по принятой вероятности $Q = 1 - p$ проскальзывания муфты в стационарном режиме нагружения. Так, для $Q = 0,03$ разброс реакций по интегралу вероятности составляет $\Delta M = 3\sigma_m$, для $Q = 0,05$ $\Delta M = 2\sigma_m$ для $Q = 0,13$ $\Delta M = 1,5\sigma_m$. Дисперсия крутящего момента

привода (1), подверженного полигармоническому воздействию от неуравновешенных сил двигателя:

$$D_m = \sigma_m^2 = \frac{\pi}{4\omega_0} \left(M_0 \frac{I_a}{I_z} \right)^2 \left(\frac{c}{\beta} + \frac{\beta}{T} \right), \quad (8)$$

где M_0 , ω — амплитуда и частота основной гармоники;
 c , β — приведенные параметры жесткости и демпфирования привода.

Для оптимального демпфирования $\partial D_m / \partial \beta = 0$, $\beta_0 = \sqrt{cT}$ и минимально допустимой жесткости привода $c = c_{min}$ дисперсия реакции минимальна

$$\sigma_m = \sqrt{\frac{\pi \nu}{2\omega_0} \frac{I_a}{I_z}} M_0, \quad \nu^2 = \frac{c}{T}. \quad (9)$$

Ограничение момента муфты сцепления по вероятности проскальзывания

$$M_n = M_e + k\sigma_m, \quad (10)$$

где M_e — эффективный крутящий момент двигателя.

У лесопожарного тягово-приводного агрегата трактор Т-150К + грунтомет ГТ-3 ($M_e = 560 \text{ Н} \cdot \text{м}$, $M_0 = 800 \text{ Н} \cdot \text{м}$, $M_n = 1900 \text{ Н} \cdot \text{м}$, $\omega_0 = 330 \text{ с}^{-1}$, $I_a = 1,5 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$, $I_d = 3,9 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$, $I = 1,1 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$) для приведенных параметров привода $c = 2,5 \text{ кН} \cdot \text{м}$, $\nu = 48 \text{ с}^{-1}$ и $k = 2$ ($\Theta = 0,05$) получаем $\sigma_m = 105 \text{ Н} \cdot \text{м}$, $M_n = 770 \text{ Н} \cdot \text{м}$, а для рациональной жесткости ($c \approx 500 \text{ Н} \cdot \text{м}$, $\nu = 21 \text{ с}^{-1}$) $\sigma_m = 70 \text{ Н} \cdot \text{м}$, $M_n = 700 \text{ Н} \cdot \text{м}$. Для $k = 3$ ($\Theta = 0,03$), $c \approx 500 \text{ Н} \cdot \text{м}$ имеем $M_n = = 560 \cdot 3 \cdot 70 = 770 < 1900 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

Воздействие на рабочий орган агрегата от внешней среды в равновесном состоянии привода $M_0 = c\Theta_0 = M_e$ аппроксимируется для мощных древесных корней прямоугольным импульсом, а для слабых мгновенным:

$$M_a(t) = M_n [\eta(t) - \eta(t + \tau)] \text{ или } S = S_0 \delta(t), \quad S_0 = I_a \dot{\Theta}_0,$$

где $\sigma(t)$ — импульсивная функция Дирака;

$\dot{\Theta}_0$ — скорость деформации привода в результате встречного импульса на рабочий орган.

В первом случае изображение по Карсону и решение уравнения (1)

$$\Theta(p) = M_n (1 - e^{-p\tau}) [(p + h)^2 + \nu^2] / I_a,$$

$$\Theta(t) = M_n e^{-ht} [\cos \nu(t - \tau) - \cos \nu t] / I_a \nu^2.$$

Максимум полной реакции при нулевых НУ достигается при $\nu t_0 = \pi$

$$M_m = M_e + c\Theta_m = M_e + \sin^2 \nu\tau / 2 \cdot 2M_n I_d / I_z \quad (11)$$

и не зависит явно от жесткости привода. Однако неявно она существенно влияет через фазу $\psi = 0,5 \nu\tau$: при $\psi = k\pi = k = 1, 2, 3 \dots$ реализуется лишь реакция $M_m = M_e$. При $\nu t_0 = \pi/2$ имеем аналогичный результат:

$$M_m = M_e + \sin \nu\tau M_n I_d / I_z.$$

При мгновенном импульсе изображение и решение уравнения (1) относительно равновесного состояния привода при нулевых НУ

$$\Theta(p) = \dot{\Theta}_0 p [(p + h)^2 + \nu^2], \quad \Theta(t) = \dot{\Theta}_0 / \nu e^{-ht} \sin \nu t,$$

Пиковая реакция реализуется для $\nu t = \pi/2, h \rightarrow 0$

$$M_m = M_e + c\Theta_m \approx M_e + \Theta_0 \sqrt{cI} \quad (12)$$

и снижается с уменьшением жесткости и инертности привода, а также импульсной скорости $\dot{\Theta}_0 = \dot{\varphi}_{до} - \dot{\varphi}_{до}$. При остановке движения агрегата $\varphi_{до} = 0$ эту скорость считают критической $\dot{\Theta}_0 \approx \omega_d = 190 \text{ с}^{-1}$. Здесь реализуются повышенные пиковые реакции $M_c \approx \dot{\Theta} \sqrt{cI}$, значительно превосходящие приводные моменты M_e .

Для ограничения повышенных реакций тягово-приводные агрегаты снабжаются предохранительными муфтами.

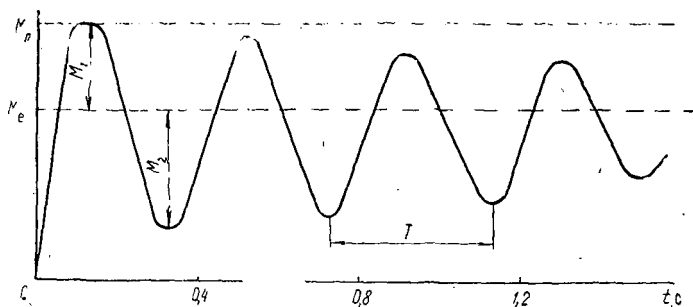


Рис. 2. Изменение крутящего момента в приводе с предохранительной муфтой при мгновенном включении сцепления

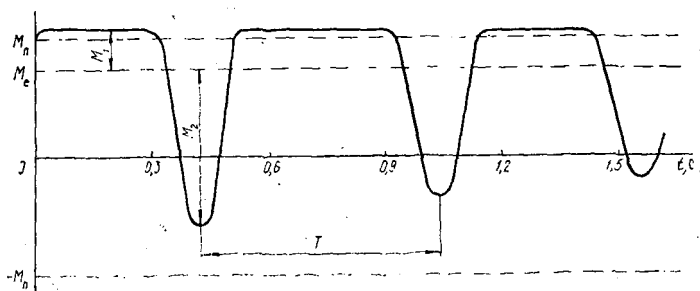


Рис. 3. Изменение крутящего момента в приводе с предохранительной муфтой при импульсном воздействии на рабочий орган агрегата

На рис. 2 и 3 приведены осциллограммы крутящего момента в приводе с предохранительной муфтой при ступенчатом и импульсном нагружении двухмассовой системы с приведенными параметрами $I_d = 1,2 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$, $I_a = 0,34 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$, $c = 67 \text{ Н} \cdot \text{м}$. В первом периоде (рис. 2) момент трогания превышает заданный минимальный приводной момент $M_d = M_a = 190 \text{ Н} \cdot \text{м}$ и ограничивается муфтой $M_n = 170 \text{ Н} \cdot \text{м}$, $\tau \leq 0,1 \text{ с}$, затем происходит затухающие колебания относительно положения равновесного состояния, ввиду наличия малого демпфирования. Во втором случае (рис. 3) заданный мощный импульс $\dot{\Theta}_0 = 0,3 \omega_d$ добавляется к состоянию равновесия $M_d = M_a = M_e = c\Theta_0 = 120 \text{ Н} \cdot \text{м}$ и вынуждает неоднократно срабатывать предохранительную муфту $M_n = 170 \text{ Н} \cdot \text{м}$ ($\tau \approx 0,3 \text{ с}$), удлиняя период цикла по сравнению с периодом собственных колебаний системы. Амплитуды M_2 относительно

положения равновесия переходят нулевую линию нагруженности и медленно убывают за счет конструктивного трения в материале привода.

Приведенный анализ нагруженности трансмиссии лесохозяйственного тягово-приводного агрегата в нестационарных режимах указывает на ее значительный уровень и разнообразие характера нагружения в зависимости от типа внешнего воздействия. Это обуславливает необходимость поиска эффективных средств и способов защиты привода от перегрузок. Немаловажное значение здесь имеет изменение характера нагружения с поглощением пиковых реакций, а также задание рациональных параметров привода и ограничений на его функционирование.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Коловский М. З. Нелинейная теория виброзащитных систем.— М.: Наука, 1966.— 317 с. [2]. Нагруженность силовой передачи лесопожарных фрезерных машин / А. Н. Чукичев, В. И. Варава, Ю. А. Добрынин.— Л.: ЛенНИИЛХ, 1987.— 60 с.

Поступила 3 мая 1988 г.

УДК 630*165.6 : 674.031.628.224.2

ОТБОР МАТОЧНЫХ ДЕРЕВЬЕВ ОРЕХА ГРЕЦКОГО

Н. А. КОРНИЕНКО, Л. А. АНТОНИКОВА

Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт

При решении Продовольственной программы страны важное значение приобретает выращивание ореха грецкого для получения товарного орехового сырья.

Ростовская область находится далеко за пределами ареала естественного произрастания ореха грецкого. Его посадки в лесхозах южных и центральных районов начаты в конце 50-х — начале 60-х гг. под руководством С. Ф. Бессарабова (НИМИ). Созданию насаждений ореха грецкого предшествовала большая кропотливая работа по изучению его биологических и экологических свойств. Были выявлены все деревья, произрастающие на территории г. Новочеркаска и его окрестностей, а также обследованы плодоносящие особи в Азовском, Матвеево-Курганском и Куйбышевском районах Ростовской области.

Изучение фенотипических признаков и анализ костянок позволили выявить наиболее перспективные формы. Все они были зарегистрированы, а списки переданы Ростовскому управлению лесного хозяйства для организации заготовки селекционных семян.

Часть лучших семян и семена, полученные из более южных районов (Северный Кавказ и Черноморское побережье, УССР, Молдавия, республика Средней Азии), были использованы для создания географических культур этой ценной породы. Основная задача этого периода исследований состояла в том, чтобы на стационарном участке изучить биологию и экологию ореха грецкого и среди большого разнообразия форм выявить наиболее перспективные, которые можно было бы использовать не только как маточники для заготовки селекционного семенного и привойного материала, но выявить ценные формы для выведения более урожайных и устойчивых к неблагоприятным условиям сортов ореха грецкого.

Географические культуры ореха грецкого создавали посевом семян на постоянное место, посадкой сеянцев 1—3-летнего возраста с размещением 8×8 , 6×8 м. Широкие междурядья использовали под уплотнители из плодовых (семечковые, косточковые, фундук, лещину, орех серый, скальный, медвежий). В первые годы после закладки междурядья занимали бахчевыми.

Таблица 1

Методика определения фенотипических признаков ореха грецкого по баллам

Фенотипические показатели	5	4	3	2	1	0
Зимостойкость	Повреждений нет	Единичное подмерзание верхушечных почек или концов однолетних побегов	Массовое обмерзание однолетних побегов и единичное обмерзание 2-летних побегов	Однолетние побеги вымерзли, 2—3-летние повреждены, единично погубили скелетные ветви	Полная гибель 1—3-летних побегов и части скелетных ветвей	Полная гибель дерева
Засухоустойчивость	Растения не реагируют на засуху	Частичная потеря тургора у отдельных листьев	Потеря тургора сопровождается пожелтением листьев	Листья засохли и частично засыхают побеги	Листья и побеги засохли, но скелетные ветви и корни живые	Полная гибель дерева
Плодоносность	Обильное; плоды образовались из всех верхушечных почек и на части побегов из боковых почек в кисти	Сильное; плоды образовались из всех верхушечных почек по несколько штук, из боковых почек единично	Среднее; плоды образовались из верхушечных почек по одному, реже по 2—3	Слабое; плоды образовались из половинных побегов по одному	Единичное	Отсутствует
Повреждаемость марсонией	Повреждения нет	Единичные повреждения листьев	Массовое повреждение листьев	Массовое повреждение листьев и единичное — плодов	Массовое повреждение листьев, плодов	—
Поврежденные листьями грызунами	Повреждения нет	Единичное повреждение	Слабое повреждение	Среднее, повреждено до 1/3 кроны	Сильное, повреждено до 1/2 кроны и более	—

Таблица 2

Методика определения качества костянок ореха грецкого по баллам

	5	4	3	2	1
Показатели качества костянок					
Величина костянок	Очень крупные: $H > 41,1$ мм; d_1 и $d_2 = 34,1$ мм и более	Крупные: $H = 38,1 \dots 41,0$ мм; d_1 и $d_2 = 32,1 \dots 34,0$ мм	Средние: $H = 35,1 \dots 38,0$ мм; d_1 и $d_2 = 30,1 \dots 32,0$ мм	Мелкие: $H = 32,1 \dots 35,0$ мм; d_1 и $d_2 = 28,1 \dots 30,0$ мм	Очень мелкие: $H < 32,0$ мм; d_1 и $d_2 = 28,0$ мм и менее
Масса	Очень крупные: 14,1 г и более	Крупные: 12,1 \dots 14,0 г	Средние: 10,0 \dots 12,0 г	Мелкие: 8,0 \dots 9,0 г	Очень мелкие: 7,9 г и менее
Выход ядра	Очень высокий: 55,0 % и более	Высокий: 50,0 \dots 54,9 %	Средний: 45,0 \dots 49,9 %	Низкий: 35,0 \dots 44,9 %	Очень низкий: $< 35,0$ %
Вкус ядра	Очень хороший	Хороший	Посредственный	Плохой	Очень плохой
Толщина скорлупы	—	—	Тонкая: менее 1,2 мм	Средняя: 1,3 \dots 1,6 мм	Толстая: 1,7 мм и более
Характер извлечения ядра	—	Целиком	Крупными дольками	С небольшими усилиями	С трудом с помощью острого предмета
Общая оценка качества костянок	Очень высокая: сумма баллов 49 \dots 59	Высокая: 40 \dots 48 баллов	Средняя: 31 \dots 39 баллов	Низкая: 22 \dots 30 баллов	Очень низкая: 13 \dots 21 балл

Примечание. H — высота ореха; d_1 — толщина; d_2 — ширина.

В течение длительного времени проводили подеревные фенологические наблюдения, изучая зимостойкость, засухоустойчивость, повреждаемость болезнями и вредителями, сроки вступления в плодоношение и его интенсивность, качество костянок (величину и форму эндокарпа, его окраску и характер внешней и внутренней поверхности, массу ореха,

Таблица 3
Характеристика маточных деревьев ореха грецкого, выделенных в лесхозах Ростовской области

Но- мер- ре- ва	Но- мер ря- да	Зи- мо- стой- кость, балл	Засу- хой- стой- кость, балл	Пло- доно- ние, балл	По- врежде- мость боле- знями и вред- ными тлями, балл	Качество костянок						Харак- тер из- влече- ния яд- ра, балл	Тол- щина скор- лупы, мм	Вкус, балл	Все- го бал- лов
						Размеры эндокарпа			Мас- са оре- ха, г	Вы- ход яд- ра, %					
						Вы- со- та, мм	Тол- щи- на, мм	Ши- ри- на, мм							
Константиновский мехлесхоз															
50	5	5	5	5	5	41	34	33	14,4	44,4	4	1,3	4	52	
61	8	5	5	5	5	38	33	32	10,3	45,6	4	1,3	4	49	
61	18	5	5	5	5	41	33	31	15,4	48,5	4	1,3	4	50	
Маргяновский лесхоз															
37	2	5	5	5	5	41	28	28	11,3	44,3	4	1,1	4	52	
42	5	5	5	5	4	40	30	30	12,6	37,7	4	1,2	4	44	
10	13	5	5	5	5	34	32	32	9,5	57,5	4	1,2	4	52	
Ростовский мехлесхоз															
1		5	5	5	5	34	32	30	12,3	52,0	4	1,2	4	49	
3		5	5	5	5	30	29	28	10,1	46,8	4	1,2	4	46	
4		5	5	5	5	32	29	29	12,1	53,0	4	1,1	4	48	
5		5	5	5	4	38	33	33	12,0	52,7	4	1,2	4	50	
6		5	5	5	5	32	30	27	10,4	46,2	4	1,1	4	46	
7		5	5	5	5	33	30	28	10,3	53,8	4	1,1	4	48	
8		5	5	5	5	33	32	30	10,3	48,4	4	1,1	4	46	
9		5	5	5	4	34	33	30	10,4	47,2	4	1,1	4	46	
10		5	5	5	4	32	29	28	11,1	45,6	4	1,1	4	46	
Романовский лесхоз															
1		5	5	5	5	36	29	30	9,2	53,0	4	1,3	4	50	
2		5	5	5	4	34	31	28	14,5	47,8	4	1,2	4	45	
3		5	5	5	5	37	31	30	9,5	52,7	4	1,3	4	49	
5		5	5	5	5	33	31	29	14,7	51,8	4	1,1	4	49	
7		5	5	5	5	41	32	31	15,3	53,7	4	1,1	5	49	

выход ядра из эндокарпа, содержание «сырого» жира в ядре, толщину скорлупы, характер извлечения ядра и др.) [5].

Плюсовые деревья выделяли в два этапа: на первом — по биологическим признакам роста, развития и общего состояния дерева; на втором — по сумме хозяйственно полезных признаков и свойств, в том числе таких важных показателей, как урожайность и качество костянок.

В основу методики выделения маточных деревьев положен глазомерный способ оценки по баллам (табл. 1, 2).

После многолетнего анализа (не менее 3 лет) костянок и устойчивого наследования других признаков в число маточных переводили особи, имевшие урожайность не менее 3 кг и оценку плодов не менее 40 баллов.

Таблица 4
Характеристика маточных деревьев ореха грецкого, выделенных в географических культурах НИМИ

Но- мер образ- ца	Зимо- стой- кость, балл	Засу- хо- стой- чи- вость, балл	Пло- доно- шение, балл	По- вреждае- мость без- ячми и вре- дите- лями, балл	Качество костянок						Харак- тер изме- нения ядра, балл	Тол- щина скор- лупы, мм	Вкус, балл	Все- го бал- лов		
					Размеры эндокарпа			Мас- са оре- ха, г	Вы- ход ядра, %	Вы- со- та, мм					Тол- щи- на, мм	Ши- ри- на, мм
					Вы- со- та, мм	Тол- щи- на, мм	Ши- ри- на, мм									
156	5	5	4	5	32	31	29	10,9	50,8	4	1,1	5	48			
725	5	5	5	5	36	41	40	10,0	56,9	5	1,0	5	52			
896	5	5	5	4	42	44	41	9,9	51,5	5	0,9	4	50			
908	5	5	5	5	38	40	38	12,6	57,6	4	1,0	4	49			
923	5	5	5	4	33	34	32	9,7	55,0	5	1,1	5	46			
924	5	5	5	5	29	31	30	9,2	53,7	4	1,0	4	48			
931	5	5	5	5	35	37	35	12,0	52,4	5	1,1	4	48			
1074	5	5	5	4	36	30	30	8,9	57,2	4	1,0	4	50			
1108	5	5	5	5	38	33	30	12,6	48,0	4	0,9	4	49			
1110	5	5	5	5	36	33	31	11,8	48,4	4	1,5	4	50			
1126	5	5	5	4	36	34	32	12,2	52,4	4	1,5	4	49			
1127	5	5	5	5	38	33	32	11,3	56,3	4	1,5	4	50			
1130	5	5	5	5	38	34	33	12,3	53,9	4	1,6	4	50			
1157	5	5	5	5	38	31	30	9,3	55,8	4	1,2	4	50			
1162	5	5	5	5	38	33	31	10,8	49,3	4	1,3	4	50			
1191	5	5	5	5	31	30	28	8,8	51,6	4	1,5	4	49			
1231	5	5	5	4	39	31	30	11,2	49,6	4	1,5	4	52			
1232	5	5	5	4	36	34	31	11,4	49,1	4	1,3	4	50			

Всего на территории области выявлено и описано 38 маточных деревьев ореха грецкого (табл. 3, 4). Кроме этого, для синтетической селекции выделено 5 высокоурожайных, 20 зимостойких форм, 29 форм с очень высоким выходом ядра и 16 форм, способных образовывать плоды на побегах из боковых почек. В связи с тем, что орех грецкий в условиях области часто страдает от поздних весенних заморозков, в задачу исследований входило выявление позднезаспускающихся форм. Среди более чем 1 000 обследуемых деревьев выявлена одна позднезаспускающаяся форма, у которой набухание почек начинается на 10...12 дн позже, чем у всех остальных [1—4].

Выводы

Генеральным планом развития лесного семеноводства в стране предусматривается перевод его на селекционную основу. Поэтому закладка плантаций ореха грецкого местным селекционным материалом позволит повысить урожайность создаваемых насаждений, получать более однородное высококачественное ореховое сырье, потребность в котором исчисляется сотнями тысяч тонн. Семена и черенки с выделенных маточных деревьев используются для выращивания корнесобственного селекционного посадочного материала, зимостойкого подвоя с последующей прививкой его черенками с маточных деревьев.

Описанный ценный генофонд ореха грецкого будет использован при выведении более продуктивных высокоурожайных сортов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Корниенко Н. А. Опыт отбора маточных деревьев ореха грецкого на Персиановской НИОС Ростовской области // Защитное лесоразведение.— Новочеркасск, 1974.— Т. 16, вып. 3.— С. 31—34. [2]. Корниенко Н. А. Зимостойкость ореха грецкого в условиях Ростовской области // Тр. / НИМИ.— Новочеркасск, 1979.— Т. 19, вып. 3.— С. 51—57. [3]. Корниенко Н. А. Ценные формы ореха грецкого для синтетической селекции // Защитное лесоразведение и озеленение на Северном Кавказе: Тр. / НИМИ.— Новочеркасск, 1983.— С. 69—72. [4]. Корниенко Н. А. Маточный фонд ореха грецкого в географических культурах опытно-мелиоративной станции (ОМС) Новочеркасского инженерно-мелиоративного института // Защитное лесоразведение и озеленение на Северном Кавказе: Тр. / НИМИ.— Новочеркасск, 1983.— С. 72—79. [5]. Корниенко Н. А., Конобеев В. Н. Рекомендации по отбору маточных деревьев ореха грецкого в Ростовской области.— Новочеркасск, 1981.— 18 с.

Поступила 3 июня 1986 г.

УДК 630*43

О ВЛИЯНИИ ВЕТРА И КРУТИЗНЫ СКЛОНА НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ КРОМКИ ЛЕСНОГО ПОЖАРА

Э. В. КОНЕВ, А. В. ВАСИЛЕНКО, В. И. КОВАЛЕВ, А. М. МАЛЮТИН

ВНИИХлесхоз

Известно, что ветер и рельеф местности сильно влияют на распространение пожаров в лесу ([1, 3, 4] и др.). За короткое время они могут изменять скорость продвижения кромки огня на 2-3 порядка. Однако в естественных условиях количественное изучение влияния ветра и крутизны склона затруднено, особенно при их совместном воздействии, из-за влияния многочисленных случайных факторов. Эту трудность можно преодолеть, проводя измерения в аэродинамических трубах.

В литературе описано несколько аэродинамических труб для изучения влияния ветра на распространение огня [5, 6]. Все они работают в режиме всасывания воздуха, т. е. вентилятор для забора воздуха расположен у них на выходе. На входе они оборудованы специальным соплом для поджатия воздуха и создания ламинарного воздушного потока с равномерным по сечению полем скоростей. Однако одномерное ламинарное течение в трубах с достаточно большим сечением является неустойчивым ([2] и др.), оно сразу начинает трансформироваться в турбулентное с логарифмическим профилем скоростей. По этой причине профиль скоростей и степень турбулентности вдоль рабочего участка в описанных трубах переменны, скорость продвижения огня по слою лесных горючих материалов (ЛГМ) не постоянна [6], а пересчет данных для естественных условий затруднителен. Установленные горизонтально, они не предназначены для изучения влияния крутизны склона.

Чтобы устранить отмеченные недостатки, была спроектирована и построена аэродинамическая труба, имеющая следующие конструктивные и технические особенности.

1. Для создания воздушного потока использован принцип нагнетания воздуха, а между вентилятором и рабочей частью установлен специальный блок для обеспечения стационарных аэродинамических параметров потока на рабочем участке. Блок представляет собой квадратную трубу сечением $1 \times 1 \text{ м}^2$ и длиной 25 калибров. Благодаря применению блока, скорость распространения огня по слою ЛГМ на рабочем участке постоянна.

2. Поперечное сечение рабочей части трубы выбрано достаточно большим. В результате практически во всем диапазоне задаваемых скоростей потока (0,06... 3 м/с) число Рейнольдса для течения в трубе превышает критическое ($\approx 2 \cdot 10^3$ [2]). Это означает, что воздушный поток в трубе турбулентный, а профиль скоростей в пограничном слое, как и в естественных условиях, близок к логарифмическому ([2] и др.).

3. Рабочая часть при помощи лебедки может устанавливаться под углом к горизонту (до 20°). Это дает возможность изучать влияние ветра и крутизны склона как по отдельности, так и совместно. Существенно, что при изменении угла наклона трубы воздушный поток в ней движется вдоль слоя, как в естественных условиях.

Установка рассчитана на слой ЛГМ шириной до 50 см и длиной до 3 м. Скорость воздушного потока в ней определяют с помощью термоанемометров, устанавливаемых по центру. Для регистрации показаний датчиков установка снабжена магнитофонным регистратором электрических и звуковых сигналов, а также системой сбора и обработки данных на базе ЭВМ. Для определения высоты и ширины кромки огня на стенки рабочей части трубы нанесена специальная разметка, а стенки выполнены из прозрачного материала.

Таблица 1

Параметры горения при различных углах склона и скоростях воздушного потока
 $t_0 = 17 \dots 20 \text{ }^\circ\text{C}$; $\rho_{\text{сл}} = 5,0 \text{ кг/м}^3$; $h_{\text{сл}} = 0,06 \text{ м}$; $M_0 = 0,3 \text{ кг/м}^2$

φ , град	V_B , м/с	u , см/с	W , %	M_K/M_0 , %	$B_{\text{кр}}$, м	$B_{\text{кр}}/u$, с	$H_{\text{пл}}$, м
-18	-0,06	$0,57 \pm 0,04$	9,2	—	$\approx 0,05$	9	0,28
	$-1,07 \pm 0,15$	$0,33 \pm 0,03$	11	20	—	—	—
	$-2,52 \pm 0,3$	Не горит	13	100	—	—	—
0	-2,0... -2,5	—	11	100	—	—	—
	$\approx 0,02$	$0,78 \pm 0,04$	11,4	25	0,09	11	0,45
	$1,45 \pm 0,24$	$2,4 \pm 0,4$	12,1	29	—	—	—
10	$2,80 \pm 0,26$	$5,0 \pm 0,6$	11,6	42	1,0	20	0,1... 0,15
	$\approx 0,06$	$1,22 \pm 0,11$	9,0	20,6	0,15	12	0,3... 0,45
	$\approx 0,06$	$1,44 \pm 0,2$	8,8	20	0,2... 0,25	15	0,3... 0,4
18	$\approx 0,06$	$1,65 \pm 0,2$	10,4	23	0,2... 0,25	13	0,3... 0,4
	$0,8 \pm 0,12$	$2,34 \pm 0,2$	10,2	26,5	0,5... 0,6	23	$\approx 0,3$
	$1,0 \pm 0,17$	$3,4 \pm 0,3$	9,2	35,9	0,5... 1,0	22	0,2... 0,3
	$1,9 \pm 0,3$	$4,4 \pm 0,9$	8,9	32,2	$\approx 0,9$	20	$\approx 0,2$
	$2,4 \pm 0,3$	11 ± 9	8,6	36,9	2,0... 2,5	20	0,1... 0,15
	$2,9 \pm 0,3$	25 ± 7	9,0	37,4	≥ 3	12	0,1... 0,15

Примечание. t_0 — начальная температура слоя; $\rho_{\text{сл}}$ — плотность слоя; M_0 и M_K — начальный и конечный запас ЛГМ; V_B — скорость воздушного потока; u — скорость продвижения огня; W — влагосодержание слоя; $B_{\text{кр}}$ — ширина кромки огня; $H_{\text{пл}}$ — высота пламени.

Мы изучали распространение горения по слоям из сухого зеленого вейника на стадии выхода в трубку. Основную его массу составляли листья. Запас ЛГМ был

равен 0,3 кг/м². Влагосодержание ЛГМ контролировали термовесовым методом при условии отбора проб непосредственно перед поджиганием. Полноту сгорания определяли как отношение $(M_0 - M_k)/M_0$, где M_0 и M_k — начальный и конечный запас ЛГМ соответственно. Скорость продвижения огня определяли делением пройденного им расстояния на время его прохождения. При поджигании использовали шнур, пропитанный спиртом. Длину участка выхода огня на постоянную скорость продвижения принимали равной 1 м.

Таблица 2
Отношение $u(18^\circ)/u(0^\circ)$
как функция скорости воздушного потока

V_B , м/с	$u(0^\circ)$, см/с	$u(18^\circ)$, см/с	$u(\varphi)/u(0)$
0,06	$0,78 \pm 0,04$	$1,5 \pm 0,2$	$\approx 1,9$
0,8	$\approx 1,6$	$2,3 \pm 0,2$	$\approx 1,4$
1,0	$\approx 2,2$	$3,4 \pm 0,3$	$\approx 1,6$
1,45	$2,4 \pm 0,4$	$\approx 3,8$	$\approx 1,6$
1,9	$\approx 3,0$	$4,4 \pm 0,9$	$\approx 1,5$
2,4	$\approx 4,1$	18 ± 8	$\approx 4,4$
2,8	$5,0 \pm 0,6$	≈ 25	$\approx 5,0$

Результаты измерений параметров горения вейника при различных углах наклона трубы и скоростях воздушного потока представлены в табл. 1, 2 и на рис. 1, 2.

При увеличении крутизны склона скорость распространения огня u и ширина кромки пламени $B_{кр}$ возрастают (рис. 1, табл. 1), высота пламени имеет тенденцию к увеличению, а полнота сгорания — к уменьшению. При увеличении скорости воздушного по-

тока u и $B_{кр}$ также возрастают (табл. 1, рис. 2), а высота пламени убывает. При этом зависимость $u(V_B)$ в диапазоне $0 \leq V_B \leq 1,5$ м/с близка к линейной и может быть описана формулой

$$u = 0,8(1 + 1,0V_B) \text{ см/с}, \quad (1)$$

откуда $\frac{du}{dV_B} = 0,01$. При больших скоростях потока зависимость начинает резко усиливаться. В соотношении (1) V_B приведена к высоте $z = 2$ м при помощи известного из теории турбулентного пограничного слоя соотношения

$$V_B(z) \sim \ln \frac{z - 0,64h_{сл}}{0,13h_{сл}},$$

где $h_{сл}$ — высота слоя шероховатости.

Следует отметить, что период сгорания вейника $\tau_{сг} = \frac{B_{кр}}{u}$ с увеличением V_B и φ несколько возрастает. Однако при $V_B > 0,8$ м/с он становится относительно постоянным, равным 20...23 с. Доля сгоревшего вейника как функция ветра убывает примерно по линейному закону: $\eta = 0,78 - 5,0 V_B$, а при больших скоростях потока может быть описана также функцией $\eta = 0,78 V_B^{0,28}$, где $V_B > 1,5$ м/с.

Как следует из данных табл. 2, отношение скоростей распространения огня при углах склона 18 и 0° слабо зависит от скорости воздушного потока при $V_B \leq 2$ м/с и составляет для вейника $1,6 \pm 0,2$. Постоянство отношения говорит о том, что в указанных диапазонах ветер и рельеф местности влияют на горение вейника в первом приближении независимо друг от друга. К аналогичному выводу можно прийти, анализируя данные, полученные на естественных склонах [4]. Совместное воздействие ветра и угла склона может быть представлено в виде произведения функций $u = f(V_B) f(\varphi)$, описывающих влияние каждого фактора по отдельности. При $V_B > 2$ м/с и $\varphi > 18^\circ$ ветер и угол склона усиливают влияние друг друга (табл. 2), а при встречном ветре более 2...2,5 м/с распространение огня по вейнику прекращается (табл. 2).

В заключение следует отметить, что соотношение (1) аналогично полученному на свежееотмерших естественных покровах [3]:

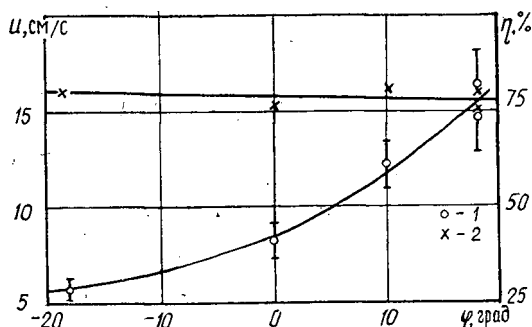
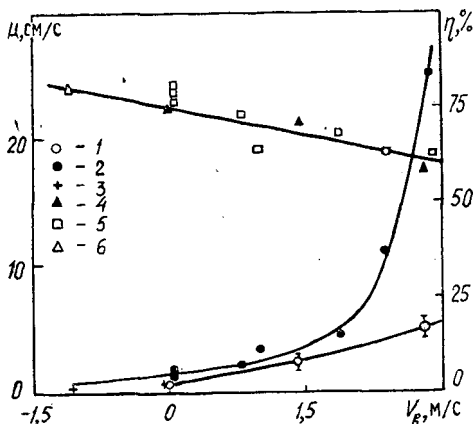


Рис. 1. Зависимость скорости распространения огня и полноты сгорания от крутизны склона: 1 — $u(\varphi)$; 2 — $\eta(\varphi)$

Рис. 2. Зависимость скорости распространения огня и полноты сгорания от скорости воздушного потока: 1 — $u(V_B)$ при $\varphi = 0^\circ$; 2 — $\varphi = 18^\circ$; 3 — $\varphi = -18^\circ$; 4 — $\eta(V_B)$ при $\varphi = 0^\circ$; 5 — $\varphi = 18^\circ$; 6 — $\varphi = -18^\circ$

$$u = u_0 \left(1 + \frac{du}{dV_B} V_B \right), \quad (2)$$

где $u_0 = 0,7$ см/с, $du/dV_B = 0,009$. Несколько большее значение u_0 в формуле (1) может быть объяснено меньшей толщиной листьев у вейника на стадии выхода в трубку, а несколько большее значение



увеличением степени турбулентности воздушного потока в трубе.

Выводы

1. Разработана аэродинамическая труба для изучения процессов горения ЛГМ, имеющая стационарные аэродинамические характеристики потока воздуха на рабочем участке.

2. Показано, что количественные закономерности горения на слоях вейника в аэродинамической трубе удовлетворительно согласуются с данными, полученными на естественных вейниковых покровах.

3. Показано, что скорость воздушного потока в трубе при $V_B \leq 2$ м/с и крутизна склона до 18° влияют на распространение огня по слоям вейника в первом приближении, независимо друг от друга.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Валендик Э. Н., Матвеев П. М., Софронов М. А. Крупные лесные пожары.— М.: Наука, 1979.— 198 с. [2]. Исаченко В. П., Осипова В. А., Сукомел А. С. Теплопередача.— М.: Энергия, 1969.— 440 с. [3]. Конев Э. В. Анализ процесса распространения лесных пожаров и палов // Теплофизика лесных пожаров.— Новосибирск: ИТФ СО АН СССР, 1984.— С. 99—125. [4]. Софронов М. А. Пожары в горах Южной Сибири.— М.: Наука, 1967.— 147 с. [5]. Fons W. L. Analysis of Fire Spread in Light Forest Fuels // J. of Agricultural Research.— 1946.— Vol. 72, N 13.— P. 93—121. [6]. Rothermel R. C., Anderson H. E. Fire Spread Characteristics determined in the Laboratory.— Ogden, Utah: USDA, Interm. For. and Range Exp. Sta., Res. Paper INT-30, 1966.— 34 p.

Поступила 13 января 1986 г.

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 630*377.21

**О РАБОТЕ СИЛ ТРЕНИЯ ПРИ ИЗГИБЕ НЕСУЩИХ КАНАТОВ
ПОДВЕСНЫХ КАНАТНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ
КАК КРИТЕРИИ ИХ ДОЛГОВЕЧНОСТИ***Н. М. БЕЛАЯ, А. А. МИЩЕНКО*

Львовский лесотехнический институт

Несущий канат (НК) как подвесной путь канатных транспортных систем (ПКС) — главный, наиболее ответственный элемент всей их оснастки. Надежность и безопасность работы системы в первую очередь определяется степенью механической надежности несущих канатов, под которой подразумевается удовлетворение условиям прочности и долговечности при обеспечении минимальной металлоемкости конструкции и безопасности ее эксплуатации.

Методика расчета НК на прочность доведена до современного уровня, что обеспечивает (с использованием ЭВМ) широкий диапазон научного поиска оптимальных решений выбора конструкции и схем навески НК, применительно к конкретным условиям эксплуатации ПКС, а назначение минимальных запасов прочности соответствует условиям минимизации металлоемкости НК и конструкции ПКС в целом. Однако требованиям долговечности такие канаты пока не удовлетворяли, поэтому исследования в области повышения сроков службы НК необходимо продолжить и расширить. Решению такой задачи посвящена настоящая работа.

На начальной стадии исследования представлений о долговечности стальных канатов принципиальное различие между условиями работы несущих и тягово-подъемных канатов при изгибе еще не было установлено, поэтому в качестве критерия долговечности стальных канатов широкого назначения рассматривали максимальные суммарные напряжения от растяжения и изгиба — $\sigma = \sigma_p + \sigma_n$. В основу такого критерия был положен опыт работы канатов на блоках. Предполагалось, что поскольку в сравнении с углом обхвата изогнутого каната на блоке для несущих канатов ПКС угол обхвата колеса каретки мал, величина σ_n в НК пренебрежимо мала и доминирующими являются σ_p . Таким образом, в качестве первого критерия опасного состояния НК по прочности и долговечности были признаны максимальные растягивающие напряжения — σ_p . Этот критерий реализовывался расчетной моделью в виде упругой гибкой нити.

Опыт эксплуатации подвесных канатных дорог в СССР и за рубежом подтвердил правомерность принятой методики расчета НК на прочность и недостаточность ее при определении сроков их службы.

Первой попыткой совершенствования условий работы НК явилась тенденция к снижению действующих в них растягивающих напряжений. Запасы прочности НК были доведены до $n = 7 \dots 9$ для грузовых подвесных дорог и до $n = 10 \dots 12$ для пассажирских. Однако и в таких условиях сроки службы НК продолжали оставаться недостаточными; следовало искать другой путь повышения долговечности. Внимание ученых привлекли исследования И. Исааксена [17] и его предположение о возможной значимости влияния σ_n на работу несущих ка-

натов, так как порядок величин σ_n для рекомендуемых запасов прочности соответствовал порядку σ_p .

Первым существенным результатом в поиске решения проблемы повышения долговечности НК было снижение запасов их прочности до $n = 3,5 \dots 4,5$ для грузовых дорог стационарного типа и до $n = 3,0$ для систем временного типа, при которых сроки службы НК значительно повысились. Чтобы объяснить это явление, А. Рубин [18] и Р. Вернле [20] провели экспериментальные исследования долговечности НК при различных запасах прочности и эксплуатационно подтвердили повышение их долговечности с уменьшением n . Физическую сущность своих результатов исследователи еще не объяснили. Далее А. И. Дукельский [9], обработав опытные данные немецких ученых, с учетом рекомендаций И. Исааксена [17] получил зависимость выносливости НК J от напряжений изгиба:

$$J = 8,5 \cdot 10^7 / \sigma_n^2. \quad (1)$$

Это позволило расширить существующие представления об условиях работы НК под нагрузкой, выдвинуть новую гипотезу об использовании в качестве критерия долговечности максимальных напряжений изгиба σ_n^{max} (вместо σ_p) и реализовать ее с помощью расчетной модели НК в виде упругой жесткой нити.

В качестве основного пути увеличения сроков службы НК было рекомендовано снижение изгибных напряжений. Многофакторные экспериментальные исследования выносливости НК закрытого типа и опыты по определению напряжений σ_n в этих канатах, выполненные в Ленинградском политехническом институте под руководством А. И. Дукельского [10], подтвердили правомерность предложенного критерия долговечности.

Результаты этих исследований были признаны основополагающими в развитии канатного транспорта в целом к началу 60-х годов позволили предположить, что проблема обеспечения заданных сроков службы НК в принципе решена. Дальнейшее развитие подвесных канатных дорог планировалось в направлении совершенствования конструктивных решений оснастки и подвижного состава. Рекомендованные значения запасов прочности НК к тому времени были уменьшены для грузовых дорог стационарного типа до $n = 3,0$, для дорог временного характера до $n = 2,5$ и для пассажирских — до $n = 3,3$, причем значения этих коэффициентов сохранились до настоящего времени.

В дополнение к своим исследованиям А. И. Дукельский провел статистическую обработку многочисленных опытных данных о работе НК на подвесных дорогах стационарного типа и установил, что наибольшая работоспособность таких канатов наблюдается при отношении натяжения каната к поперечной нагрузке — $T/V > 40$. Научного обоснования эта рекомендация еще не имела.

В лесной промышленности подвесные канатные системы начали применять с начала 50-х гг. для транспортирования леса в горных районах Карпат. Временные подвесные канатные установки облегченной конструкции (ПКУ) существенно отличались от дорог стационарного типа, поэтому традиционные методы расчета и выбора НК оказались неприемлемыми при расчете несущих канатов ПКУ.

Для детального изучения условий работы ПКУ в процессе эксплуатации и создания нормативных документов по их проектированию, по заданию Минлеспрома УССР, Львовским лесотехническим институтом (ЛЛТИ) был проведен широкий комплекс экспериментальных исследований силовых режимов работы канатной оснастки ПКУ в реальных производственных условиях на действующих установках [1, 2]. Резуль-

таты исследований позволили установить величину и характер усилий, действующих в НК, и, главное, показали, что эти канаты работоспособны при запасах прочности $1,8 \leq n \leq 2,0$ — более низких, чем рекомендуемые.

Для проверки и научного обоснования допустимости работы несущих канатов на ПКУ при столь малых запасах прочности были проведены дополнительные экспериментальные исследования долговечности основных типов канатов, применяемых на лесозаготовках, при варьировании n в диапазоне $1,5 \leq n \leq 6,0$. Первые исследования проводили в полупроизводственных условиях на Брошневском испытательном полигоне Станиславского СХЗ, а затем в научной лаборатории ЛЛТИ. Одновременно были исследованы и напряжения изгиба σ_n , возникающие в НК, и оценено их влияние на долговечность несущих канатов ПКУ [6, 15].

Результаты опытов показали, что с уменьшением запасов прочности НК до определенной величины сроки их службы существенно повышаются. А. Г. Прохоренко установил, что для НК с линейным касанием проволок в прядях (ЛК) (ГОСТ 2688—55 и др.) напряжения изгиба были на 50 % больше, чем для канатов с точечным касанием (ТК) (ГОСТ 3070—55 и др.), а сроки службы канатов в первом случае были вдвое больше [15]. Таким образом, предложенный А. И. Дукельским критерий долговечности НК в виде σ_n^{max} потребовал проверки и уточнения. Наблюдения за работой несущих канатов в производственных и лабораторных условиях показали, что при малых натяжениях и больших запасах их прочности, за колесом грузовой каретки появляется обратный перегиб каната, вызывающий в НК знакопеременные напряжения изгиба, существенно понижающие их долговечность. Дальнейшие исследования этого явления позволили установить, что долговечность НК зависит не от абсолютного значения σ_n^{max} , а от отношения изгибных напряжений отрицательного знака к максимальным положительным напряжениям — σ_n^-/σ_n^+ и возрастает по мере его снижения. Это позволило представить отношение σ_n^-/σ_n^+ в качестве более достоверного критерия долговечности НК, так как его физическая сущность уже могла быть обоснована влиянием на процесс изгиба НК внутренних сил трения, возникающих в канате в результате взаимных смещений проволок и прядей. Таким образом, главная причина уменьшения сроков службы несущих канатов в виде проявления внутренних сил трения была установлена и зафиксирована. Потребовалось дальнейшее более глубокое ее изучение [6, 15]. Далее было установлено, что при $T/V > 40$ отрицательные напряжения изгиба на участке, расположенном за колесом грузовой каретки, практически исчезают. Такого состояния можно достичь двумя путями: либо увеличением T (с соответствующим уменьшением n до $1,8 \leq n \leq 2,0$), либо уменьшением V до 5 000... 2 750 Н. Влияние снижения V оказалось существенней и интенсивней [6], что послужило в дальнейшем основой для перехода от мало- к многоколесным грузовым кареткам. Графики зависимости $J = f(T/V)$ и $\sigma_n^-/\sigma_n^+ = f(T/V)$ для каната ГОСТ 2688—69(80) показаны на рис. 1, а и б. Установленную закономерность можно рассматривать как убедительное научное обоснование эффективности повышения отношения T/V . С увеличением натяжения НК интенсивность проявления сил внутреннего трения существенно возрастает и по условиям работы, в пределе, НК приближается к монолитному стержню. Это положение было проверено и подтверждено А. Г. Прохоренко [15]. Чтобы объяснить его теоретически, авторами, на основании полученных зависимостей долговечности НК J и отношения σ_n^-/σ_n^+ от величины T/V , в диапазоне изменения рекомендуемых параметров работы этих канатов ($1,8 \leq n \leq 2,0$ и $V \leq 5$

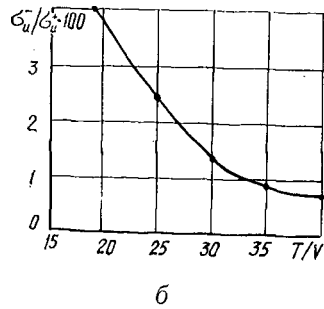
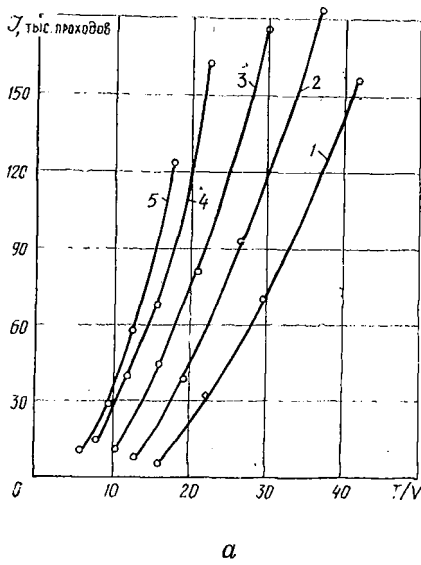
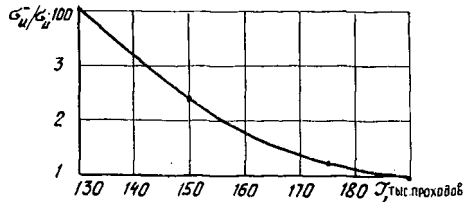


Рис. 1. Графики зависимости: а — долговечности J несущего каната от отношения T/V при различных n ; 1 — $n = 1,5$; 2 — $1,7$; 3 — $2,1$; 4 — $2,8$; 5 — $n = 3,5$; б — отношения σ_n^-/σ_n^+ от T/V

кН [5]) был построен график функции $\sigma_n^-/\sigma_n^+ = f(J)$ (рис. 2) для одной из наиболее распространенных конструкций НК — ЛК-Р ГОСТ 2688—55. Полученный график по форме соответствует усталостной кривой Веллера, что позволяет считать отношение σ_n^-/σ_n^+ усталостным критерием долговечности НК.

Рис. 2. График зависимости отношения σ_n^-/σ_n^+ от долговечности несущего каната J



Появление знакопеременных напряжений изгиба на участке каната, расположенного за колесом грузовой каретки, и их влияние на срок службы НК не могло быть теоретически объяснено в рамках принятой ранее реологической модели НК в виде упругой жесткой нити. Она не позволяла, на уровне известных представлений, проследить динамику изменения характера σ_n в реальном канате по мере перемещения по нему колес грузовой каретки и поэтому потребовала более глубокого анализа и уточнения.

Известно, что для упругой жесткой нити и монолитного стержня изменение напряжений изгиба подчиняется экспоненциальному закону [10]

$$\sigma_{n/x} = \sigma_{n/0} l^{-\frac{x}{\lambda}}, \quad (2)$$

где $\sigma_{n/0}$ — максимальные напряжения изгиба в сечении НК, расположенном непосредственно под колесом каретки;

$\sigma_{n/x}$ — напряжения изгиба в сечении НК, расположенном на расстоянии x от точки приложения колеса;

λ — коэффициент жесткости, равный $\lambda = \sqrt{B_n/T}$, где B_n — изгибная жесткость каната.

На основании экспериментальных исследований изменения величин и характера σ_n под колесами грузовой каретки нами рассмотрена ги-

потеза о существенности влияния внутренних сил трения на состояние и срок службы НК в процессе эксплуатации. В качестве расчетной предложена модель несущего каната, наиболее точно отражающая реальные условия его работы под нагрузкой с учетом влияния сил трения — в виде реологической модели неупругой жесткой нити.

Закономерность такой постановки задачи убедительно подтверждается результатами наблюдающий различных исследователей за проявлением сил трения, возникающих между проволоками и прядями, и их влиянием на работу канатов. Однако оценка интенсивности влияния сил трения и отражение его в инженерных расчетах долгое время задерживались, вследствие сложности постановки опытов и определенной ограниченности использовавшегося математического аппарата для описания исследуемых процессов.

Из анализа комплекса известных наблюдений наиболее убедительными доказательствами влияния сил трения на работу канатов можно считать:

сохранение более 60 % несущей способности растянутого каната при обрыве до 90 % его проволок [8];

повышение жесткости НК с увеличением его натяжения [7, 11];

изменение величин и характера напряжений изгиба в НК под колесами грузовой каретки в зависимости от натяжения каната и поперечной нагрузки [6, 15];

зависимость показателей долговечности канатов от интенсивности их испытаний [3];

результаты опытов университета в Карлсруэ (ФРГ) и Одесского политехнического института по определению значений коэффициентов внутреннего трения в стальных канатах [14, 19];

подтверждение влияния сил трения на усталостную прочность проволок и прядей стальных канатов опытами, проведенными в последние годы в Бристольском университете (Англия) [16].

Для подтверждения правомерности предлагаемой реологической модели и возможности ее реализации в процессе расчетов НК на долговечность был исследован процесс изгиба НК под колесом грузовой каретки при решении двух практических задач: математической интерпретации наличия знакопеременных напряжений изгиба на участке каната, расположенном за колесом грузовой каретки, и определения сопротивления передвижению каретки по НК.

Решение первой задачи было получено как результат исследования колебаний НК под действием движущихся колес грузовой каретки с учетом влияния внутренних сил трения каната. Расчетная схема системы представлена на рис. 3, а. Дифференциальное уравнение колеба-

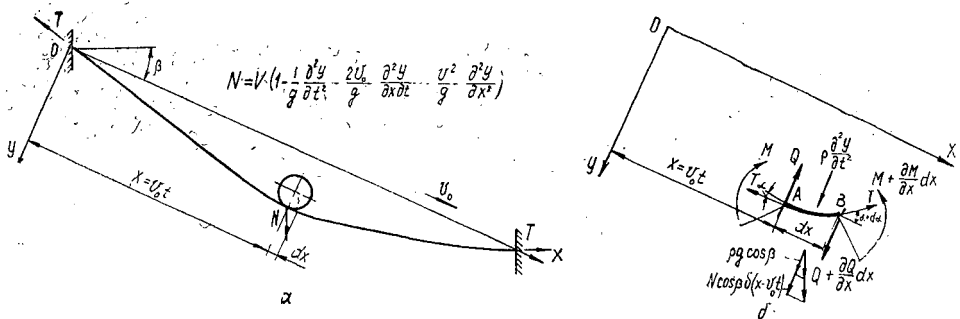


Рис. 3. Расчетная схема процесса колебаний несущего каната под колесом грузовой каретки: а — общая схема системы; б — условие равновесия отсеченного элемента несущего каната длиной dx

ний НК длиной l получено из условий равновесия элемента НК, расположенного под колесом и отсеченного на расстоянии $x = v_0 t$, под действием всех внешних и внутренних сил (рис. 3, б) и имеет вид:

$$\left(1 + i \frac{\delta}{\pi}\right) B_k \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} - T \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} + \rho \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = - \left[\rho g + V \delta (x - v_0 t) \left(1 - \frac{1}{g} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} - \frac{2v_0}{g} \frac{\partial^2 y}{\partial x \partial t} - \frac{v_0^2}{g} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2}\right) \right] \cos \beta, \quad (3)$$

где δ — декремент затухания колебаний НК с погонной массой ρ , растянутого с обоих концов силами T ;
 v_0 — скорость движения груза Q по наклонной под углом β к горизонту плоскости;

$$i = \sqrt{-1};$$

$\delta(x - v_0 t)$ — дельта-функция Дирака.

Деформации НК из этого уравнения определяются с помощью метода Крылова разложением в бесконечный ряд Фурье по фундаментальным функциям

$$y = \sum_{j=1}^{\infty} \varphi_j X_j. \quad (4)$$

Здесь φ_j — функция времени j -го тона колебаний;

X_j — фундаментальная функция, которая для исследуемого случая жесткого закрепления концов НК имеет вид:

$$X_j = (\operatorname{sh} k_j l - \sin k_j l)(\operatorname{ch} k_j x - \cos k_j x) - (\operatorname{ch} k_j l - \cos k_j l)(\operatorname{sh} k_j x - \sin k_j x), \quad (5)$$

где $k_j l$ — совокупность корней частотного уравнения свободных колебаний НК.

Функция $\varphi_j(t)$ определяется из выражения (3) с помощью принципа виртуальных работ и для произвольного тона колебаний принимает следующий вид:

$$\varphi = C e^{-(v+r)t} \cos(ut + \gamma) + A \psi_3^2 / (\psi_3^4 + \psi_2^4); \quad (6)$$

$$2r = 2Vv_0 \cos \beta \int_0^l X' X dx / DEL,$$

$$\text{где } \psi_1^2 = B_k g \int_0^l X^{IV} X dx + (Vv_0^2 \cos \beta + Tg) \int_0^l X'' X dx / DEL;$$

$$\psi_2^2 = \frac{\delta}{\pi} B_k g \int_0^l X^{IV} X dx / DEL; \quad \psi_3^2 = \psi_1^2 - r^2;$$

$$A = -(\rho g + V) \cos \beta g \int_0^l X dx / DEL; \quad DEL = (\rho g - V \cos \beta) \int_0^l X^2 dx;$$

$$u = \psi_3^2 / \sqrt{2(-\psi_3^2 + V\psi_3^4 + \psi_2^4)}; \quad v = \sqrt{(-\psi_3^2 + V\psi_3^4 + \psi_2^4) / 2};$$

$$C = \sqrt{(C \cos \gamma)^2 + (C \sin \gamma)^2}; \quad \gamma = \operatorname{arctg}(C \sin \gamma / C \cos \gamma);$$

$$C \cos \gamma = \operatorname{tg} \beta \int_0^l X dx / \int_0^l X^2 dx - A \psi_3^2 / (\psi_3^4 + \psi_2^4);$$

$$C \sin \gamma = -\frac{1}{u} \left(v_0 \int_0^l X dx / \int_0^l X^2 dx + v C \cos \gamma \right).$$

Интегралы фундаментальных функций определены с использованием свойств их ортогональности и нормируемости.

Напряжения изгиба в НК находят из известных зависимостей теории изгиба балок с заменой упругих характеристик последних соответствующими параметрами стальных канатов и могут быть представлены в окончательной форме зависимостью

$$\sigma_{и} = E_{к} d / 2 \frac{\partial^2 y}{\partial x^2}, \quad (7)$$

где $E_{к}$ — модуль упругости НК диаметром d .

Для проверки соответствия аналитических зависимостей экспериментальным данным определим напряжения изгиба при значениях геометрических и силовых параметров НК, соответствующих условиям проведения экспериментов — для каната диаметром 25 мм ГОСТ

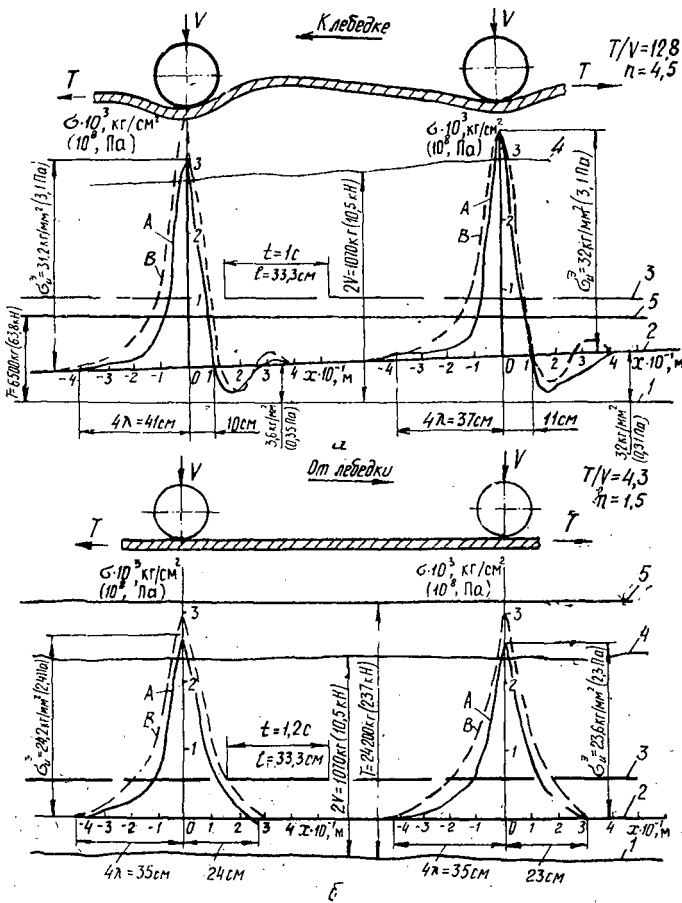


Рис. 4. Сравнение результатов теоретических и экспериментальных исследований напряжений изгиба в несущих канатах для каната ГОСТ 2688—55 $d = 25$ мм: А — осциллограмма изменения величин и характера $\sigma_{и}$ при движении колес грузовой каретки по несущему канату; В — теоретический график изменения величин и характера $\sigma_{и}$; 1 — нулевая линия для T и V ; 2 — нулевая линия для $\sigma_{и}$; 3 — линия отметчика пути; 4 — уровень поперечной нагрузки V ; 5 — уровень напряжения в несущем канате T

2688—55 при отношениях $T/V = 12,8$ и $T/V = 43$ [6, 15], выполненного с помощью моделирования процесса на ЭВМ ЕС-1022. Сравнение результатов теоретических и экспериментальных исследований приведено в виде графиков на рис. 4, которые подтвердили достаточную точность совпадения как величин, так и характера изменения полученных теоретических значений σ_n с опытными данными.

Таким образом, задача математического описания процесса взаимодействия контактирующей пары канат — колесо решена в достаточно удобной форме записи, что позволило проверить показатели экспериментальных исследований и подтвердить правомерность предложенной гипотезы.

Аналитические выражения (3)—(7) для определения напряжений σ_n в НК с использованием графиков зависимости выносливости канатов и отношения σ_n^-/σ_n^+ (рис. 2) могут быть положены в основу метода усталостного расчета НК на долговечность. Однако громоздкость расчетных выражений, в которые входят величины, требующие дополнительного экспериментального уточнения, ограничивает широкое использование такого метода на практике при проектировании ПКУ. Для решения конкретных практических задач удобнее перейти к более простым и привычным представлениям о физической сущности особенностей длительной работы НК под нагрузкой, более приемлемым для современного аппарата проектирования ПКУ в НИИ и ПКТИ. Чтобы перейти к такой форме записи задачи, надо использовать результаты исследований сопротивления передвижению грузовой каретки по несущему канату с учетом влияния сил трения (вторая задача).

Порядок решения второй задачи и полученные результаты опубликованы [13]. Полное сопротивление передвижению грузовой каретки по НК определяется (без учета сопротивления от уклона пути) суммой сопротивления от трения в ходовых частях W_0 и дополнительного сопротивления от жесткости каната $W_{ж}$, обусловленного действием сил трения при взаимных смещениях проволок и прядей, составляющих канат.

Зависимости для определения первого слагаемого приведены в технической литературе. Величина $W_{ж}$ определяется через работу сил внутреннего трения, возникающих в НК при передвижении каретки на единицу длины каната, и выражается зависимостью:

$$W_{ж} = A_{тр} |_{\Delta x_0 = 1} = 2\mu \frac{\sin^2 \alpha}{\cos \alpha} \operatorname{ctg} \frac{\pi}{m} \frac{V}{1 + B_{к}\omega^2/T}, \quad (8)$$

где μ — коэффициент внутреннего трения между m элементами НК, свитыми под углом α ;
 V — поперечная нагрузка на НК с изгибной жесткостью $B_{к}$, растянутого с обоих концов продольными силами T ;

$$\omega = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{r}, \quad r — \text{радиус свивки конструктивных элементов НК.}$$

Для наиболее распространенных в качестве НК ПКУ 6-прядных канатов открытого типа, для которых коэффициент внутреннего трения изменяется в пределах $0,25 \leq n \leq 0,32$ [14, 19], зависимость (8) может быть представлена в форме:

$$W_{ж}^{6 пр} = A_{тр}^{6 пр} |_{\Delta x_0 = 1} \approx 10 \frac{\sin^2 \alpha}{\cos \alpha} \frac{V}{1 + B_{к}\omega^2/T}. \quad (9)$$

Правомерность теоретических значений W , с достаточной для технических расчетов точностью, подтверждается их сравнением с результатами экспериментальных исследований на реальных [1] и экспери-

ментальных [12] канатных установках (расхождение не превышает 9 %).

Для убедительности представления критерия долговечности несущих канатов через работу сил внутреннего трения необходимо обратиться к известным литературным источникам, которые свидетельствуют о бытующей устойчивой тенденции в оценке сроков службы НК как монолитного стержня.

На основании анализа напряженного состояния такого стержня можно определить зависимость числа циклов его нагружения до разрушения J_p от амплитуды изменения действующего в нем напряжения σ_a , в виде усталостной кривой Веллера:

$$J_p = (\sigma_0 / \sigma_a)^{t_y}, \quad (10)$$

где σ_0 — экстраполированное значение напряжения, при котором цельный канат или стержень будет претерпевать, не разрушаясь, базовое число циклов N (для сталей $N = 10^7$ циклов);

t_y — показатель степени кривой усталости.

В действительности условия работы НК существенно отличаются от условий работы стального стержня из-за действующих в них конструктивных фрикционных процессов, которые и определяют состояние и сроки службы НК. Это обстоятельство, с учетом ранее приведенных доказательств, позволяет обосновать возможность использования в качестве критерия долговечности НК силы внутреннего трения каната в виде интегральной их характеристики — работы таких сил, которую можно измерить с помощью относительно несложных технических средств. Тогда по аналогии с зависимостью (10) для описания усталостных процессов в материале, выражение для определения долговечности (выносливости) J_p^k несущего каната имеет вид:

$$J_p^k = (A_{тр}^c / A_{тр}^k)^{k_y}, \quad (11)$$

где $A_{тр}^k$ — работа внутренних сил трения реального каната;

$A_{тр}^c$ — работа внутренних сил трения для монолитного стержня, идентичного канату поперечного сечения и работающего в подобных с канатом условиях;

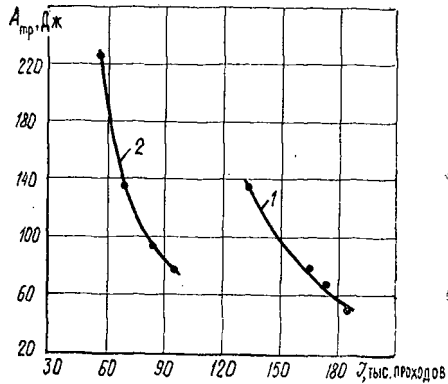
k_y — показатель степени кривой усталости.

Однако в связи с отсутствием экспериментальных данных о показателях выносливости стальных стержней при их работе под колесами грузовых кареток, зависимость (11) для инженерных расчетов не применяли.

Для подтверждения правомерности непосредственного использования работы сил внутреннего трения в качестве критерия долговечности НК были определены значения $A_{тр}$ при параметрах системы, соответствующих условиям проведения экспериментов с канатом $d = 5,6$ мм ГОСТ 2688—69 [12]. Результаты вычислений на основании приведенной в указанной работе зависимости $J = f(n)$ представлены в виде графика $A_{тр} = f(J)$ (рис. 5). Форма графика идентична кривой Веллера, что, в итоге, позволяет величину $A_{тр}$ как и отношение σ_n^- / σ_n^+ , рассматривать в качестве усталостного критерия долговечности несущего каната и использовать этот критерий в практике расчетов НК по сроку службы.

Практическое использование рекомендуемого критерия долговечности НК в виде $A_{тр}$ возможно для решения двух типов задач: сравнительной оценки долговечности несущих канатов для различных условий

Рис. 5. График зависимости работы внутренних сил трения $A_{тр}$ от долговечности J несущего каната: 1 — $V = 5,2$ кН; 2 — $V = 7,4$ кН



их эксплуатации; определения срока службы исследуемого несущего каната для конкретных условий его навески и нагружения.

Эволюция представлений об этапах совершенствования теории расчета НК, их расчетных моделей и критериев опасного состояния при расчетах на прочность и долговечность приведена в таблице.

Этапы развития представлений о работе несущих канатов	Расчетные модели		Критерии оценки опасного состояния несущих канатов		Авторы критериев долговечности
	при проверке прочности	при проверке долговечности	при проверке прочности	при проверке долговечности	
XIX в.—30-е гг. XX в.	Упругая гибкая нить	Упругая гибкая нить	σ_p	σ_p	Отечественный и зарубежный опыт эксплуатации подвесных дорог стационарного типа
30—70 гг. XX в.	То же	Упругая жесткая нить	σ_p	σ_n	А. И. Дукельский [9, 10]
70—85 гг.	» »	То же	σ_p	σ_n^- / σ_n^+	А. Г. Прохоренко, Н. М. Белая [6, 15]
85—88 гг.	» »	Неупругая жесткая нить	σ_p	$A_{тр}$	Н. М. Белая, А. А. Мищенко [6, 13, данная статья]

Подводя итог изложенному, можно заключить, что результаты проведенных исследований позволили предложить и научно обосновать отличный от традиционных подход к решению проблемы долговечности НК и рекомендовать его для решения практических инженерных задач при создании современных прогрессивных подвесных канатных систем новых поколений с минимальной металло- и энергоемкостью и оптимальными; равновеликими сроками службы всего комплекса механических узлов, составляющих подвесную систему.

В такой постановке задача определения долговечности несущих канатов ранее не рассматривалась.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. 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. [2]. Бе-

лая Н. М., Прохоренко А. Г. Канатные лесотранспортные установки.— М.: Лесн. пром-сть, 1964.— 299 с. [3]. Белая Н. М., Прохоренко А. Г. О влиянии режимов работы пробегных машин на показатели долговечности канатов // Стальные канаты.— Киев, 1972.— Вып. 9.— С. 102—105. [4]. Белая Н. М., Прохоренко А. Г. К обоснованию величины запаса прочности несущих канатов подвесных лесотранспортных установок и канатных дорог // Лесн. журн.— 1974.— № 3.— С. 41—46.— (Изв. высш. учеб. заведений). [5]. Белая Н. М., Прохоренко А. Г. Технические условия использования канатов подвесных лесотранспортных установок и повышение сроков их службы.— Львов: ЛЛТИ, 1975.— 20 с. [6]. Белая Н. М., Прохоренко А. Г. Канатный транспорт леса и резервы повышения его эффективности // Лесн. журн.— 1982.— № 4.— С. 34—43.— (Изв. высш. учеб. заведений). [7]. Волошин В. И., Жиряков А. И. Изгибная жесткость стальных канатов // Подъемно-транспортное оборудование.— Киев, 1983.— Вып. 14.— С. 59—64. [8]. Динник А. Н. О зависимости прочности каната от числа оборванных проволок // Безопасность труда в горной промышленности.— 1935.— № 11.— С. 11—15. [9]. Дукельский А. И. Подвесные канатные дороги и кабельные краны.— 2-е изд.— М.; Л.: Машгиз, 1938.— 400 с. [10]. Дукельский А. И. Подвесные канатные дороги и кабельные краны.— 4-е изд., перераб. и доп.— М.; Л.: Машиностроение, 1966.— 484 с. [11]. Ковальский Б. С. Потери на блоках канатных полиспастов // Вестн. машиностроения.— 1965.— № 10.— С. 34—37. [12]. Мартынцив М. П. Исследование нагрузок на ходовые колеса грузовых кареток и их влияние на работу несущего каната: Дис... канд. техн. наук.— Львов, 1980.— 312 с. [13]. Мищенко А. А. Об определении сопротивления передвижению колеса грузовой каретки по несущему канату подвесных лесотранспортных установок // Лесн. журн.— 1987.— № 4.— С. 35—41.— (Изв. высш. учеб. заведений). [14]. Похольченко А. С. Экспериментальное определение усилий вытяжки проволок и коэффициента трения в канатах двойной свивки // Стальные канаты.— Киев, 1969.— Вып. 6.— С. 123—126. [15]. Прохоренко А. Г. Напряжения изгиба в несущих канатах открытого типа // Стальные канаты.— Киев, 1967.— Вып. 4.— С. 172—176. [16]. Blakeborough A., Cullimore M. S. G. Fretting in the Fatigue of Wire Rope // Adv. Fract. Res. Proc. 6th Int. Conf. Fract. (ICF 6).— New Delhi, 4—10 Dec., 1984.— Vol. 3; Oxford, 1984.— P. 2133—2141. [17]. Isaaksen I. Die Beanspruchung von Drahtseilen // Z.-VDI.— 1907.— Bd. 51, N 17.— S. 652—657. [18]. Rubin A. Personen-Seilschwebbahnen, Bauart Bleichert-Zuegg // Z.-VDI.— 1926.— Bd. 70, N 5.— S. 1755—1771. [19]. Schmidt K. Die Sekundäre Zugbeanspruchung der Drahtseile aus der Biegung // Fortschr.-Ber. VDI.-Z.— 1965, N 2.— S. 2—180. [20]. Woernle R. Drahtseilforschung // Z.-VDI.— Bd. 78, N 52.— S. 1492—1498.

Поступила 5 сентября 1988 г.

УДК 625.143.482

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКОЙ СИЛЫ ДЛЯ ПРЯМЫХ УЧАСТКОВ ЛЕСОВОЗНЫХ УЖД

С. И. МОРОЗОВ, М. В. ПОПОВ

Архангельский лесотехнический институт

Сварной (температурно-напряженный) железнодорожный путь, уложенный длинными рельсовыми плетями (300 м и более), позволяет стабилизировать техническое состояние верхнего строения пути лесовозных УЖД, уменьшить затраты на его ремонт и содержание. Фактический годовой экономический эффект от замены звеньевоего пути сварными рельсовыми плетями составляет 0,8 тыс. р. на 1 км для прямых участков пути и до 1,5 тыс. р. на 1 км — для кривых.

В настоящее время на лесовозных УЖД рельсы в плети сваривают вручную электродуговым способом. В 1988 г. будет изготовлен опытный образец комплекса для контактной сварки рельсов, который позволит повысить прочность сварного стыка до прочности целого рельса, а производительность работ в 8—10 раз. При поступлении этих комплексов на лесовозные УЖД, которое намечено на 1989 г. и последующие годы, темпы внедрения сварного пути существенно возрастут.

Для эффективного использования сварочных комплексов необходимо заблаговременно осуществить определенные организационно-техни-

Таблица 1

kx_0	f , см	f_0 , см	Значение $P_{кр}$, кН, для Р24 при N , шпал/км				Значение $P_{кр}$, кН, для Р33 при N , шпал/км					
			1 625		1 875		2 000		1 625		2 000	
			1 625	1 750	1 875	2 000	1 625	1 750	1 875	2 000		
3,191	0,1175	0,1149	1 053,9	1 093,7	1 132,1	1 169,2	1 703,4	1 767,7	1 829,8	1 889,8		
3,192	0,1749	0,1712	895,6	929,4	962,0	993,6	1 447,6	1 502,2	1 554,9	1 605,9		
3,193	0,2668	0,2606	754,7	783,2	810,7	837,3	1 219,9	1 265,9	1 310,3	1 353,3		
3,194	0,4165	0,4074	629,7	653,5	676,4	698,6	1 017,8	1 056,2	1 093,3	1 129,1		
3,195	0,6720	0,6574	519,1	538,7	557,6	575,9	839,1	870,8	901,3	930,9		
3,196	1,1266	1,1020	421,8	437,7	453,1	468,0	681,8	707,5	732,4	756,4		

Таблица 2

Тип балласта	Состояние балласта			
	Свежеуложенный		Плотный	
	A_0	K	A_0	K
Песок мелкозернистый	-1,035947	-0,41755	1,141777	-0,43173
» среднезернистый	1,215246	-0,40507	1,30985	-0,42063
» крупнозернистый	1,385432	-0,37133	2,056709	-0,36413
Щебень	1,31381	-0,40392	1,45204	-0,39025

ческие мероприятия, в число которых входит отработка технологии укладки сварных рельсовых плетей и методики расчета температурно-напряженного режима рельсовых плетей в целях предотвращения их выброса летом при высоких температурах.

В статье приведена практическая методика расчета критической сжимающей силы для верхнего строения пути лесовозных УЖД.

Основные положения расчета допустимой температурной сжимающей силы на прямых участках лесовозных УЖД изложены в работе [1].

Используя приведенные в ней зависимости, можно рассчитать значения $P_{кр}$ для различных условий. Результаты одного из таких расчетов приведены в табл. 1, где kx_0 — расчетный параметр, f_0 — стрела прогиба начальной неровности оси пути, f — стрела прогиба оси пути при выбросе рельсошпальной решетки, $P_{кр}$ — допускаемое значение кри-

тической силы, N — число шпал на 1 км пути. Шпалы деревянные II типа, балласт — свежееуложенный среднезернистый песок.

Для данных, приведенных в табл. 1, а также для других конструкций пути лесовозных УЖД зависимость между $P_{кр}$ и f_0 хорошо аппроксимируется уравнением

$$P_{кр} = A_0 \sqrt{IN} f_0^K, \quad (1)$$

где A_0 и K — расчетные параметры, зависящие от типа балласта;

I — момент инерции рельса в горизонтальной плоскости, см⁴.

Значения A_0 и K для отдельных типов балласта приведены в табл. 2 (шпалы деревянные II типа).

Уравнение (1) показывает, что значение $P_{кр}$, помимо прочих факторов, зависит от стрелы прогиба начальной неровности оси пути. Для пути, уложенного рельсами Р24 на песчаном среднезернистом балласте при $N = 1750$ шпал/км, расчетное значение f_0 составляет 0,4 см [4]. Так как для других конструкций пути экспериментальные данные по $P_{кр}$ и f_0 отсутствуют, то для определения в этих условиях значения f_0 можно применить расчетный метод, основанный на использовании формул подобия, приведенных в работе [2]. В частности, для линейных величин формула подобия имеет вид

$$f_0 = f_{01} \sqrt[3]{\frac{q_1 I}{q I_1}}, \quad (2)$$

где индексом 1 обозначены значения величин для рассматриваемой конструкции верхнего строения пути.

Значения q_1 и q определяют по данным экспериментов по формулам

$$q_1 = (Q_{01} + C_1 f_{01}^{a_1}) N \cdot 10^{-5}; \quad (3)$$

$$q = (Q_0 + C f_0^a) N \cdot 10^{-5}, \quad (4)$$

где Q_0 , Q_{01} , C , C_1 , a , a_1 — параметры экспериментальной зависимости $Q = Q(f)$.

Для свежееуложенного песчаного среднезернистого балласта имеем $Q_{01} = 137$ Н, $C_1 = 891$ Н/см, $a_1 = 0,23$. Принимая $f_{01} = 0,4$ см и $N_1 = 1750$ шпал/км, получим:

$$q = (137 + 891 \cdot 0,4^{0,23}) 1750 \cdot 10^{-5} = 15,0271 \text{ Н/см.}$$

Поставим это значение, а также $f_{01} = 0,4$ см, $I_1 = 80$ см⁴ и выражение (4) в уравнение (2):

$$f_0 = 0,4 \sqrt[3]{\frac{15,0271 \cdot 10^5 I}{80 (Q_0 + C f_0^a)}} = 10,633 \sqrt[3]{\frac{I}{(Q_0 + C f_0^a) N}}. \quad (5)$$

По уравнению (5) можно вычислить значение f_0 для заданной конструкции верхнего строения пути. Так как эта величина входит в обе части уравнения (5), причем в правой части в нелинейном виде, то решение удобно выполнять методом итераций, который быстро сходится, потому что $f_0 < 1$. В большинстве случаев достаточно выполнить четыре итерации в такой последовательности:

задать произвольное начальное значение f_0 (например, $f_0 = 0,4$ см);

подставить это значение в правую часть уравнения (5) и вычислить новое значение f_0 ;

если заданное первоначально и вычисленное значение f_0 существенно различаются, то принять вычисленное значение за начальное и повторить цикл;

если разность между ними меньше заданной точности, то вычисление заканчивают.

Найдя расчетное значение f_0 для заданной конструкции верхнего строения пути, определяют $P_{кр}$ по уравнению (1).

Все вычисления легко запрограммировать для расчета на ЭВМ. Программа для микроЭВМ МК-56 (БЗ-34) имеет вид:

Номера команд										
Единицы										
Десятки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	ИП9	$F \ln$	ИП3	×	$F e^x$	ИП2	×	ИП1	+	ИП4
1	×	$F 1/x$	ИП5	×	$F \ln$	3	÷	$F e^x$	ИП6	×
2	П9	$F L_0$	00	С/П	$F \ln$	ИП7	×	$F e^x$	ИП8	×
3	Па	ИП4	ИП5	×	$F \sqrt$	ИПа	×	С/П	ИП9	С/П

Распределение ячеек памяти: (0) = 4 (счетчик циклов); (1) = Q_0 ; (2) = C ; (3) = a ; (4) = N ; (5) = I ; (6) = 10,633; (7) = K ; (8) = A_0 ; (9) = 0,4.

Вводя исходные данные и нажимая клавишу С/П, начинаем процесс вычислений. После его окончания на экране высвечивается значение $P_{кр}$, кН, при повторном нажатии клавиши С/П — значение f_0 , см.

При вычислении $P_{кр}$ и f_0 необходимо знать значения Q_0 , C и a , характеризующие сопротивление балласта поперечному сдвигу шпал. Эти значения определяют экспериментально. Для некоторых типов балласта, применяемых на лесовозных УЖД, расчетные значения Q_0 , C и a приведены в табл. 3 (шпалы деревянные II типа).

Таблица 3

Тип балласта	Свежеуложенный балласт			Плотный балласт		
	$Q_0, Н$	$C, Н$	a	$Q_0, Н$	$C, Н$	a
Песок мелкозернистый	103	638	0,20	311	588	0,24
» среднезернистый	137	891	0,23	415	785	0,29
» крупнозернистый	280	1 126	0,38	343	2 700	0,33
Щебень	311	910	0,30	390	1 140	0,36

Результаты вычислений f_0 и $P_{кр}$ для отдельных конструкций пути приведены в табл. 4.

Значения f_0 можно использовать для обоснования требований к допустимым значениям стрел прогибов оси рельсошпальной решетки, уложенной сварными рельсовыми плетями, а значения $P_{кр}$ используют для определения допустимого повышения температуры рельсов после укладки.

$$\Delta t_y = \frac{P_{кр}}{E a \omega}, \quad (6)$$

где E — модуль деформации рельсовой стали;
 a — коэффициент температурного расширения стали;
 ω — площадь поперечного сечения двух рельсов.

Обычно принимают $E a = 250 \text{ Н}/(\text{см}^2 \cdot \text{град})$, т. е.

$$\Delta t_y = \frac{P_{кр}}{250 \omega}. \quad (7)$$

Таблица 4

Балласт	Число шпал на 1 км	Свежеуложенный балласт				Плотный балласт, Р24	
		Р24		Р33		f_0 , см	$P_{кр}$, кН
		f_0 , см	$P_{кр}$, кН	f_0 , см	$P_{кр}$, кН		
Песок мелкозернистый	1 625	0,45	521	0,57	683	0,42	598
	1 750	0,44	546	0,56	716	0,41	626
	1 875	0,43	570	0,54	748	0,40	655
	2 000	0,42	594	0,53	779	0,40	682
Песок среднезернистый	1 625	0,41	629	0,52	828	0,39	703
	1 750	0,40	659	0,50	867	0,39	737
	1 875	0,39	688	0,49	906	0,37	770
	2 000	0,38	716	0,48	943	0,36	802
Песок крупнозернистый	1 625	0,38	714	0,48	949	0,30	1 148
	1 750	0,37	747	0,47	993	0,30	1 201
	1 875	0,37	780	0,46	1 036	0,29	1 252
	2 000	0,36	811	0,45	1 078	0,28	1 303
Щебень	1 625	0,39	692	0,49	912	0,37	773
	1 750	0,38	725	0,48	955	0,36	810
	1 875	0,37	757	0,47	998	0,35	845
	2 000	0,37	789	0,46	1 039	0,34	880

Изложенная методика расчета имеет достаточно простой вид, доступна для практического применения и может быть использована при расчете f_0 и $P_{кр}$ для различных конструкций верхнего строения пути лесовозных УЖД.

Для оценки точности предлагаемой методики определения допускаемой продольной температурной сжимающей силы вычислим ее значение для пути, уложенного рельсами Р18 на песчаном свежеуложенном среднезернистом балласте при $N = 1\,669$ шпал/км. Используя материал табл. 3 и 4 и принимая $I = 47$ см⁴, получим: $P_{кр} = 525$ кН; $f_0 = 0,344$ см.

Экспериментальные значения $P_{кр}$ для этих условий приведены в работе [3, с. 11]. Обработывая их методами математической статистики, определим: $P_{кр} = 526$ кН и дисперсию $D = 203$ кН.

Сравнивая теоретическое и экспериментальное среднее значение $P_{кр}$, можно сделать вывод, что они практически совпадают, что свидетельствует о достоверности аналитического метода.

Таким образом, предложенный в статье метод расчета позволяет с достаточной для практических целей точностью определить допустимое значение продольной сжимающей силы для различных конструкций верхнего строения пути лесовозных УЖД. Этот метод достаточно прост и может быть использован инженерно-техническими работниками лес-промхозов при разработке мероприятий по применению сварного пути на лесовозных УЖД.

Точность расчета зависит, в первую очередь, от фактических значений характеристик сопротивления балласта поперечному сдвигу шпал, а именно Q_0 , C и a .

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Морозов С. И. Аналитическое определение критической силы для температурно-напряженного железнодорожного пути на прямых участках // Лесн. журн.— 1982.— № 5.— С. 46—54.— (Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Морозов С. И., Попов М. В. Применение метода подобия при исследовании устойчивости температурно-напряженного пути // Лесн. журн.— 1984.— № 2.— С. 38—42.— (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Плехов О. Г. Экспериментальное исследование устойчивости узкоколейного пути (колеи 750 мм) при воздействии температурных сил: Автореф.

дис... канд. техн. наук.— М., 1969.— 19 с. [4]. Попов М. В. Влияние начальных несовершенств на устойчивость рельсошпальной решетки // Лесн. журн.— 1977.— № 4.— С. 83—88.— (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 26 февраля 1988 г.

УДК 625.113.001.57

СТАТИСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

Г. Ф. ХРАМЦОВ, А. Г. ГРАБОВСКИЙ, В. Г. САРАЙКИН,
В. А. КАРАКУЛОВ

Хабаровский политехнический институт, ДальНИИЛП

Математическое моделирование вероятностной природы профилей транспортных путей основывается на построении законов распределения, корреляционных функций и спектральных плотностей неровностей для отдельных участков дорог.

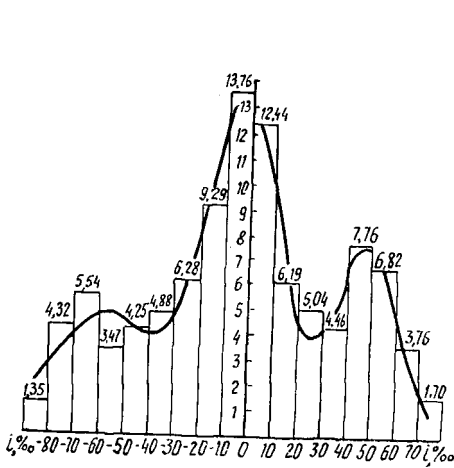
Результаты эксплуатации лесовозных автопоездов в условиях Дальневосточного региона (табл. 1) показывает, что основные характеристики их надежности существенно различаются в разных географических районах. Так, наработка на отказ лесовозного автомобиля, работавшего в условиях Амурской области, в 1,7 раза ниже, чем в леспрохозах Приморского края. Особенно контрастны показатели надежности двигателя и рамы.

Таблица 1

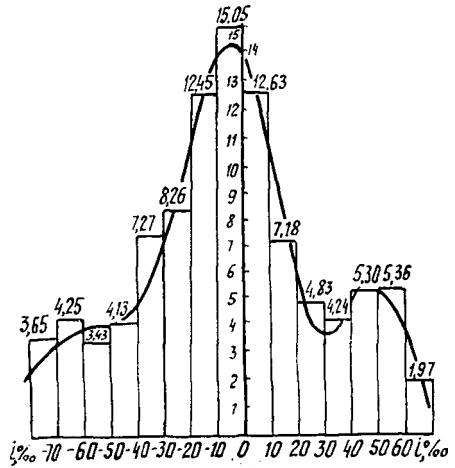
Показатели	Хабаровский край		Приморский край	Амурская область	
	Оборский ЛПХ		Калининский ЛПХ	Зейская ЛПБ	
	КрАЗ-255Л+ГКБ 9383	КНВФ-12Т+ГКБ 9383	КНВФ-12Т+ГКБ 9383	КНВФ-12Т+ГКБ 9383	
Надежность					
Наработка на отказ	3 178	4 545	4 672	4 065	2 119
Наработка на отказ II—III групп	5 480	8 333	10 000	10 000	5 770
Коэффициент готовности	0,81	0,98	0,98	0,90	0,98
Наработка на отказ отдельных узлов:					
двигатель	19 073	37 594	37 594	50 000	8 654
трансмиссия	12 404	29 940	50 000	50 000	103 852
ходовая часть	68 664	20 000	50 000	34 965	51 926
рама	22 888	60 240	71 428	38 461	12 981
Годовая производительность	6 017	11 144	10 995	11 478	11 707
Среднее расстояние вывозки, км	75	75	57	65	60
Число отработанных смен	—	332	292	239	324

Если предположить, что статистические характеристики микропрофилей лесовозных дорог указанных районов почти идентичны, то одним из основных факторов, влияющих на производительность и эксплуатационную надежность автопоездов, является микропрофиль дорог.

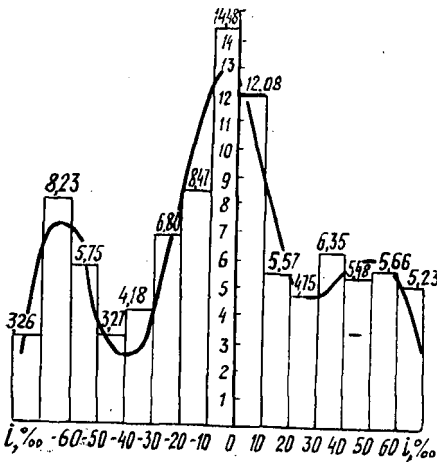
Для получения опытных гистограмм распределения продольных уклонов на лесовозных автомобильных дорогах Дальнего Востока авторами было исследовано как по проектным материалам ДВ Гипролестранса, так и непосредственными замерами более 3 тыс. км лесо-



а



б



в

Гистограмма и плотность распределения продольных уклонов лесовозных автомобильных дорог Хабаровского края (а), Приморского края (б) и Амурской области (в)

возных дорог, эксплуатирующихся в производственных объединениях Дальлеспром (Хабаровский край), Приморсклеспром (Приморский край), Амурлеспром (Амурская область).

Гистограммы распределения продольных уклонов в грузовом направлении для лесовозных автомобильных дорог представлены на рисунке. Анализ гистограмм показывает, что максимальный руководящий подъем ($i_{рук}$) для лесовозных дорог Хабаровского края составляет 70...80‰ с частотой распределения $p = 1,7$, уравновешенный подъем — 80...90‰ с частотой 1,3 в Амурской области.

Для дорог Приморского края $i_{рук} = 60...70\%$ при $p = 5,23$ и $i_{ур} = 70...80\%$ при $p = 3,26$; для дорог Амурской области $i_{рук} = 60...70\%$ при $p = 1,97$ и $i_{ур} = 70...80\%$ при $p = 3,65$.

Внешний вид гистограмм показывает, что кривые распределения в общем случае должны иметь три моды. Такое распределение носит название полимодального, являющегося в большинстве случаев распре-

Таблица 2

Обобщенные показатели качества идентификации	Оценка параметров дифференциального закона распределения										Остаточные суммы.	
	α_1	α_2	α_3	σ_1	σ_2	σ_3	i_1	i_2	i_3	i_4		Число степеней свободы
Географический район	0,2542	0,5065	0,2393	21,412	15,291	12,335	57,756	2,314	48,754	9	0,000009	
	0,2027	0,5253	0,2719	10,562	16,229	17,087	61,852	4,864	49,948	7	0,000018	
	0,2079	0,6341	0,1579	21,870	17,8923	11,628	58,210	4,9646	48,5623	7	0,000006	
	Хабаровский край											
	Приморский »											
	Амурская область											

делением смеси. Полимодальные кривые распределения наиболее удобно аппроксимировать формулой плотности вероятности смеси*. В частности, для трехмодального распределения аналитическое выражение функции плотности имеет вид:

$$f(x) = \alpha_1 \frac{1}{\sigma_1 \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(i - \bar{i}_1)^2}{2\sigma_1^2} \right] +$$

$$+ \alpha_2 \frac{1}{\sigma_2 \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(i - \bar{i}_2)^2}{2\sigma_2^2} \right] +$$

$$+ \alpha_3 \frac{1}{\sigma_3 \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(i - \bar{i}_3)^2}{2\sigma_3^2} \right],$$

где $i_{1,2,3}$; $\sigma_{1,2,3}$ — параметры распределения;

$\bar{i}_{1,2,3}$ — математические ожидания величины продольного уклона;

$\sigma_{1,2,3}$ — средние квадратичные отклонения.

Параметры (α , σ , i) указанного закона распределения оценивали решением условной задачи нелинейного программирования

$$\min \left\{ \sum_{j=1}^n [f(x_j, \alpha, \sigma, i) - \hat{f}(x_j)]^2 \right\} V,$$

$$\alpha_{1,2,3} \in B;$$

$$i_{1,2,3} \in C;$$

$$\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 1; \alpha_{1,2,3} \geq 0,$$

где $\hat{f}(x_j)$ — экспериментальное значение частотности распределения уклонов в точке x_j ;

$n-1$ — число интервалов разбиения;

B, C — соответственно области определения параметров σ и i .

Для идентификации параметров закона распределения использовали метод последовательных итераций Гаусса — Ньютона.

Значения параметров и основные показатели качества полученных моделей представлены в табл. 2.

* Гнеденко Б. В., Беляев Ю. К., Соловьев А. Д. Математические методы в теории надежности. — М.: Наука, 1965, — 524 с. — (Физико-математическая библиотека инженера).

Статистический анализ данных позволяет сделать вывод об адекватности моделей распределения уклонов лесовозных дорог, а использование в качестве функционального базиса нормальных законов упрощает проведение аналитических и численных расчетов путем применения стандартных вероятностных таблиц.

Поступила 18 мая 1988 г.

УДК 539.4 : 621.81

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЕТАЛЕЙ ЛЕСНЫХ МАШИН

А. В. ПИТУХИН

Петрозаводский государственный университет

При проектировании элементов конструкций лесных машин задают требуемые их параметры (размеры, шероховатость поверхностей, механические свойства и др.) и допуски на них. Назначение предельных отклонений вызвано неизбежностью рассеяния различных факторов при изготовлении и определяется возможностями оборудования и экономическими соображениями. На рассеяние механических свойств большое влияние оказывают микроструктура материала и такие несовершенства при изготовлении, как неметаллические включения, поры, риски от механической обработки, микротрещины, литейные раковины и др. Они являются внутренними концентраторами напряжений, приводящими уже в начальный период эксплуатации к зарождению микро- и макротрещин.

В Петрозаводском государственном университете в течение 1983—1986 гг. были исследованы причины отказов 204 деталей лесозаготовительных машин на базе тракторов ОТЗ. Из них 94 детали (46 %) разрушились вследствие технологических несовершенств и дефектов. Наиболее опасны такие трещиноподобные дефекты, как литейные раковины (балансир, звенья гусениц, ведущее колесо, картер главной передачи), неметаллические включения (пружины подвески), крупные риски от механической обработки (переходная поверхность зубчатых колес), поверхностные микротрещины (пружины, зубчатые колеса). Наличие их неизбежно, и, естественно, встает задача об определении максимально допустимых значений, которые необходимо вносить в техническую документацию.

Для решения поставленной задачи наиболее рационален путь статистической оптимизации геометрических и технологических параметров деталей. Под технологическими параметрами будем подразумевать максимально допустимую величину трещиноподобного дефекта при изготовлении. Интенсивно развивающиеся в последнее время методы механики разрушения позволяют в зависимости от геометрических и технологических параметров элемента конструкции определить вероятность его безотказной работы и некоторые другие показатели надежности [2]. Однако, поскольку стоимость изготовления детали зависит от величины допускаемых дефектов, в качестве критерия оптимизации целесообразно использовать критерий, учитывающий и показатели надежности, и стоимость изготовления. Это, например, стоимостные потери при трелевке, зависящие от потерь в выработке вследствие ремонтных простоев, затрат на ремонтные работы и запасные части. Критерием оптимизации могут служить и суммарные потери, связанные с изготовлением детали и стоимостными потерями при трелевке, однако это при-

водит к несколько большим размерам допустимых дефектов, что снижает долговечность. Как показано в работе [1, с. 14], с увеличением долговечности себестоимость продукции непрерывно снижается, и «...рационально изменить картину в пользу больших сроков службы». Поэтому в качестве критерия оптимизации целесообразно принять стоимостные потери при трелевке, а на стоимость детали наложить ограничение типа неравенств.

В качестве примера рассмотрим построение целевой функции при оптимизации параметров балансира подвески лесопромышленного трактора. Балансир подвески подвержен влиянию климатических факторов и воздействию случайных нагрузок в процессе эксплуатации. Кроме того, на прочность балансира влияют различные технологические процессы. Мы рассматриваем балансир как изолированный элемент общей механической системы с технологическими несовершенствами, на который действует вектор нагрузок \bar{F} , являющийся случайной величиной.

В качестве критерия оптимизации принимаем средние годовые потери производительности на трелевке в стоимостном выражении C_{Σ} . Они складываются из стоимости устранения отказов C_1 и потерь за счет ремонтных простоев C_2

$$C_{\Sigma} = C_1 + C_2.$$

Стоимость устранения отказов определяется суммой расходов на запасные части и оплату ремонтным рабочим.

Целевая функция имеет вид

$$C_{\Sigma} = \frac{P_6 T_{\text{см}}}{P T_{\text{мб}}} k_6 \left(C_6 + C_p + \frac{T_v}{T_{\text{см}}} Q C_{\text{тр}} \right),$$

где P_6 — вероятность безотказной работы базового (имеющегося в настоящее время) балансира;

P — вероятность безотказной работы оптимизируемого балансира;

k_6 — число смен, отработанных в течение года на трелевке трактором с базовым балансиром;

$T_{\text{см}}$ — средняя производительность смены, ч;

$T_{\text{мб}}$ — медианный ресурс базового балансира по данным испытаний, ч;

C_6 — стоимость оптимизируемого балансира в зависимости от качества изготовления, р.;

C_p — оплата ремонтным рабочим за восстановление одного отказа, р.;

T_v — среднее время восстановления одного отказа, ч;

Q — сменная производительность трактора с базовым балансиром, м³;

$C_{\text{тр}}$ — себестоимость трелевки 1 м³ леса, р.

В качестве параметров оптимизации выбираем ширину и высоту балансира в опасных сечениях, толщину стенки, допустимый размер литейной раковины, допуски на ширину, высоту и толщину стенки. На параметры оптимизации из конструктивных и технологических соображений накладываем ограничения типа неравенств. В качестве функционального целесообразно принять ограничение на суммарную площадь четырех опасных сечений.

Задачу оптимизации в силу существенной нелинейности рекомендуется решать методом совместного случайного поиска с уменьшением интервалов. Вероятность безотказной работы необходимо определять с использованием методов механики разрушения.

Поставленная задача была решена для балансира подвески перспективного лесозаготовительного трактора ТБ-1М. Это позволило снизить средние суммарные потери производительности на трелевке по причине отказа балансира с 40 до 24 р. в год на один трактор. Максимально допустимый размер одиночной литейной раковины при этом не должен превышать 3,7 мм в глубину и 5,6 мм в длину. Согласно ОСТ 23.2.470—77, допустимые размеры одиночных раковин составляют в глубину 3 мм и в длину 6 мм. В действительности, как показали исследования отказавших балансиров, оценка среднего значения максимального дефекта в изломе составляет 9,1 мм.

Статистическая оптимизация геометрических и технологических параметров позволяет повысить вероятность безотказной работы элементов конструкций лесозаготовительных тракторов, снизить суммарные годовые потери производительности на трелевке и обоснованно назначать допустимые размеры технологических дефектов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Орлов П. И. Основы конструирования. Кн. 1.— М.: Машиностроение, 1977.— 623 с. [2]. Питухин А. В. Статистическая оценка усталостной долговечности деталей лесотранспортных машин с использованием методов механики разрушения // Машины и орудия для механизации лесозаготовок и лесного хозяйства: Межвуз. сб. науч. тр.— Л.: ЛТА, 1984.— С. 113—116.

Поступила 8 апреля 1987 г.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.815-41

ИССЛЕДОВАНИЕ
ПОКОРОБЛЕННОСТИ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ
С АСИММЕТРИЧНОЙ СТРУКТУРОЙ

С. М. ПЛОТНИКОВ

Сибирский технологический институт

Получить древесностружечные плиты (ДСП) с абсолютно симметричной структурой практически невозможно. В производственных условиях всегда в большей или меньшей степени существует асимметрия профилей плотности и влажности по толщине стружечных пакетов или асимметрия температур верхней и нижней нагревательных плит прессов. Асимметрию профиля плотности по толщине обуславливают несинхронная работа формирующих машин наружных слоев, неодинаковая влажность или осмоленность слоев сформированного стружечного ковра, просеивание мелких фракций стружки внутрь ковра, подсыхание его при транспортировке до пресса и другие причины. Асимметрия нагревательных плит пресса вызывает неодинаковый перенос тепла и парогазового давления по толщине стружечного пакета, что, в свою очередь, ведет к неодновременному отверждению связующего в симметричных слоях пакета и к асимметрии профиля готовой плиты. В результате плиты приобретают внутренние механические напряжения и коробятся, причем большую покоробленность невозможно устранить выдержкой плит в штабеле или шлифованием.

В литературе известны исследования потери формоустойчивости ДСП, возникающей вследствие воздействия климата [2, 3] и односторонней влажности [1] на плиту. В данных случаях коробление плиты происходило в течение длительного времени, до нескольких суток и даже месяцев, и не было связано с асимметрией профиля плотности плиты, вызванной технологией.

В отличие от рассмотренных причин потеря формоустойчивости плиты из-за ее асимметричного строения происходит сразу после выгрузки плиты из пресса в течение нескольких минут до ее остывания и уравнивания механических напряжений.

В настоящей работе исследована зависимость покоробленности ДСП от разного соотношения масс и влажности между верхним и нижним наружными слоями стружечного пакета, различного содержания воды на верхней и нижней поверхностях пакета и различия температуры между верхней и нижней нагревательными плитами пресса. Было проведено 4 серии экспериментов, уровни варьирования факторов в которых представлены в табл. 1.

Каждый вариант проводили по классическому плану. Вторым фактором в каждом варианте — плотность плит, которая имела также три уровня варьирования: 0,5, 0,7 и 0,9 г/см³. Для плит использовали промышленно изготовленную стружку внутреннего и наружных слоев из древесины сосны, высушенную до 3 %-й влажности и осмоленную фенолформальдегидным клеем Leuna 4543 с добавлением 6 % парафиновой эмульсии Leuna 602. Стружечные пакеты получали вручную, причем для вариантов 1 и 2 формировали трехслойные пакеты с соотношением слоев 1:3:1, для вариантов 3 и 4 — однослойные из смеси стружки наружных и внутреннего слоев. Дозированное увлажнение поддона и верхней поверхности пакета по варианту 3 осуществляли специальным разбрызгивающим устройством,

Таблица 1

Но- мер вари- анта	Варьируемый параметр	Условное обозна- чение	Уровни варьирования		
1	Соотношение масс наружных слоев	m_v/m_n	1,4	2,2	3,0
2	Соотношение влажности наружных слоев: абсолютные значения, %/ % разность абсолютных значений, %	Δu	23/17 6	26/14 12	29/11 18
3	Соотношение воды в наружных по- верхностях: абсолютные значения, %/ % разность абсолютных значений, %	ΔW	33/67 34	16/83 67	0/100 100
4	Соотношение температур нагреватель- ных плит: абсолютные значения, град/град разность абсолютных значений, град	ΔT	175/150 25	190/135 55	205/120 85

Средняя влажность пакета по вариантам 1, 3 и 4 составляла 10 %, причем в варианте 1 такое значение влажности было одинаковым для наружных и внутреннего слоев. Прессование проводили в электрообогреваемом лабораторном прессе при температуре для первых трех вариантов 160 °С. Продолжительность прессования — 6 мин, длительность достижения давления — 1,5 мин. Формат изготавливаемых плит — 420 × 420 мм, толщина 16 мм.

Сразу после выгрузки из пресса плиты устанавливали на трех опорах приспособления (рис. 1), которое предварительно было отъюстировано на выдержанной шлифованной плите толщиной 16 мм. Испытания проводили при температуре воздуха 20 °С, относительной влажности 65 %. Первый замер выполняли через 20 с после выгрузки плиты из пресса. Измерения проводили в течение 40 мин для каждой плиты.

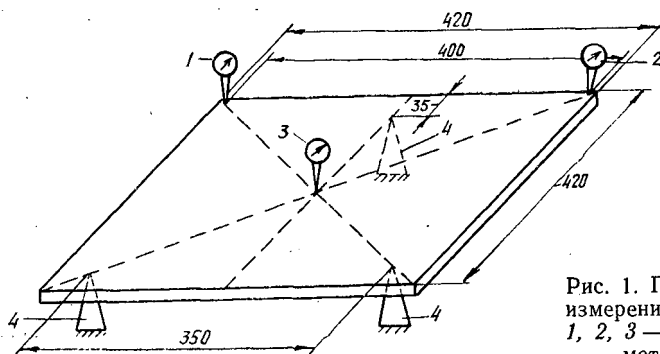


Рис. 1. Приспособление для измерения коробления плит: 1, 2, 3 — шкальные микрометры; 4 — опоры

Очевидно, на покособленность неостывшей плиты влияют не только ее внутренние напряжения, но и нежелательные факторы: собственная масса образца, масса измерительных приборов, разность температур на верхней и нижней поверхностях плиты (при горизонтальном положении образца теплоотвод с его верхней поверхности значительно лучше, чем с нижней). В литературе [1, 2] этими факторами пренебрегали, однако они вносят помеху в результаты измерений.

Обозначим через F деформацию образца, обусловленную действием нежелательных факторов. Считая, что эта деформация происходит всегда в одном направлении, можно определить покособленность плиты, установленной на опорах в прямом $\Delta f'_v$ и в перевернутом состоянии $\Delta f'_n$ после выгрузки из пресса:

$$\Delta f'_v = \frac{f_1 + f_2}{2} - f_3 = \Delta f_v + F; \quad (1)$$

$$\Delta f'_H = \frac{f_1 + f_2}{2} - f_3 = \Delta f_H - F, \quad (2)$$

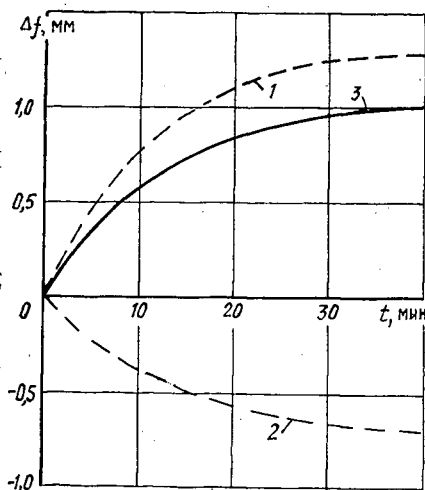
где f_1, f_2 и f_3 — показания соответственно 1-, 2- и 3-го микрометров; $\Delta f_B, \Delta f_H$ — деформация, вызванная асимметрией структуры.

Конечное значение покоробленности вычисляли как среднее арифметическое

$$\Delta f = \frac{|\Delta f_B + F| - |\Delta f_H - F|}{2} = \frac{|\Delta f_B| + |\Delta f_H|}{2}. \quad (3)$$

В данной методике при изготовлении и обмере каждого образца дважды деформацию F автоматически исключали из результатов. Для проведения четырех вариантов экспериментов при трех ступенях варьирования каждого фактора, трех ступенях плотности, дублировании каждого образца для исключения деформации F и двукратном повторении опытов было изготовлено $4 \times 3 \times 3 \times 2 \times 2 = 144$ плиты.

Рис. 2. Усредненные кривые коробления плиты плотностью $0,7 \text{ г/см}^3$ с соотношением масс наружных слоев 2,2 (вариант 1): 1 — для плиты в прямом состоянии; 2 — в перевернутом состоянии; 3 — общая покоробленность



Зависимости $\Delta f(t)$ показаны на рис. 2. В общем случае их можно выразить регрессионным уравнением вида

$$\Delta f = a_0 x_1^{a_1} x_2^{a_2}, \quad (4)$$

где x_1 — варьируемый параметр; x_2 — плотность плиты, г/см^3 .

В табл. 2 представлены процентные значения массы определенной регрессионных уравнений (4) в различные моменты измерения покоробленности по каждому варианту.

Таблица 2

Вариант	Масса определенности уравнений, %, в разные моменты измерения покоробленности, мин			
	5	10	20	30
1	85	86	86	86
2	34	89	90	92
3	—	10	86	98
4	—	—	73	79

Таблица 3

Вариант	Численное значение коэффициента			Стандартное отклонение, мм
	a_0	a_1	a_2	
1	0,521	0,925	0,662	0,016
2	0,067	0,935	1,485	0,023
3	0,145	0,304	-0,848	0,011
4	0,011	0,734	-3,139	0,056

Как видно из данных табл. 2, с увеличением промежутка времени между выгрузкой плиты из пресса и моментом измерения масса определенности уравнений повышается. Численные значения коэффициентов уравнения (4) для момента измерения 20 мин представлены в табл. 3.

Графические результаты обработки экспериментальных данных представлены на рис. 3.

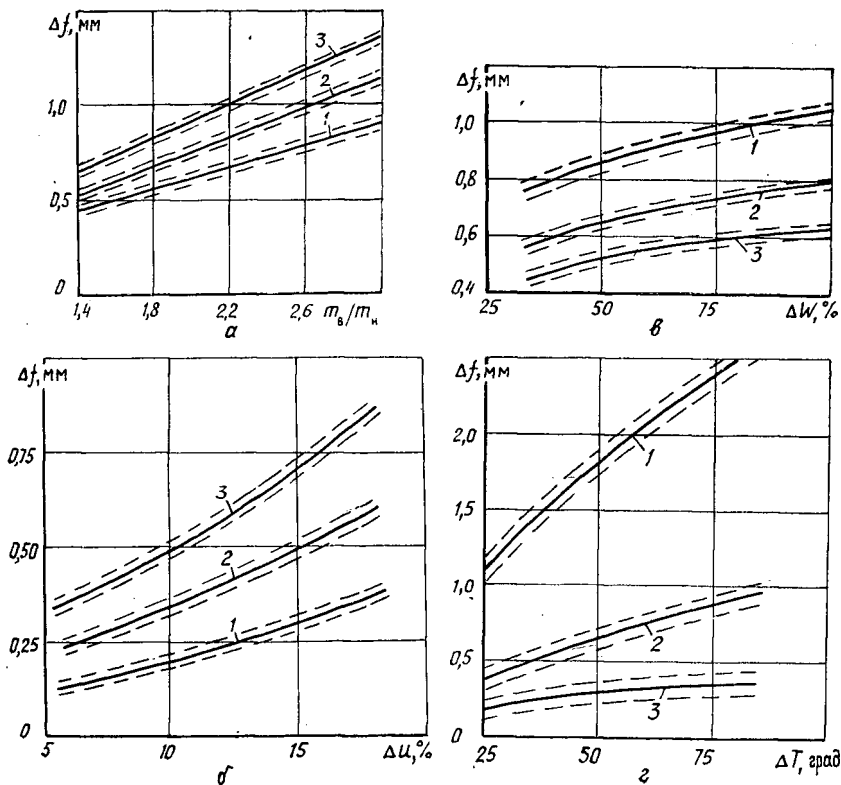


Рис. 3. Покоробленность плиты в зависимости: а — от соотношения масс наружных слоев пакета; б — от разности влажности наружных слоев пакета; в — от разности воды на верхней и нижней поверхностях пакета; г — от разности температур верхней и нижней плит пресса; плотность плит: 1 — 0,5; 2 — 0,7; 3 — 0,9 г/см³

С ростом разности масс наружных слоев деформация плиты увеличивается (рис. 3, а), причем тем сильнее, чем больше ее плотность. Середина плиты выгибается в сторону наружного слоя с меньшей массой. Наружный слой большей массы имеет большее число клеевых связей, поэтому объем слоя при отверждении уменьшается сильнее, возникают неуравновешенные механические напряжения, и плита коробится в сторону этого слоя.

С увеличением разности влажности наружных слоев и одновременным повышением плотности плиты ее деформация также возрастает (рис. 3, б). В процессе горячего прессования стружка наружных слоев находилась в разных стадиях разбухания, и связующее в этих слоях отверждалось неодновременно. Возникают напряжения по толщине плиты, которые уравниваются сразу после раскрытия пресса посредством коробления плиты. Середина плиты выгибается в сторону

более сухого слоя, так как либо стружка этого слоя продолжает набухать, либо стружка противоположного слоя, потеряв большую часть влаги при прессовании, сокращается в объеме.

С увеличением разности поверхностной влажности пакета стрела прогиба плиты возрастает (рис. 3, в), середина плиты изгибается в сторону более влажной поверхности, в этом случае подходят пояснения предыдущего случая. Однако здесь с увеличением плотности образца наблюдается обратная картина: деформация заметно снижается, так как механические напряжения в данном варианте возникают только на поверхностях плиты, и повышенная ее плотность противодействует деформации.

С увеличением разности температур верхней и нижней нагревательных плит пресса деформация образцов возрастает, особенно при малой плотности, так как парогазовое давление в процессе прессования таких плит меньше, а теплообмен между слоями хуже. Как видно из рис. 3, г, температурная асимметрия особенно сильно влияет на покоробленность. Середина плиты выгибается в сторону более холодной поверхности, тем самым уравниваются внутренние напряжения плиты, возникающие при неодинаковом отверждении связующего.

На основании экспериментальных исследований установлены численные значения покоробленности ДСП, происходящей в результате асимметрии массы и влажности верхнего и нижнего наружных слоев стружечного пакета, неодинакового увлажнения верхней и нижней поверхностей его и колебаний температуры нагревательных плит пресса.

Результаты исследований можно использовать для уменьшения или исключения такого трудноустраняемого дефекта плит, каким является покоробленность. Этого можно добиться путем искусственного создания асимметрии структуры стружечного пакета с помощью специальной автоматической системы, в которой периодически измеряют покоробленность готовой плиты. Предпосылки для такого регулирования вытекают из того, что уже через 5...10 мин после выгрузки плиты из пресса можно достаточно точно установить корреляцию имеющейся деформации с будущей покоробленностью плиты.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Dobrowolska E., Neumüller J., Kühne G. Entwicklung einer Messmethode zur Untersuchung der Formbeständigkeit von Spanplatten. Holztechnologie.—Leipzig 27, 1986.—6.—S. 316—319. [2]. Dueholm S. Untersuchungen zum Deformationsverhalten von geschichteten Holzwerkstoffplatten unter Klimateinwirkung.—Hamburg: Univ.—Diss. 1976. [3]. Kehr E., Scherfke R. Über die Formabweichungen (Plattenverzug) von dreischichtigen Spanplatten. Holztechnologie.—Leipzig 1, 1970.—4.—S. 258—263.

Поступила 1 декабря 1987 г.

УДК 674.821

НОВЫЙ СПОСОБ НЕПРЕРЫВНОГО ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ДРЕВЕСНОЙ СТРУЖКИ В ПНЕВМОПРОВОДЕ

Ю. И. МЕРЕМЬЯНИН

Воронежский лесотехнический институт

Быстрое и точное измерение влажности древесной стружки — актуальная задача в деревообрабатывающей промышленности, так как от этого зависит качество древесностружечных плит (ДСП).

Применяемый на производстве термогравиметрический метод измерения наиболее точный из всех известных, но его существенный недостаток — долговременность. Кондуктометрический способ, основанный на измерении электрического сопротивления материала, имеет низкую точность измерения; при больших влажностях он неработоспособен, так как при этом теряется чувствительность измерения.

Радиоактивный способ и метод ядерного магнитного резонанса слишком сложны для использования их на производстве, а потому очень дорогостоящи. Из остальных способов наиболее распространен диэлькометрический, при котором измеряют диэлектрическую проницаемость стружки или (что все равно) электрическую емкость датчика, заполненного измеряемой стружкой. Однако этот способ имеет низкую точность измерения из-за колебаний плотности стружки, заполняющей датчик [2].

В настоящее время разработан и находится в стадии испытания влагомер ВДС-201, работающий по методу инфракрасной спектроскопии. Однако используемая в нем дорогостоящая оптика повышает стоимость влагомера. Кроме того, существенное влияние оказывает сильная запыленность цехов, где изготавливают ДСП.

В Воронежском лесотехническом институте разработан способ непрерывного измерения влажности древесной стружки, движущейся в пневмопроводе; этот метод позволяет избавиться от влияния колебания плотности потока стружки. Основа его — использование электростатического поля, созданного на некотором участке пневмопровода, по которому движется стружка из сушилки в смеситель. При движении частичек стружки в пневмопроводе они, как и любые другие движущиеся в потоке частицы из диэлектрического материала, электрически заряжаются от трения даже при отсутствии электрического поля. Попадая в поле, частицы древесной стружки дополнительно заряжаются за счет поляризации. Происходит это по следующей причине. В электрическом поле с напряженностью E положительные и отрицательные заряды диэлектрика перемещаются. Это приводит к появлению на поверхностях диэлектрика, соседних с электродами, слоев с некомпенсированными положительными и отрицательными электрическими зарядами. Таким образом и образуются электрические заряды Q , вызванные поляризацией. Электрический заряд частицы в соответствии с [3] определяют по формуле

$$Q = \epsilon_0 (\epsilon_1 - \epsilon_2) SE,$$

где ϵ_0 — электрическая постоянная в системе СИ;

ϵ_1 — относительная диэлектрическая проницаемость древесной стружки;

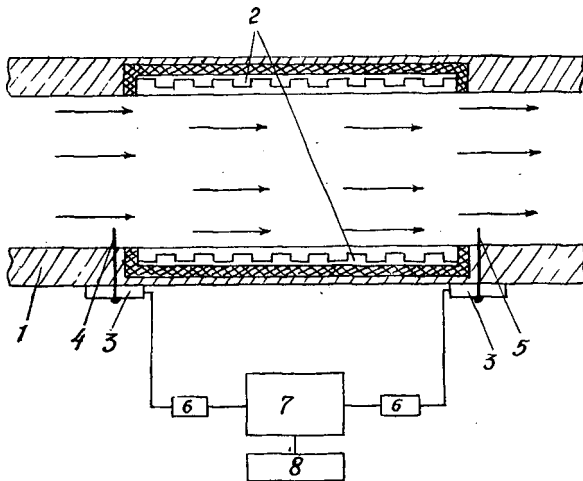
- ϵ_2 — относительная диэлектрическая проницаемость среды, т. е. воздуха в пневмопроводе;
 S — площадь поверхности частицы древесной стружки;
 E — напряженность электрического поля.

На величину заряда влияет размер стружки. Однако предлагаемый нами способ предназначен для измерения влажности стружки строго ГОСТированных размеров.

Как видно из вышеприведенной формулы, величина заряда зависит от диэлектрической проницаемости стружки. Диэлектрическая проницаемость сухого дерева равна 3,5, воды — 81; отсюда видно, что от степени влажности древесины существенно зависит ее диэлектрическая проницаемость. Чем больше влажность, тем больше диэлектрическая проницаемость древесной стружки и тем больше электрический заряд.

Как свидетельствуют опыты Милликена из классической физики, частица, попав в электрическое поле, заряжается практически мгновенно. Поэтому при проведении измерений никаких задержек во времени происходить не будет.

На рисунке представлена схема устройства для реализации предлагаемого способа.



Движущаяся в технологическом потоке по пневмопроводу 1 древесная стружка (скорость движения — около 2 м/с) ударяет по упругим чувствительным элементам — пластинкам 4 и 5, установленным на входе и выходе электрического поля, и заставляет их колебаться. Колебания пластинок воспринимаются вибродатчиками 3 и преобразуются в электрические сигналы, которые, усиливаясь селективными усилителями 6, поступают на смеситель 7 и далее на измеритель 8 разностной частоты, градуированный в единицах влажности. Частота колебаний пластинок зависит от скорости движения потока.

Постоянное электрическое поле, создаваемое электродами 2, смонтированными в стенке на определенном участке пневмопровода 1, тормозит движущийся поток стружки. Это связано с тем, что при попадании стружки в зону действия постоянного электрического поля ее частицы заряжаются. Чем больше влажность стружки, тем больше ее электрическая проницаемость и тем выше электрический заряд. Торможение потока стружки тем сильнее, чем выше ее влажность. Следовательно, скорость потока при выходе из зоны действия электрического поля уменьшается по сравнению с той, которая была при входе в нее. Уменьшение скорости потока снижает частоту спектра колебания пластинки 5 по сравнению с 4. Разность этих частот позволяет определить влажность древесной стружки.

Нами проведены испытания способа непрерывного измерения влажности.

Древесная стружка двигалась в пневмопроводе диаметром 40 см, расстояние между электродами составляло 21 см. На электроды подавали напряжение 100 кВ. Напряженность электрического поля составляла $4,76 \cdot 10^5$ В/м. Чем больше напряженность поля, тем лучше, так как ярче выражен тормозящий эффект. Однако следует учитывать, что, с точки зрения пробоя, напряжение не должно превышать 5 кВ на 1 см.

Две идентичные упругие пластинки изготовлены из инвара. Толщина их 2 мм, длина 10 см, ширина 6 см. К каждой пластинке был подключен пьезодатчик.

Полученные в результате экспериментов данные обрабатывали методами вариационной статистики и заносили в таблицу (см. табл.). Одновременно влажность измеряли термогравиметрическим способом, показания которого принимали за действительную влажность древесной стружки.

Показатель	Численное значение показателя					
Действительная влажность, %	3,4	5,2	7,6	8,4	10,4	17,5
Влажность, измеренная предлагаемым способом, %	3,1	5,6	7,1	8,9	9,9	18,0
Абсолютная погрешность, %	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5

Как видно из приведенной таблицы, абсолютная погрешность при измерениях предлагаемым способом составляет в среднем 0,5 %, что значительно меньше, чем при измерениях наиболее распространенным на производстве диэлькометрическим способом, где погрешность составляет в среднем 1 %.

Способ непрерывного измерения влажности можно использовать как для неосмоленной стружки, так и для стружки, прошедшей стадию осмоления. Он имеет хорошую чувствительность при измерениях как малых, так и больших влажностей стружки и в 1986 г. признан изобретением Госкомизобретений СССР [1].

ЛИТЕРАТУРА

[1]. А. с. 1262357 МКИ⁴ G01 № 29/02. Способ непрерывного измерения влажности древесной стружки в технологическом потоке / Ю. И. Меремьянин (СССР).— № 3856064/25—28; Заявлено 11.02.85; Оpubл. 07.10.86; Бюл. № 37 // Открытия. Изобретения.— 1986.— № 37.— С. 181. [2]. Леонов Л. В. Технологические измерения и приборы в лесной и деревообрабатывающей промышленности.— М.: Лесн. пром-сть, 1984. [3]. Тэнэесеску Ф., Крамарюк Р. Электростатика в технике.— М.: Энергия, 1980.

Поступила 8 апреля 1988 г.

УДК 674.093.24-416.05

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ЛУЩИЛЬНОГО СТАНКА С РЕГУЛИРУЕМЫМ ПРИВОДОМ

Н. А. СКУРИХИН, М. М. ТИМАШЕВ, Ю. К. ЯХОНТОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Одно из направлений автоматизации процесса лущения шпона — оснащение лущильных станков регулируемым приводом с соответствующей системой управления. Разработка требуемой системы управления возможна при известных передаточных функциях отдельных механизмов станка. Передаточные функции механизмов лущильного станка как объектов управления можно определить методами статистической динамики. Целесообразность применения этих методов обусловлена вероятностным характером процесса резания древесины при лущении, что определяется ее физико-механическими неоднородностями.

В качестве объекта управления рассматривали главный привод станка — шпиндель — чурак (входная координата — задающее напряжение $u_3(t)$, поступающее на вход тиристорного преобразователя; выходная координата — линейная скорость резания $v_p(t)$) [2].

Экспериментальная установка была построена на базе лущильного станка ЛУ17-10. В качестве датчика случайного сигнала, который подавался на вход суммирующего усилителя тиристорного преобразователя, использовали сцинтилляционный радиометр, фиксирующий естественный радиационный фон. Линейную скорость резания измеряли с помощью тахогенератора ТГ4, который приводился во вращение от боковой поверхности чурака через прижимной обрезиненный ролик.

В процессе эксперимента было установлено, что случайная функция, определяющая колебания линейной скорости резания, стационарна при длительности реализации 25 с; это потребовало разлущивания чураков диаметром 25...30 см.

Для установления необходимого шага квантования были сняты реализации процесса резания без подачи на вход случайного сигнала. Обработка их показала, что изменение шага квантования Δt в пределах 0,025; 0,05; 0,075; 0,1; 0,2 с не изменило вид корреляционных функций и дисперсий. Исходя из этого шаг квантования был выбран равным 0,2 с.

Все электрические сигналы, пропорциональные измеряемым величинам, подавались через согласующие усилители на гальванометры осциллографов К12-22 и синхронно регистрировались на фотобумаге при скорости протяжки ленты 100 мм/с.

За период экспериментальных исследований были записаны реализации при разлущивании 50 чураков.

Корреляционная функция случайного сигнала $R_m(\tau)$, подаваемого на вход объекта, была аппроксимирована аналитическим выражением [3]:

$$R_m(\tau) = D_m [A_1 e^{-\alpha_1 |\tau|} + A_2 e^{-\alpha_2 |\tau|}], \quad (1)$$

где

D_m — дисперсия случайного сигнала;

τ — интервал времени между соседними значениями случайной функции;

$A_1, A_2, \alpha_1, \alpha_2$ — коэффициенты аппроксимируемой показательной функции;

$$\alpha_1 = 0,80; \quad \alpha_2 = 0,78; \quad A_1 = 0,30;$$

$$A_2 = 0,70; \quad \sqrt{D_m} = \pm 0,56 \text{ В.}$$

Соответственно корреляционная функция выходного сигнала $R_p(\tau)$, пропорционального линейной скорости резания древесины, аппроксимирована аналитическим уравнением:

$$R_p(\tau) = D_p [A_1 e^{-\alpha_1 |\tau|} + A_2 e^{-\alpha_2 |\tau|} \cos \beta \tau]. \quad (2)$$

Здесь

D_p — дисперсия случайного сигнала;

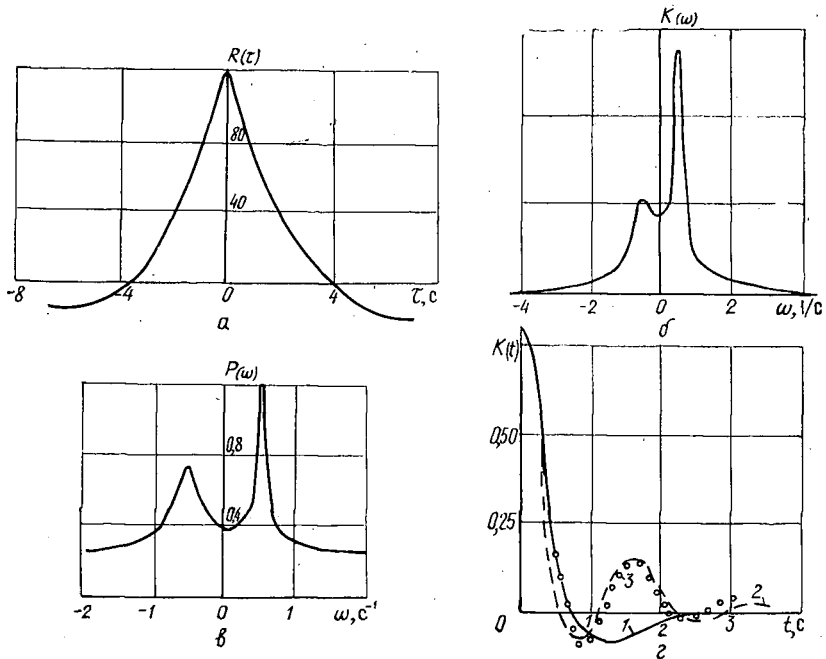
$A_1, A_2, \alpha_1, \alpha_2, \beta$ — коэффициенты аппроксимируемого выражения корреляционной функции;

$$\alpha_1 = 0,90; \quad \alpha_2 = 0,30; \quad A_1 = 0,50; \quad A_2 = 0,50;$$

$$\beta = 0,45 \text{ с}; \quad \sqrt{D_p} = \pm 198,8 \text{ мм/с.}$$

Применение преобразования Фурье к полученным корреляционным функциям позволило определить спектральные плотности входного $S_m(\omega)$ и выходного $S_p(\omega)$ сигналов:

$$S_m(\omega) = 2D_m \left(\frac{A_1 \alpha_1}{\alpha_1^2 + \omega^2} + \frac{A_2 \alpha_2}{\alpha_2^2 + \omega^2} \right); \quad (3)$$



а — взаимная корреляционная функция; б — график изменения действительной части взаимной спектральной плотности; в — вещественная частотная характеристика объекта управления; г — импульсная переходная функция объекта управления

$$S_p(\omega) = D_p \left[\frac{2A_1 a_1}{a_1^2 + \omega^2} + \frac{A_2 a_2}{a_2^2 + (\beta - \omega)^2} + \frac{A_2 a_2}{a_2^2 + (\beta + \omega)^2} \right], \quad (4)$$

где ω — частота.

Анализ графиков спектральных плотностей (см. рис.) показал, что с учетом 5% ошибки полоса частот входного сигнала лежала в пределах до 3,3 1/с, а выходного — до 2,4 1/с. Синхронная запись сигнала на входе и выходе позволила найти взаимную корреляционную функцию между входом и выходом $R_{mx}(\tau)$, которая для правой полуплоскости аппроксимирована выражением:

$$R_{mx}(\tau) = A_1 e^{-\alpha_1 |\tau|} + A_2 e^{-\alpha_2 |\tau|} \cos \beta_1 \tau, \quad (5)$$

где $A_1 = 79,9$; $A_2 = 40,0$; $\alpha_1 = 0,7$; $\alpha_2 = 0,15$; $\beta_1 = 0,5$;

для левой полуплоскости (рис. а) — равенством:

$$R_{mx}(\tau) = A_3 e^{-\alpha_3 |\tau|} + A_4 e^{-\alpha_4 |\tau|} \cos \beta_2 \tau, \quad (6)$$

где $A_3 = 94,9$; $A_4 = 25,0$; $\alpha_3 = 0,65$; $\alpha_4 = 0,05$; $\beta_2 = 0,5$.

Используя преобразования Фурье и аналитические выражения взаимных корреляционных функций, получили уравнение для действительной части взаимной спектральной плотности $S_{mx}(\omega)$:

$$S_{mx}(\omega) = \frac{A_1 a_1}{a_1^2 + \omega^2} + \frac{A_2 a_2}{2 [a_2^2 + (\beta_1 - \omega)^2]} + \frac{A_2 a_2}{2 [a_2^2 + (\beta_1 + \omega)^2]} + \\ + \frac{A_3 a_3}{a_3^2 + \omega^2} + \frac{A_4 a_4}{2 [a_4^2 + (\beta_2 - \omega)^2]} + \frac{A_4 a_4}{2 [a_4^2 + (\beta_2 + \omega)^2]}. \quad (7)$$

Меняя в выражении (7) ω от -5 до $+5$ 1/с, построили график изменения действительной части взаимной спектральной плотности (см. рис. б). В соответствии с известным соотношением: [1]

$$P(\omega) = \frac{K(\omega)}{S_m(\omega)},$$

(где $P(\omega)$ — вещественная частотная характеристика; $K(\omega)$ — частотная характеристика системы; $S_m(\omega) = \frac{0,48}{0,64 + \omega^2} + \frac{1,09}{0,61 + \omega^2}$ — нормированное выражение спектральной плотности входного сигнала), этот график послужил основой для построения графика изменения вещественной частотной характеристики $P(\omega)$ объекта управления (рис. в).

Импульсная переходная функция $K(t)$ (рис. г) и вещественная частотная характеристика объекта управления связаны между собой соотношением:

$$K(t) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} P(\omega) \cos \omega t d\omega, \quad t > 0. \quad (8)$$

Интегрируя численным методом действительную частотную характеристику объекта управления, можно найти весовую (импульсную) переходную функцию (рис. г, кривая 3). График импульсной переходной функции был аппроксимирован с различной степенью приближения следующей зависимостью (рис. г, кривые 1 и 2):

$$K(t) = 0,86 e^{-1,8t} \cos 2t; \quad (9)$$

более точно

$$K(t) = 0,38 e^{-1,1t} + 0,48 e^{-0,9t} \cos 3,9t. \quad (10)$$

Применение преобразования Лапласа к импульсной переходной функции позволило получить передаточную функцию исследуемого объекта $W(p)$, которая в общем случае с различной степенью приближения выражается следующими соотношениями:

$$W(p) = \frac{v_p}{u_3} = \frac{K_0(T_0 p + 1)}{T_2^2 p^2 + T_1 p + 1}, \quad (11)$$

где $K_0 = 0,214$; $T_0 = 0,56$ с;

$$T_2^2 = 0,14 \text{ с}^2; \quad T_1 = 0,50 \text{ с}$$

или

$$W(p) = \frac{v_p}{u_3} = \frac{K_1}{T_3 p + 1} + \frac{K_2(T_4 p + 1)}{T_2^2 p^2 + T_1 p + 1}. \quad (12)$$

Здесь $K_1 = 0,345$; $K_2 = 0,027$; $T_4 = 1,11$ с;

$$T_3 = 0,91 \text{ с}; \quad T_2^2 = 0,062 \text{ с}^2; \quad T_1 = 0,112 \text{ с}.$$

В формулах (11), (12) обозначено:

K_0, K_1, K_2 — коэффициенты передачи;

T_0, T_1, T_2, T_3 — постоянные времени.

На основе полученной передаточной функции одного из важных механизмов лущильного станка можно проводить синтез систем автоматического управления процессом лущения, удовлетворяющего требуемым показателям.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Астапов Ю. М., Медведев В. С. Статистическая теория систем автоматического регулирования и управления. — М.: Наука, 1982. [2]. Исследования и мо-

делирование процесса лущения шпона, анализ структурных и функциональных схем: Отчет о НИР / ЛТА; Руководитель Ю. К. Яхонтов.— Л., 1984. [3]. Свешников А. А. Прикладные методы теории случайных функций.— М.: Наука, 1968.

Поступила 26 октября 1987 г.

УДК 630*812.7

ВЛИЯНИЕ ЦИКЛИЧЕСКОГО ИЗМЕНЕНИЯ ВЛАЖНОСТНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ НА ПРОЦЕСС НАКОПЛЕНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ В ДРЕВЕСИНЕ КЛЕЕНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Ю. М. ИВАНОВ, Ю. Ю. СЛАВИК, А. К. ЦВЕТКОВ

ЦНИИСК

Отмечаемое за последнее время расслаивание ряда клееных конструкций зданий происходит как в прямолинейных элементах — балках, рамах, — так и в арках по истечении различных сроков после их изготовления и обычно не совпадает с наиболее напряженными участками в момент действия на конструкцию наибольшей нагрузки. Поверхность расслоения зачастую носит следы фенольной смолы. В слоях элементов (между клеевыми прослойками) наблюдаются также трещины в древесине, которые не нарушают монолитности элементов с целыми клеевыми швами. Как показывает анализ проведенных натуральных обследований, расслаивание конструкций не связано с действием на них нагрузки. Поэтому к обуславливающим его основным факторам относятся, по-видимому, циклические изменения влажностных деформаций и соответствующие напряжения, перпендикулярные плоскости склеивания, которым подвергаются такие конструкции в условиях их монтажа и эксплуатации.

В связи с этим возникает вопрос: где раньше появляется зачаточная трещина, инициирующая расслаивание — в клеевой прослойке или в древесине, учитывая, что появление трещины разгружает соседние (в направлении поперечного растяжения) участки клееного элемента и одновременно сопровождается возникновением в ее вершине концентратора напряжений. Исследование причин указанного явления целесообразно осуществить, по-видимому, в два этапа: 1) рассмотреть обстоятельства, обуславливающие появление трещины при циклических изменениях влажностных деформаций; 2) выяснить условия, способствующие распространению появившейся первичной трещины и расслаиванию клееной конструкции.

В данной статье исследуем первый этап.

Из-за значительной пористости древесины и весьма развитой поверхности контакта ее с жидким клеем разрушение клевого соединения древесины (в отличие от плотных материалов) не имеет чисто адгезионного характера. Неориентированное (изотропное) вещество клеевой прослойки одинаково сопротивляется напряжениям в разных направлениях, тогда как древесина анизотропна, и ее сопротивление растяжению поперек волокон составляет лишь малую долю сопротивления вдоль волокон со значительно более коротким временем до разрушения [3]. Имея это в виду, сравним длительную прочность древесины при растяжении поперек волокон [3] с длительной когезионной прочностью клеевой прослойки сначала при постоянных температуре и влажности. У полимеров, в том числе неориентированных (как резит-отвердевший фенольный клей), при различных видах напряженного состояния не меняются кинетические параметры U_0 и τ_0 в выражении величины отрезка $\lg A$, отсекаемого прямой $\lg t(\sigma)$ длительной прочности на оси $\lg t$:

$$\lg A = \frac{U_0}{2,3RT} + \lg \tau_0, \quad (1)$$

где U_0 — энергия активации процесса разрушения, кДж/моль;
 τ_0 — период тепловых колебаний атомов, с;
 R — газовая постоянная, кДж/(моль · град);
 T — температура, К.

Величину $\lg A$, характеризующую длительную прочность клеевой прослойки, можно определить применительно к различным видам напряжений, действию которых она подвергается в швах элементов конструкций, из испытаний на длительное растяжение. Испытания пленок отвердевшего клея КБ-3, проведенные в ЦНИИСКе, показали более высокую длительную прочность клеевой прослойки сравнительно с древесиной при растяжении поперек волокон [4]. Для отвердевшего клея величина отрезка $\lg A \approx 17$, т. е. то же, что при растяжении древесины вдоль волокон (рис. 1), тогда как при поперечном растяжении $\lg A \approx 10$ [4]. Отсюда значительная разница во времени до разрушения под действием растягивающих напряжений поперек волокон древесины t_d и отвердевшей клеевой прослойки $t_{кл}$ (рис. 1), т. е. неравенство $t_d < t_{кл}$ указывает на более раннее появление зародыша трещины в древесине. Рассмотрим, как влияют на это соотношение переменные температурно-влажностные воздействия разной интенсивности и повторности, которым подвергаются клееные конструкции в реальных условиях монтажа и эксплуатации.

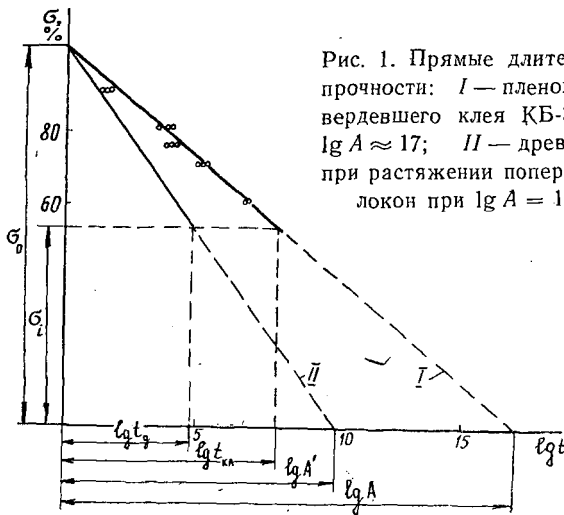


Рис. 1. Прямые длительной прочности: I — пленок отвердевшего клея КБ-3 при $\lg A \approx 17$; II — древесины при растяжении поперек волокон при $\lg A = 10,2$

Для исследования этого вопроса были проведены лабораторные эксперименты, позволившие варьировать как амплитуду и частоту изменений влажностного состояния древесины, так и уровень начальных напряжений. Методика этих опытов описана в работе [7]. Переменным влажностным воздействиям подвергали образцы древесины сосны, вырезанные поперек волокон из боковых частей (на глубину 10 мм) клееного пакета (клей КБ-3). Степень стеснения влажностных деформаций древесины в наружных зонах клееного пакета была оценена моделированием [7] и воспроизведена закреплением образца одним концом к упругой стальной пластинке разной толщины шириной 15 мм, пролетом $l = 90$ мм, а другим — к жесткой рамке, на которой находились опоры пластинки. Измерение прогиба последней относительно рамки давало значение деформации образца (равной его влажностной деформации за вычетом деформаций от силовой реакции пластинки при данном прогибе) после влажностных воздействий в каждом цикле испытаний.

Было испытано на точку по 10 образцов длиной между зажимами $L = 120$ мм при рабочей части сечением 10×10 мм с переходными выкружками к более широким концам. Применяли два режима влажностной обработки: I — продувка воздухом для

увлажнения до $\omega = 24\%$ в течение 8 ч при 20°C с $\varphi = 96\%$ и для сушки до $\omega = 8\%$ в течение 48 ч при той же температуре с $\varphi = 45\%$; II — погружение в воду ($\omega = 30\%$) при 20°C на 30 мин, сушка до $\omega = 5\%$ при 50°C продувкой воздуха с $\varphi = 20\%$ в течение 60 мин. Испытания с приложением циклических влажностных воздействий продолжали до разрушения образцов, которое происходило, как правило, по древесине.

Принятые жесткие условия, соответствующие ускоренным испытаниям, имели целью сделать более заметными их эффект при ограниченном числе циклов. Действительно, на типичных диаграммах испытаний (рис. 2) как при толщине пластинки $h = 0,5$, так и $h = 1,0$ мм обнаруживается отчетливое смещение оси симметрии синусоидальной диаграммы в сторону растягивающего напряжения (т. е. вниз на рис. 2),

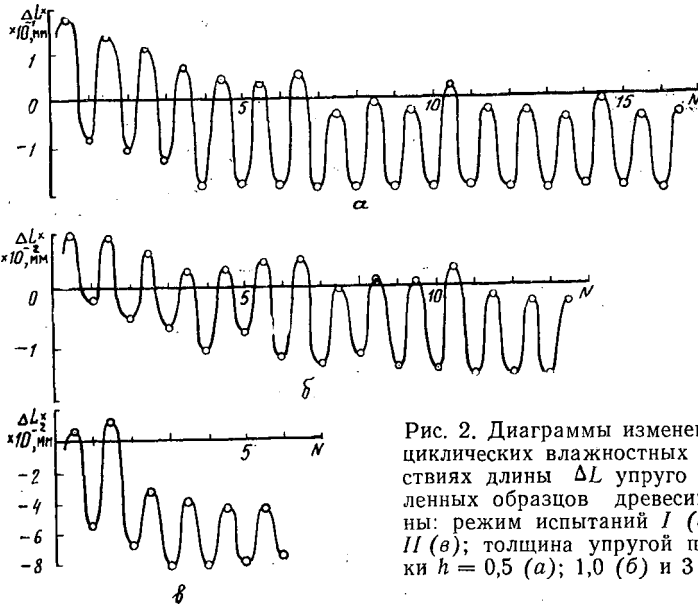


Рис. 2. Диаграммы изменений при циклических влажностных воздействиях длины ΔL упруго закрепленных образцов древесины сосны: режим испытаний I (а, б) и II (в); толщина упругой пластинки $h = 0,5$ (а); $1,0$ (б) и 3 мм (в)

температуры с циклами постепенно уменьшается. Ещё заметнее это явление при II режиме (рис. 2, в). Если бы здесь имели место усталостные явления, то они вызвали бы (вследствие затухания влажностных деформаций) некоторое уменьшение амплитуды напряжений (поскольку в отличие от обычных испытаний на усталость здесь напряжения не контролируются, а задаются влажностными деформациями и соответствующим им модулем), но никак не смещение оси симметрии диаграммы.

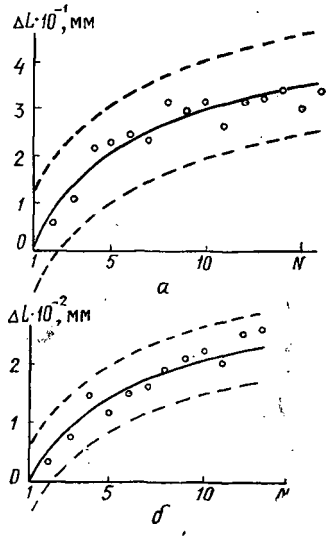
Рассмотрим подробнее влажностные деформации испытываемых образцов. Напряжения в данных опытах определяются прогибом упругой пластинки; а он обусловлен влажностной деформацией образца (за вычетом его силовой деформации от вызванного прогибом пластинки напряжения). Если от цикла к циклу возникает какое-либо изменение длины образца ΔL , равное изменению влажностной деформации, то разность абсолютных прогибов f при увлажнении и высушивании в этих циклах

$$|f_i^- - f_i^+| + |f_i^+ - f_i^-| = |\Delta f_i^-| + |\Delta f_i^+| = \Delta L \quad (2)$$

покажет это изменение, причем в него не войдет влияние силовых деформаций: последние сокращаются при определении разностей прогибов (если пренебречь изменениями напряжений от цикла к циклу).

Отчетливо обнаруживаемое укорочение образцов (рис. 3), т. е. увеличение их усадки, соответствует на диаграммах (рис. 2) уменьше-

Рис. 3. Зависимости укорочения ΔL образца от N при режиме испытания I для толщин упругой пластинки $h = 0,5$ (а) и $1,0$ мм (б); пунктиром показаны доверительные интервалы ΔL



рию приращения деформации разбухания и возрастанию приращения деформации усушки. Более быстрый рост ΔL приходится на начальные циклы влажностных воздействий с постепенным уменьшением их эффекта при тенденции к затуханию. Накапливаясь от цикла к циклу, ΔL достигает достоверного значения уже после нескольких циклов испытаний при I режиме (см. табл.).

Доверительный интервал отклонений Δ от средней кривой $y = 3,216 \lg N$ при $h = 1$ мм (режим I)

№ п/п.	ΔL $0,645 \cdot 10^{-2}$, мм	y	$+\Delta$	$-\Delta$	Δ^2	Доверительный интервал
1	0	0	0	0	0	$\sigma = \pm \sqrt{\frac{1,081}{11}} =$ $= \pm 0,314;$ $\Delta L = 3,216 \lg N \pm 0,942$ или в масштабе рис. 3, б: $\Delta L = (3,216 \lg N \pm$ $\pm 0,942) 1,55 \cdot 10^{-2}$ мм
2	0,60	0,937	0,367	—	0,134	
3	1,25	1,534	0,284	—	0,081	
4	2,30	1,935	—	0,365	0,133	
5	1,80	2,244	0,444	—	0,197	
6	2,35	2,500	0,150	—	0,022	
7	2,50	2,715	0,215	—	0,046	
8	3,00	2,900	—	0,100	0,010	
9	3,25	3,060	—	0,190	0,036	
10	3,40	3,216	—	0,184	0,034	
11	3,15	3,340	0,190	—	0,036	
12	3,90	3,480	—	0,420	0,176	
13	4,00	3,580	—	0,420	0,176	
			1,650	1,679	1,081	

Итак, циклические колебания влажностных деформаций в стесненных условиях при действии внутренних напряжений вызывают накопление усадочных явлений в древесине с последующим ее разрушением вследствие постепенного ослабления материала. Циклическое увлажнение и высушивание древесины в свободном состоянии, как известно, не вызывают усадки, т. е. число разрываемых увлажнением физических связей соответствует числу блокирующихся при высушивании. При стесненном же набухании, как показали проведенные в жестких условиях эксперименты, указанное равновесие нарушается: в каждом цикле часть связей, заблокированных высушиванием, остается неразорванной при увлажнении, что ведет к постепенному накоплению избыточных (против свободного состояния) связей с сопровождающим его ростом усадки.

На это указывает и падение с числом циклов давления набухания [1], определяемого числом разрывающихся при увлажнении связей. Из последних некоторая доля остается неразорванной от цикла к циклу, т. е. скорость роста числа заблокированных связей $dy/dN = 1/N$, откуда

$$y = a \lg N, \quad (3)$$

где N — число циклов;
 a — постоянная.

Усадку ΔL в первом приближении можно принять линейно связанной с концентрацией избыточных физических связей; на рис. 3 сплошной линией показаны прямые по уравнению (3), кружками — экспериментальные точки $y \approx \Delta L$.

Следовательно, явление усадки древесины при описанных циклических воздействиях есть внешнее проявление процесса увеличения концентрации избыточных физических связей. Каков может быть механизм происходящего при этом ослабления материала? Обратимся к имеющимся данным для других полимеров. В работе [6] проводили сшивание полиметилметакрилата. Установлено, что с увеличением густоты сетки связей сшивания полимера возрастает уровень локальных перенапряжений связей, ответственных за прочность, которая снижается. Следовательно, сшивание ухудшает молекулярную подвижность полимера, повышает неравномерность напряжений его связей, ответственных за прочность, что и приводит к сокращению времени до разрушения. Описанный эффект ухудшения подвижности полимера на его прочность наблюдался и в древесине при сшивании ее лигноуглеводной матрицы [5]; результатом было уменьшение подвижности основного высокоориентированного компонента древесины — природной целлюлозы — и снижение прочности сшитой древесины на растяжение [2]. Этими данными подтверждается предположение [1] о встречном процессе ослабления материала в условиях стесненных циклических влажностных деформаций и увеличения усадки древесины.

Таким образом, более короткое, чем у клеевой прослойки, время до разрушения древесины при действии в ней внутренних растягивающих напряжений поперек волокон еще более сокращается при циклических переменных воздействиях, отвердевшая же клеевая прослойка при ее низкой гигроскопичности не снижает своей длительной прочности. Следствие этого — более раннее появление трещин в древесине, к тому же разгружающих клеевую прослойку. При качественных клеевых прослойках трещины должны появляться только в древесине клееных элементов между их клеевыми швами.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Иванов Ю. М. Стесненное набухание древесины при циклическом изменении влажности // Лесн. журн.— 1983.— № 5.— С. 78—81. (Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Иванов Ю. М. О влиянии лигноуглеводной матрицы на прочностные свойства древесины // Химия древесины.— 1983.— № 6.— С. 102—104. [3]. Иванов Ю. М., Славик Ю. Ю. Длительная прочность древесины на растяжение поперек волокон // Строительство и архитектура.— 1986.— № 10.— С. 22—26. [4]. Иванов Ю. М., Славик Ю. Ю. К методике прогнозирования длительной прочности соединений древесины на фенольных клеях // Лесн. журн.— 1987.— № 4.— С. 66—71. (Изв. высш. учеб. заведений). [5]. Лиелпньш М. Г., Эриньш П. П., Веверис А. Г. Сшивание березовой древесины хлорангидридом глутаровой кислоты // Химия древесины.— 1978.— № 6.— С. 19—27. [6]. Пичугина С. В., Разинская И. Н., Слущер А. И. Особенности кинетики разрушения сшитого полиметилметакрилата // Высокомолекулярные соединения.— 1978.— Т. Б 20, № 3.— С. 171—176. [7]. Цветков А. К. Исследование влияния температурно-влажностных воздействий на изменение внутренних напряжений в клееных деревянных конструкциях: Дис... канд. техн. наук.— М., 1977.— 168 с.

Поступила 1 марта 1988 г.

УДК 630*812.7

**ОБ УЧЕТЕ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ
ПРИ НОРМИРОВАНИИ РАСЧЕТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
КОНСТРУКЦИОННЫХ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ**

Е. Б. РЮМИНА, Г. Б. УСПЕНСКАЯ
ЦНИИМОД

Основная характеристика прочности древесины — расчетное сопротивление, при нормировании которого исходят из данных кратковременных испытаний пиломатериалов. Изменение прочности древесины при переходе от кратковременных стандартных испытаний к режиму нагружения в условиях эксплуатации учитывают введением коэффициента $m_{дл}$, зависящего от характера и длительности нагружения. Он определяется по результатам испытаний малых чистых образцов в эксплуатационных условиях с температурой не выше 35 °С и относительной влажностью воздуха не более 75 %.

При отклонении от нормальных температурно-влажностных условий вводят предусмотренные нормами коэффициенты условий работы, вычисленные по результатам кратковременных испытаний на прочность малых чистых образцов древесины. Поскольку прочность материала — величина случайная, то нормативные и расчетные сопротивления задают с некоторой обеспеченностью, равной соответственно 0,95 и 0,99, что определяет необходимость оценки прочности крайних, наиболее слабых образцов выборки, а не их средних значений, как принято в настоящее время.

Для оценки правомерности существующего подхода к нормированию расчетных характеристик конструкционных пиломатериалов выполнен статистический анализ результатов испытаний малых чистых образцов древесины сосны и пиломатериалов, полученных рядом авторов [1—9], при различных видах напряженного состояния и температурно-влажностных условий.

Т а б л и ц а 1

Вид напряженного состояния	Влажность W , %	Критерий Стьюдента* для аппроксимирующей функции		
		нормальной	логнормальной	Вейбулла
Изгиб	8,0 ... 12,0	1,010	0,609	1,741
	12,1 ... 15,0	0,729	0,429	1,610
	15,1 ... 17,9	0,548	0,317	1,198
	18,0 ... 21,0	0,603	1,809	1,026
	21,4 ... 30,0	0,304	0,364	0,370
Сжатие	4,0 ... 6,0	0,408	0,397	0,633
	6,4 ... 10,0	1,009	0,549	1,229
	10,4 ... 13,0	1,048	0,589	2,045
	13,4 ... 16,0	0,691	0,464	1,494
	16,6 ... 19,0	0,382	0,484	0,668
Растяжение	19,5 ... 24,7	0,383	0,545	0,40
	8,0	0,718	0,602	1,232
	16,0	0,824	1,092	0,542

* Критерий Стьюдента $t_{кр} = 1,96$.

Так как в оценке обеспеченности нормируемых характеристик прочности определяющую роль играет обоснованный выбор вида функции распределения, то для аппроксимации экспериментальных данных, наряду с традиционным нормальным законом распределения, использовали логарифмически нормальный закон и распределение Вейбулла. Данные по выбору типа аппроксимирующей функции для выборок малых чистых образцов древесины, отличающихся влажностью, представлены в табл. 1.

Из табл. 1 следует, что, независимо от вида напряженного состояния, распределения прочности сухих образцов древесины несколько теснее соответствуют логарифмически нормальному, влажных образцов — нормальному законам. Поэтому при формировании расчетных характеристик не всегда обосновано применение нормального закона, который, как свидетельствуют приведенные в табл. 2 статистические показатели прочности анализируемых выборок образцов, предпола-

Таблица 2

Автор	Влажность W, %	Статистики*		Нормативы прочности с обеспеченностью 0,95/0,99 в соответствии с законом	
		M	v	нормальным	логнормальным
Изгиб					
[5]	8 ... 12	97,1	15,5	722/61,9	75,9/68,8
	12 ... 15	82,6	18,3	63,6/55,7	68,6/59,8
	15 ... 17	74,6	15,5	55,6/47,6	57,6/51,9
	18 ... 21	72,0	18,4	50,2/41,2	53,1/47,0
	21 ... 30	62,0	9,8	52,2/48,1	52,8/49,4
[7]	14	76,6	21,0	50,0/39,1	54,1/46,7
	30	49,9	9,0	42,5/39,4	42,7/40,7
	111	43,4	9,2	36,8/34,0	37,2/35,2
[2]	9	92,6	8,1	80,2/75,1	80,9/77,2
	18	66,2	6,0	59,6/56,9	60,0/58,0
	22	57,4	6,1	51,6/49,2	51,9/50,2
	33 ... 51	53,3	7,9	46,3/43,5	46,7/44,7
Сжатие					
[5]	4 ... 6	71,5	10,7	58,9/53,5	59,8/55,6
	6 ... 10	59,7	22,1	37,9/28,9	42,1/36,6
	10 ... 13	49,8	18,5	34,6/28,4	36,5/32,3
	13 ... 16	40,3	13,1	31,6/28,0	32,4/29,7
	16 ... 19	33,7	19,3	23,0/18,6	23,9/20,9
	19 ... 25	29,3	14,3	22,4/19,5	22,7/20,6
[3]	5	55,2	14,0	42,8/37,5	44,0/40,3
	11	42,1	15,5	31,3/26,9	32,5/29,4
	17	35,7	14,4	27,2/23,7	28,0/25,6
	23	29,2	11,4	23,7/23,7	24,1/22,4
[2]	10	43,4	13,0	34,1/30,2	34,9/31,3
	20	27,8	9,4	23,5/21,7	28,7/22,4
	27	22,0	8,8	18,8/17,5	19,8/18,0
	88 ... 177	21,1	3,8	19,8/18,2	19,9/19,6
Растяжение					
[7]	10	86,7	18,6	60,1/49,1	63,8/56,3
	23	76,8	10,2	63,8/58,4	64,5/60,6
	158	63,3	12,9	49,8/44,3	50,9/47,1
[5]	8	141,1	11,5	114,3/103,2	116,8/108,1
	16	126,4	12,9	99,6/88,4	99,0/89,9

* Статистики: M — среднее арифметическое, МПа; v — коэффициент вариации.

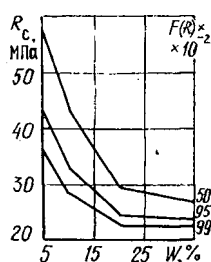


Рис. 1. Зависимость прочности малых чистых образцов древесины сосны R_c с заданной обеспеченностью при сжатии $F(R)$ от влажности W

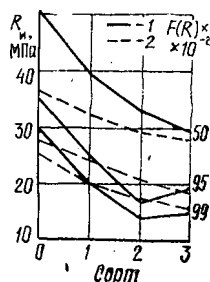


Рис. 2. Зависимость прочности пиломатериалов $R_{и}$ с заданной обеспеченностью от сорта: 1 — сухая древесина; 2 — влажная

гает некоторый запас прочности. Наибольшие величины прочности при всех видах напряженного состояния обеспечиваются аппроксимацией эмпирических данных логарифмически нормальным законом распределения.

Графическая интерпретация зависимости расчетных характеристик прочности древесины от влажности приведена на рис. 1.

Кривые на рис. 1 представляют собой линии равных обеспеченностей прочности. Степень влияния влажности на показатели прочности зависит от уровня их обеспеченности. Поэтому при учете влажностных условий эксплуатации следует исходить из прочности с заданной обеспеченностью, принятой для расчетных сопротивлений древесины.

Отмеченные особенности влияния влажности на прочность древесины малых чистых образцов не в полной мере соблюдаются в пиломатериалах. Анализ результатов [6] показал, что при выборе типа распределения кратковременной прочности пиломатериалов следует учитывать не только их влажность, но и сорт. Согласно критерию Стьюдента, значения которого приведены в табл. 3, распределения прочности сухих пиломатериалов, независимо от сорта, наиболее точно аппроксимируются логарифмически нормальным законом. С повышением влажности для высших сортов пиломатериалов, как и древесины

Таблица 3

Влажность $W, \%$	Сорт пиломатериалов	Критерий Стьюдента $t_{кр}^*$ для аппроксимирующей функции		
		нормальной	логнормальной	Вейбулла
8...15	0	0,939	0,580	1,087
	1	0,362	0,269	0,403
	2	1,006	0,502	1,007
	3	0,292	0,186	0,360
	0+1+2+3	0,678	0,721	0,713
30	0	0,260	0,460	0,241
	1	0,944	0,659	1,215
	2	0,379	0,763	0,526
	3	0,669	0,295	1,067
	0+1+2+3	0,482	0,580	1,441

* Критерий Стьюдента $t_{кр} = 1,94$.

малых чистых образцов, наиболее приемлем нормальный, для низших — логарифмически нормальный закон распределения.

Из рис. 2, где представлена зависимость прочности конструкционных пиломатериалов от сорта, следует, что с возрастанием обеспеченности показателей прочности и повышением сорта различие прочности сухих ($W = 15\%$) и влажных ($W = 30\%$) пиломатериалов становится незначимым, оставаясь существенным только для отборного сорта. Поэтому к расчетным сопротивлениям конструкционных пиломатериалов не нужно вводить поправку, учитывающую влажностные условия эксплуатации.

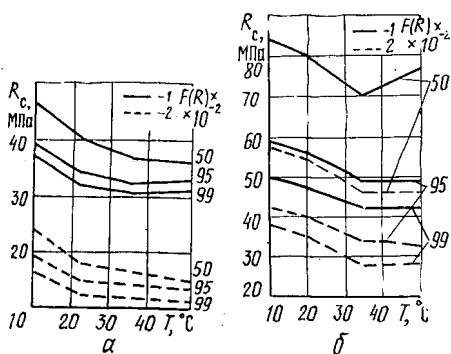


Рис. 3. Зависимость предела прочности древесины сосны R_c с заданной обеспеченностью $F(R)$ от температуры T при сжатии (а), при скальвании (б): 1 — сухая древесина; 2 — влажная

В реальных конструкциях любое изменение влажности связано с изменением температуры и их влияние на прочностные характеристики следует учитывать в комплексе. В СНиП II-25—80 влияние температуры в интервале от $+35$ до $+50$ °С на показатели прочности древесины учитывают понижающим коэффициентом m_t , который, независимо от влажностных условий, равен 0,8. Однако анализ экспериментальных данных [1] (рис. 3) свидетельствует о том, что для сухой древесины малых чистых образцов влияние температуры в указанных пределах незначимо и не оправдано введение поправочного коэффициента к прочности при температуре, отличной от нормальной. Что касается древесины повышенной влажности, то имеющиеся данные противоречивы и не позволяют сделать достоверный вывод.

Выявленные особенности влияния условий эксплуатации на характеристики кратковременной прочности древесины нельзя признать достаточными для формирования расчетных сопротивлений, поскольку они не характеризуют проявляющиеся во времени процессы релаксации и ползучести, которые играют существенную роль в обеспечении надежности деревянных конструкций. Участие условий эксплуатации в реологических процессах должно проследиваться при анализе зависимости прочности древесины от температуры и влажности при различных скоростях нагружения. Это объясняется тем, что чем быстрее возбуждаются напряжения, тем в меньшей степени у высокополимерного материала проявляются реологические свойства. Анализ имеющихся данных испытаний на прочность при изгибе малых чистых образцов [7] в диапазоне влажности от 12 до 32% при двух скоростях нагружения (рис. 4) не выявил каких-либо закономерностей, хотя некоторые тенденции к уменьшению влияния влажности с ростом скорости нагружения наблюдаются. В пиломатериалах, согласно данным работ [8, 9], влияние влажности на реологические процессы существенно. В соответствии с рис. 5 достоверно различие прочности при изгибе сухих и сырых пиломатериалов 2-го сорта для стандартных скоростей нагружения. С ростом длительности испытаний, т. е. с уменьшением

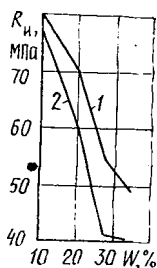


Рис. 4. Зависимость прочности пиломатериалов R_n от влажности W при разных скоростях нагружения: 1 — 16,9; 2 — 0,1 МПа/мин

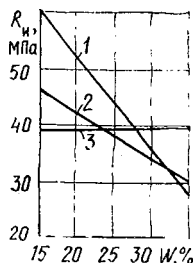


Рис. 5. Зависимость прочности пиломатериалов R_n с обеспеченностью 0,99 от влажности W при различных скоростях нагружения: 1 — $2,1 \cdot 10^2$; 2 — $2,1 \cdot 10$; 3 — 0,21 МПа/мин

скорости нагружения, прочность пиломатериалов с заданной обеспеченностью (0,95 и 0,99) утрачивает указанную зависимость. Эти данные подвергают сомнению необходимость введения поправки на влажность к расчетным сопротивлениям пиломатериалов.

Выполненный анализ показал недостаточность имеющихся данных для оценки общих закономерностей связи прочности пиломатериалов с присущими пороками во времени с учетом температурно-влажностных условий эксплуатации в реальных конструкциях, что является необходимым условием для нормирования расчетных характеристик прочности конструкционного материала.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Болденков Р. П. Пересчет показателей механических свойств древесины к стандартной температуре.— М.: ЦНИИМОД, 1957.— 39 с. [2]. Мартинец Д. В. Влияние влажности на прочность древесины // Тр. МИСИ, 1958.— Вып. 13. [3]. Поправочные коэффициенты для проведения результатов испытания древесины на ударную твердость по методу Певцова и сжатие вдоль волокон к 15 % влажности: Отчет о НИР; Руководитель А. Х. Певцов.— № Т-256.— 1935.— 6 с. [4]. Разработка методов испытаний древесины во влажном состоянии: Отчет о НИР; Руководитель Н. Л. Леонтьев.— № 39.— Химки, 1958.— 72 с. [5]. Савков Е. И. Исследование физико-механических свойств древесины сосны // Тр. ЦАГИ, 1930.— Вып. 62.— 68 с. [6]. Савков Е. И. Прочность пиломатериалов.— М.: Гослесбумиздат, 1962.— 87 с. [7]. Янушевич Л. В. Влияние влажности на физико-механические свойства древесины лиственницы, сосны и дуба.— М.: Стройиздат, 1940.— 71 с. [8]. Madsen B. Duration of load tests for dry lumber in bending // Forest Products Journal.— 1973.— Vol. 23, n. 2.— P. 21—28. [9]. Madsen B. Duration of load tests for wet lumber in bending // Forest Products Journal.— 1975.— Vol. 25, n. 2.— P. 33—40.

Поступила 12 июня 1987 г.

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 676.2 : 54.148

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА БУМАГИ,
ПРОКЛЕЕННОЙ КАТИОННОЙ ПАРАФИНОВОЙ ДИСПЕРСИЕЙ
И ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТАМИ

П. Ф. ВАЛЕНДО

Белорусский технологический институт

Исследования, проведенные в Белорусском технологическом институте [2, 3], показали, что катионные водорастворимые полиэлектролиты позволяют провести процесс проклейки в массе анионными гидрофобизирующими дисперсиями в нейтрально-щелочной среде.

В табл. 1 приведены показатели качества опытных образцов бумаги, изготовленной из сульфатной небеленой целлюлозы массой 100 г/м² (степень помола 36 °ШР). Проклейку опытной бумаги проводили в массе катионными дисперсиями (стабилизатор — алкилтриметиламмонийхлорид — с массовым содержанием 1 % от абс. сухого парафина) в нейтрально-щелочной среде.

Таблица 1

Влияние добавок катионной парафиновой дисперсии на физико-механические показатели опытной бумаги

Мас- совый расход дис- персии, %	Впитывае- мость при одно- стороннем смачи- вании, г/м ²	Про- клейка по штри- ховому мето- ду, мм	Раз- рыв- ная длина, м	Сопротив- ление излому, число двойных пере- гибов
0,5	146,5	0,75	8 800	462
1	131,5	1,25	8 090	429
2	64,5	2,0	8 480	313
3	55,0	2,0	7 880	379
4	50,2	2,0	6 840	405
5	47,5	2,0	7 900	400

Из данных табл. 1 следует, что при возрастании массового расхода дисперсии снижается показатель впитываемости при одностороннем смачивании и при расходе 5 %* составляет 47 г/м². Проклейка опытной бумаги по штриховому методу при массовом расходе дисперсии 2 % достигает 2 мм.

Полученные результаты свидетельствуют о непосредственной гетероадагуляции частиц парафиновой дисперсии в волокнистой массе. Прочностные показатели бумаги — разрывная длина и сопротивление излому — снижаются из-за отрицательного воздействия частиц парафиновой дисперсии, как и других гидрофобных добавок, на межволоконные силы связи в бумаге [4].

Было изучено влияние катионных химических добавок меламина-формальдегидной смолы (МлФС), полиаминоэпихлоргидринного водорастворимого полиэлектролита (ПЭВП) и полиэтиленimina (ПЭИ) на

* Здесь и далее — в процентах от абс. сухого волокна.

Таблица 2

Влияние катионных химических добавок на показатели качества опытной бумаги

Массовый расход химических добавок, %	Впитываемость при одностороннем смачивании, г/м ²	Проклейка по штриховому методу, мм	Разрывная длина, м	Сопротивление излому, число двойных перегибов
Меламиноформальдегидная смола (МлФС)				
0	131,5	1,25	8 090	429
0,25	73,5	2,0	8 200	980
0,50	79,0	2,0	10 230	871
1	55,5	2,0	9 150	894
2	43,0	2,0	8 690	719
3	42,0	2,0	8 990	1 071
Полиаминоэпихлоргидринная смола (ПЭВП)				
0,25	52,0	2,0	9 510	1 159
0,50	70,5	2,0	9 210	827
1	71,5	2,0	9 320	932
2	81,0	2,0	9 100	1 189
3	84,0	2,0	9 570	1 178
Полиэтиленимин (ПЭИ)				
0,25	53,0	2,0	9 000	1 479
0,50	44,5	2,0	9 620	1 265
1	45,0	2,0	8 820	584
2	54,0	2,0	9 950	754

показатели качества опытной бумаги при постоянном массовом расходе катионной парафиновой дисперсии 1 % для ее проклейки (табл. 2).

Из данных табл. 2 следует, что совмещенная проклейка дисперсиями и полиэлектролитами позволяет при расходах МлФС — 2 %, ПЭВП и ПЭИ — 0,25 % снизить показатель впитываемости при одностороннем смачивании до величин, соответствующих расходу катионной дисперсии 5...6 % (см. табл. 1).

Полученные результаты согласуются с данными исследований об эффективном влиянии полимерных катионных добавок на степень удержания парафиновой дисперсии целлюлозной массой [1]. Существенно, что при проклейке бумаги парафиновой дисперсией с небольшими добавками катионных полиэлектролитов (0,25 %) улучшаются прочностные показатели бумаги — разрывная длина и сопротивление излому. При повышенных добавках МлФС, ПЭВП и ПЭИ это влияние сказывается в меньшей степени.

В табл. 3 показано влияние природы волокнистого полуфабриката на показатели качества опытной бумаги, проклеенной в массе ка-

Таблица 3

Волокнистые полуфабрикаты	Впитываемость при одностороннем смачивании, г/м ²	Проклейка по штриховому методу, мм	Разрывная длина, м	Сопротивление излому, число двойных перегибов
Сульфатная небелёная целлюлоза	51	2,0	7 330	457
Сульфитная белёная целлюлоза	51	2,0	3 930	7
Сульфатная листовая целлюлоза	54	1,25	5 180	18
Сульфитная небелёная целлюлоза	101	1,0	5 510	40

тионной парафиновой дисперсией (с массовым содержанием 3 %). Из данных табл. 3 следует, что сульфатная небеленая и сульфитная беленая целлюлозы успешно проклеиваются катионной дисперсией в нейтрально-щелочной среде. Для сульфитной небеленой целлюлозы отмечен высокий показатель впитываемости при одностороннем смачивании, что вызвано присутствием в ней лигносульфонатов и ее низкой адсорбционной активностью по отношению к проклеивающим веществам.

Следовательно, катионные водорастворимые полиэлектролиты обладают способностью активизировать процесс гетероадагуляции дисперсных проклеивающих частиц в волокнистой массе. Добавки катионных полиэлектролитов позволяют получить бумагу с высоким содержанием гидрофобизирующих веществ без снижения ее прочностных показателей.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Валендо П. Ф. Исследование факторов процесса удержания катионной парафиновой дисперсии бумажной массой // Лесн. журн.— 1988.— № 5.— С. 88—91.— (Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Валендо П. Ф., Осипов А. В. Использование высокомолекулярного полиэтиленполиамиона в процессе подготовки бумажной массы // Лесн. журн.— 1985.— № 5.— С. 92—94.— (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Валендо П. Ф., Осипов А. В. Оптимизация проклеивающего состава для влагопрочной бумаги // Химия и технология бумаги: Межвуз. сб. науч. тр.— Л.: ЛТА, 1984.— С. 77—82. [4]. Фляте Д. М. Свойства бумаги.— М.: Лесн. пром-сть, 1986.— 77 с.

Поступила 25 мая 1987 г.

УДК 66.047.31 : 630*866

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕПЛОБМЕНА ПРИ СУШКЕ ДУБИЛЬНОГО ЭКСТРАКТА

В. М. РУСИНОВ, Б. Д. ЛЕВИН

Сибирский технологический институт

Одно из узких мест производства дубильного экстракта — его обезвоживание. Выпускаемый в виде глыб экстракт при влажности выше 20 % в теплое время года размягчается, при хранении и транспортировке выдавливается из мешков и сливается в общую массу. Значительная часть упаковочной бумаги пристает к экстракту, загрязняя дубильные растворы на кожевенных заводах, что влечет за собой значительные потери танинов. В случае обезвоживания раствора экстракта в распылительной сушилке качество продукта значительно выше, однако процесс протекает во взрыво-пожароопасных условиях, потери также велики [5].

Продукт можно получить в виде крошки при использовании сушилки, в которой материал, нанесенный на бесконечную металлическую обогреваемую с другой стороны ленту, приобретает от нее тепло за счет теплопроводности. При этом возникает возможность увеличения теплового потока путем обдува горячим газом открытой поверхности сушимого материала. В литературе имеются сведения о целесообразности такого теплоподвода [4, 6, 7, 9, 10].

С целью оценки соотношения тепловых потоков, сообщаемых материалу с разных сторон, проведен эксперимент по определению коэффициента теплоотдачи при лобовом обдуве плоской поверхности газовым потоком.

№ п/п	W		t		l		b		h		$\frac{\alpha, \text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{град}}$	$\Delta P, \text{Па}$	VA
	Код	м/с	Код	°C	Код	м	Код	м	Код	м			
1	+	50	+	200	+	0,024	+	0,0016	+	0,051	186	606	0,503
2	+	30	+	200	+	0,024	+	0,0016	-	0,017	210	396	0,635
3	+	50	-	100	+	0,024	+	0,0016	-	0,017	272	1	0,481
4	+	30	-	100	+	0,024	+	0,0016	+	0,051	158	339	0,567
5	+	50	+	200	-	0,008	+	0,0016	-	0,017	348	1,615	0,486
6	+	30	+	200	-	0,008	+	0,0016	+	0,051	184	246	0,643
7	+	50	-	100	-	0,008	+	0,0016	+	0,051	226	714	0,572
8	+	30	-	100	-	0,008	+	0,0008	+	0,017	262	770	0,610
9	+	50	+	200	+	0,024	-	0,0008	-	0,017	175	637	0,505
10	+	30	+	200	+	0,024	-	0,0008	-	0,051	91	201	0,496
11	+	50	-	100	+	0,024	-	0,0008	+	0,051	137	403	0,520
12	+	30	-	100	+	0,024	-	0,0008	-	0,017	146	351	0,544
13	+	50	+	200	-	0,008	-	0,0008	+	0,051	159	389	0,563
14	+	30	+	200	-	0,008	-	0,0008	+	0,017	219	426	0,650
15	+	50	-	100	-	0,008	-	0,0008	-	0,017	252	952	0,537
16	+	30	-	100	-	0,008	-	0,0008	+	0,051	113	181	0,547
17	+	50	0	150	0	0,016	0	0,0012	0	0,034	218	659	0,548
18	+	30	0	150	0	0,016	0	0,0012	0	0,034	172	206	0,658
19	0	40	+	200	0	0,016	0	0,0012	0	0,034	212	452	0,790
20	0	40	-	100	0	0,016	0	0,0012	0	0,034	211	505	0,600
21	0	40	0	150	+	0,024	0	0,0012	0	0,034	183	437	0,581
22	0	40	0	150	-	0,008	0	0,0012	0	0,034	232	579	0,620
23	0	40	0	150	0	0,016	+	0,0016	0	0,034	233	598	0,648
24	0	40	0	150	0	0,016	-	0,0008	0	0,034	164	301	0,560
25	0	40	0	150	0	0,016	0	0,0008	+	0,051	187	253	0,634
26	0	40	0	150	0	0,016	0	0,0012	-	0,017	266	665	0,667
27	0	40	0	150	0	0,016	0	0,0012	0	0,034	211	434	0,660

Примечание. VA — обобщенный параметр оптимизации.

Воздух, подаваемый вентилятором, нагревали в калорифере до заданной температуры. Попадая в щелевой элемент, он дробился на плоские осесимметричные струи и, выходя из щелей, ударялся о медную пластину (размером 0,14 × 0,485 м), отдавая ей тепло, которое отводилось водой, омывающей пластину с обратной стороны.

Выбор медной пластины в качестве преграды объясняется тем, что для точного определения кинетических характеристик теплообмена скорость снятия тепла с обогреваемой поверхности должна быть выше скорости его подвода.

Представляем также, что гидродинамическая ситуация, характер взаимодействия и раскелания струй газа при их контакте с медной пластиной удовлетворительно имитируют условия, создающиеся на поверхности дубильного экстракта, образующего на бесконечной ленте при подаче его в виде водного раствора с содержанием твердой фазы 300 г/л достаточно ровный и гладкий слой. При проведении опытов контролировали

расход газа, его температуру на выходе из щелей, расход воды, ее начальную и конечную температуру, температуру медной пластины в 12 точках.

Эксперимент и последующую обработку результатов проводили с использованием математического планирования по традиционным методам [2, 3, 8].

В качестве переменных факторов плана Хартли-5 были выбраны: температура газового потока на выходе из щелей t , скорость потока на выходе из щелей W , расстояние от щелей до пластины l , ширина щели b , расстояние между щелями h . Выходными параметрами являлись коэффициент теплоотдачи α , гидравлическое сопротивление узла обдува ΔP .

Матрица планирования эксперимента и результаты ее реализации даны в таблице.

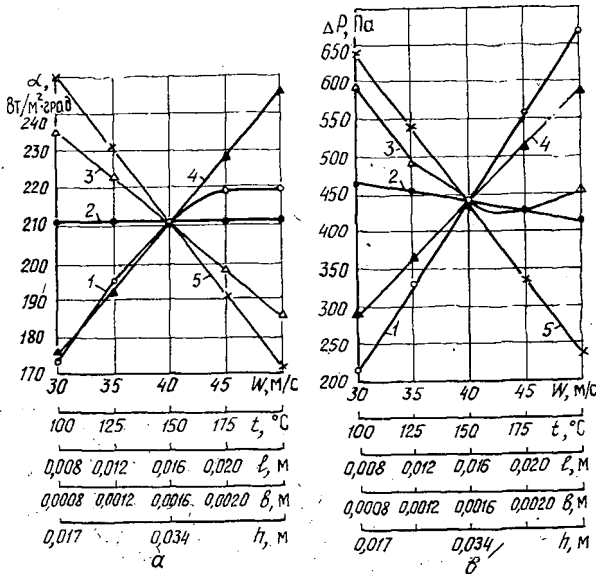
Уравнения регрессии в кодированных значениях переменных имеют вид

$$\alpha = 211,2 + 23,2W - 24,3l + 34,7b - 39,3h - 6,7tl + 10,4lh - 14,9W^2; \quad (1)$$

$$\Delta P = 439,6 + 226,9W - 26,2t - 70,9l + 148,3b - 205,9h + 20,3Wt - 28,9Wl + 74,3Wb - 84Wh - 33,6tl - 26,4lb + 73,1lh - 57bh + 59,7t^2 + 89,2l^2. \quad (2)$$

Графические зависимости коэффициента теплоотдачи и гидравлического сопротивления системы обдува от переменных факторов представлены на рисунке.

Все графики построены при стабилизации четырех факторов на основном уровне.



Зависимости выходных параметров от переменных факторов: α — коэффициента теплоотдачи α от W (кривая 1), от t (2), от l (3), от b (4), от h (5); ΔP — гидравлического сопротивления узла обдува ΔP от W (кривая 1), от t (2), от l (3), от b (4), от h (5)

Анализ графиков показывает, что коэффициент α , как и следовало ожидать, увеличивается с ростом скорости потока, ширины щелей, уменьшением расстояния от щелей до пластины и расстояния между щелями вследствие большей турбулизации среды при названных условиях

(рис. а). Постоянство коэффициента α при изменении температуры газового потока кажется противоречивым, так как с ростом температуры снижается плотность и растет вязкость газа, т. е. критерий Re уменьшается. Однако из литературных данных [1] следует, что влияние температуры газа на α незначительно, что достаточно согласуется с полученными результатами.

Графические зависимости ΔP от переменных факторов позволяют сделать вывод, что гидравлическое сопротивление узла обдува повышается с увеличением скорости потока, ширины щели, снижением температуры воздуха, расстояния от кромки щели до обогреваемой поверхности, а также расстояния между щелями, что также достоверно объясняется возрастанием турбулентности потока (рис. б).

Оптимальные условия теплообмена определяли с использованием среднеарифметического обобщенного параметра оптимизации V_A [8]

$$V_A = \frac{\sum_{j=1}^p \delta_j (\varphi_j(X) - Y_j^{(-)}) / (Y_j^{(+)} - Y_j^{(-)})}{\sum_{j=1}^p \delta_j}, \quad (3)$$

где δ_j — массы соответствующих выходных параметров;
 $\varphi_j(X)$ — отклик Y_j в точке X ;
 $Y_j^{(+)}$ — наибольшее значение j -го выходного параметра в пределах изучаемой области X ;
 $Y_j^{(-)}$ — наименьшее значение j -го выходного параметра в пределах изучаемой области X ;
 j — индекс номера опыта;
 p — общее число опытов.

Массы выходных параметров были выбраны одинаковыми и равными 0,5. Значения V_A для опытов плана Хартли-5, вычисленные по формуле (3), представлены в таблице.

Зависимость параметра V_A от переменных факторов аппроксимировали полиномом второго порядка, после чего путем квадратичного программирования вычисляли значения X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 , соответствующие максимуму V_A .

Получено, что оптимальные условия теплообмена на лабораторной установке достигаются при $W = 36$ м/с, $t = 100$ с, $l = 14,4$ мм, $b = 1,2$ мм, $h = 17$ мм. В этих условиях коэффициент теплоотдачи от газа к пластине равен 232 Вт/м² · град, а $\Delta P = 638$ Па.

С учетом высокой скорости газа на выходе из щели зону обдува экстракта следует располагать на участке, где слой уже образован, крепко связан с поверхностью нагрева, но имеет высокую влажность. Существует возможность снижения W , связанная, естественно, с известным ухудшением условий теплообмена.

Использование обдува при сушке на греющей поверхности возможно также при сушке продуктов химической переработки древесины: бумаги, картона и др.

С целью обобщения экспериментальных данных полученные результаты представлены в критериальной форме

$$Nu = f(Re, Pr, \Pi_1, \Pi_2);$$

$$Eu = f(Re, \Pi_1, \Pi_2).$$

Критерии Нуссельта (Nu), Рейнольдса (Re), Прандтля (Pr) и Эйлера (Eu) определяли с использованием значений физических свойств воздуха при соответствующих температурах. В качестве опре-

деляющего линейного размера выбрано расстояние от щели до пластины l , в значительной степени определяющее характер взаимодействия газовых струй с поверхностью.

Параметрические критерии

$$\Pi_1 = l/b; \quad \Pi_2 = h/b.$$

Полученные выражения имеют вид

$$Nu = 0,165 Re^{0,706} Pr^{-1,11} \Pi_1^{0,027} \Pi_2^{-0,418}; \quad (4)$$

$$Eu = 39 Re^{-0,257} \Pi_1^{0,06} \Pi_2^{-0,691}.$$

Среднее отклонение значений коэффициента α , рассчитанных по уравнению (4), от опытных составляет 10,5 %.

Результаты проведенной работы показывают, что коэффициент теплоотдачи в системе поток—поверхность при лобовом обдуве со скоростями 30...50 м/с имеет величину порядка $100...300 \text{ Вт/м}^2 \times \text{град}$, что сопоставимо с величинами α , достигаемыми при обогреве традиционными теплоносителями.

Использование открытой поверхности материала для добавочного подвода тепла струей горячего газа позволит также облегчить условия транспорта испаренной влаги.

Таким образом, сушка материала на бесконечной ленте с комбинированным подводом тепла позволит, за счет интенсификации теплообмена, уменьшить продолжительность процесса, т. е. либо увеличить производительность аппаратуры, либо снизить ее массу и габариты.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Аверкин А. Г. Сушка целлюлозы на бесконечной ленте с двухфазным теплоносителем: Дис... канд. техн. наук—Томск, 1981.—167 с. [2]. Ахназарова С. Л., Кафаров В. В. Методы оптимизации эксперимента в химической технологии.—М.: Высш. школа, 1985.—327 с. [3]. Вознесенский В. А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях.—М.: Финансы и статистика, 1981.—263 с. [4]. Дыбан Е. П., Мазур А. И. Конвективный теплообмен при струйном обтекании тел.—Киев: Наукова думка, 1982.—303 с. [5]. Егоров Б. А., Якадин А. И. Производство дубильных экстрактов.—М.: Легкая индустрия, 1971.—335 с. [6]. Красников В. В. Кондуктивная сушка.—М.: Энергия, 1973.—272 с. [7]. Красников В. В., Данилов В. А. Сушка бумаги и картона сопловым обдувом // Бум. пром-сть.—1966.—№ 2. [8]. Пен Р. З. Статистические методы моделирования и оптимизации процессов целлюлозно-бумажного производства.—Красноярск: Изд-во Красноярск. ун-та, 1982.—189 с. [9]. Юдаев Б. Н., Михайлов М. С., Савин В. К. Теплообмен при взаимодействии струй с преградами.—М.: Машиностроение, 1977.—248 с. [10]. Юдаев Б. Н., Сальников А. М., Брянцев В. Н. Некоторые особенности теплообмена блока осесимметричных струй с плоской преградой // Науч. тр. Моск. лесотехн. ин-та, 1985.—№ 173.—С. 51—55.

Поступила 25 мая 1988 г.

УДК 676.16.014.84 : 543.422.4

ИССЛЕДОВАНИЕ МОЛЕКУЛЯРНОЙ УПОРЯДОЧЕННОСТИ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ МЕТОДОМ ИК ФУРЬЕ-СПЕКТРОСКОПИИ

С. Ю. МАСЛОВ, Д. А. СУХОВ

Ленинградский технологический институт ЦБП

Понятия целлюлоза I и целлюлоза II возникли в рентгенографии для обозначения двух типов кристаллической решетки целлюлозы. Тре-

тй компонент, который имеется во всех образцах целлюлозы, — аморфная, неупорядоченная фаза.

В работах [1, 2] показано, что неупорядоченные области различных целлюлоз проявляют разные свойства, и это находит свое отражение в ИК-спектрах. Вопрос о том, чем же отличаются неупорядоченные области и как это измерить, остается нерешенным.

В работе [3] мы предложили применять альтернативный по отношению к рентгенографическому способ описания структуры целлюлозы — определение количества молекулярно-упорядоченной целлюлозы I и II. В соответствии с определением молекулярной упорядоченности [4, 8, с. 332—335], под молекулярно-упорядоченной целлюлозой мы понимаем участки целлюлозы, имеющие ИК-спектр с расщеплением спектральных линий, обусловленным вращательно-трансляционной симметрией полимерной цепи.

В работе [3] нами описан метод оценки молекулярной упорядоченности целлюлозы, основанный на измерении интегральных интенсивностей узких полос поглощения упорядоченной целлюлозы. Узкие полосы выделяются в спектре с помощью преобразования Фурье самодеконволюции [6]. Этот метод можно применить и для получения спектра неупорядоченной целлюлозы. С этой целью деконволюцированные спектры образцов, сильно различающихся по степени упорядоченности, вычитают друг из друга так, чтобы в разностном спектре узких полос не было.

В настоящей работе обрабатывали спектры тех же образцов, что и в работе [3].

На рис. 1 представлены деконволюцированные спектры лиственной целлюлозы и гидролизованного хлопка в области $1450 \dots 1400 \text{ см}^{-1}$. Полосы поглощения на спектрах принадлежат целлюлозе I. Разностный спектр (кривая 3) получен путем вычитания из спектра лиственной целлюлозы спектра гидролизованного хлопка с коэффициентом, равным отношению площадей полос в интервале $2975,5 \dots 2962,0 \text{ см}^{-1}$ в спектрах образцов, деконволюцированных с Лоренцевой

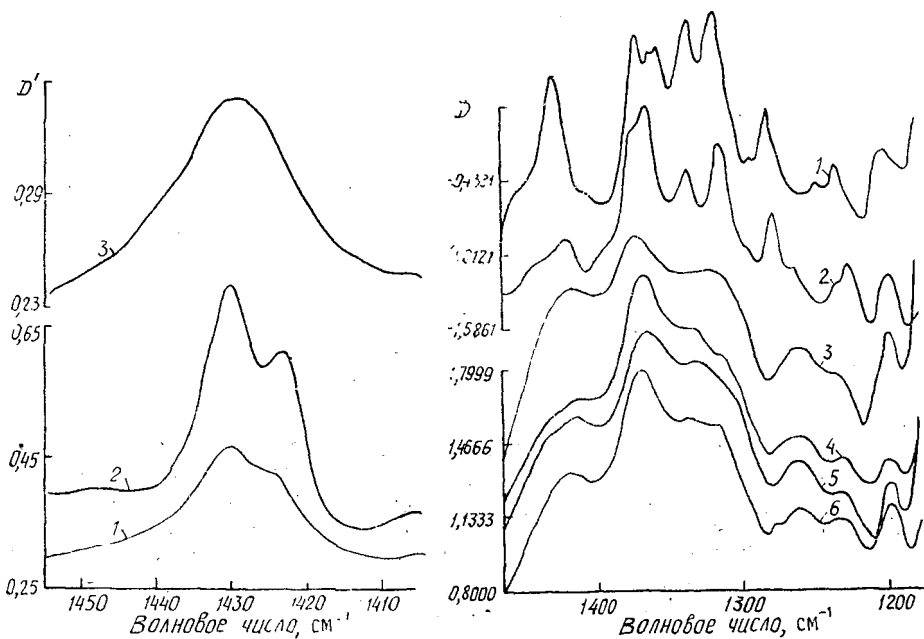


Рис. 1. Спектры, преобразованные по методу Фурье-самодеконволюции: 1 — лиственная сульфатная целлюлоза; 2 — гидролизованный хлопок; 3 — разность спектров 1 и 2 с коэффициентом 0,21

Рис. 2

функцией шириной на половине высоты 14 см^{-1} и коэффициентом обужения 3.

Из приведенного примера видно, что в спектре неупорядоченной целлюлозы I нет расщепления между колебательными модами, связанного с наличием у молекулы целлюлозы в упорядоченных областях оси симметрии второго порядка. Следовательно, спектроскопический мономер неупорядоченной целлюлозы — одно ангидроглюкозное звено.

На рис. 2 изображены «эталонные» спектры высокоупорядоченной целлюлозы I и II (соответственно кривые 1 и 2) и неупорядоченной целлюлозы II (кривые 3—6). Кривая 6 — исходный спектр целлюлозы, регенерированной из трифторуксусного ацетата; кривая 5 — разность спектров мерсеризованной листовенной целлюлозы и гидролизованной после мерсеризации хвойной целлюлозы; кривая 4 — разность спектров мерсеризованного после мягкого гидролиза хлопка и гидролизованной после мерсеризации хвойной целлюлозы; кривая 3 — хлопковая целлю-

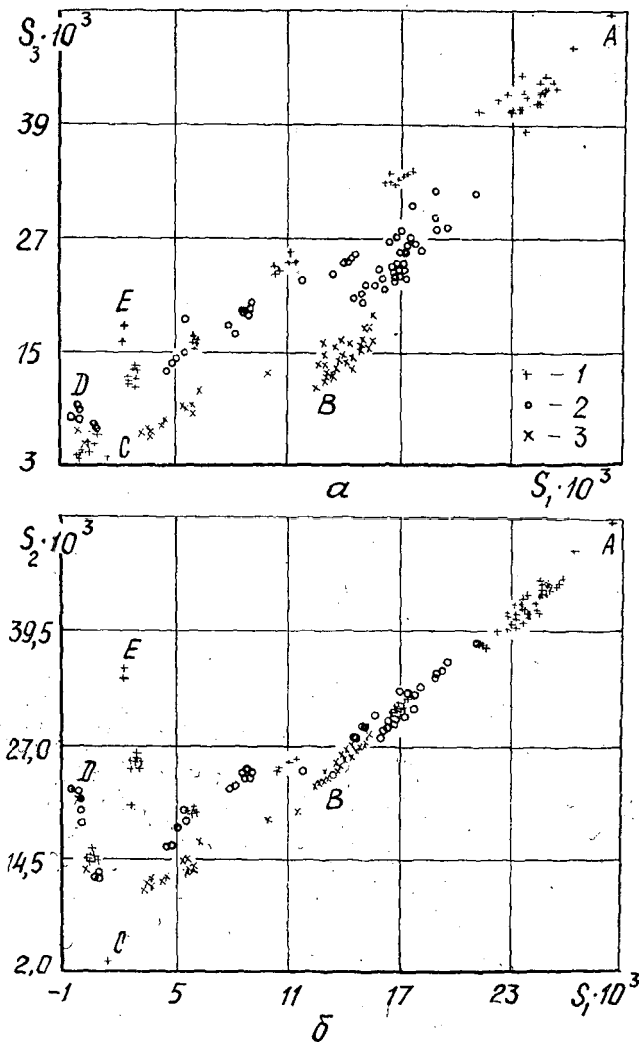


Рис. 3. 1 — хлопковая целлюлоза; 2 — целлюлоза из древесины хвойных пород; 3 — целлюлоза из древесины листовенных пород

лоза I, подвергнутая длительному размолу в шаровой мельнице, и целлюлоза II; спектр несколько искажен, так как образец запрессован в КВг. Все эти четыре спектра, полученные из целлюлоз разного происхождения, достаточно близки между собой, что доказывает определенную общность и единство неупорядоченной целлюлозы II.

Другое доказательство четырехкомпонентности наблюдаемых спектров целлюлозы — результаты статистического анализа интенсивностей полос по всем полученным спектрам.

На рис. 3 представлены точки, координаты которых — интегральные интенсивности полос. На рисунке нанесено около 200 точек, каждая из них соответствует 2—3 спектрам.

Интегральные интенсивности полос поглощения нормировали на площадь полосы поглощения валентных колебаний СН-групп в интервале $3007 \dots 2750 \text{ см}^{-1}$. Пригодность этой полосы для нормировки, т. е. для приведения всех спектров к одинаковой толщине образца, была проверена на ряде образцов целлюлоз I и II. Площадь полосы поглощения СН-групп оказалась равной $63 \pm 3 \text{ см}^{-1}$ для всех образцов при массе 1 мг/см^2 . Основной вклад в погрешность приведенной величины внесла неоднородность образцов по толщине.

На рис. 3, а, б по осям абсцисс отложена площадь S_1 , заключенная между кривой поглощения и базовой линией в интервале $1438,2 \dots 1422,0 \text{ см}^{-1}$. Выбор частот $1438,2$ и $1422,0 \text{ см}^{-1}$ для проведения базовой линии объясняется тем, что для целлюлозы II площадь S_1 близка к нулю. По оси ординат на рис. 3, а отложена интегральная интенсивность S_3 в интервале $732 \dots 692 \text{ см}^{-1}$, а на рис. 3, б — S_2 в интервале $1326,0 \dots 1304,8 \text{ см}^{-1}$.

Область изменения интенсивностей полос поглощения, отложенных по осям на рис. 3, а, невозможно вписать в треугольник так, чтобы все точки плоскости, ограниченной этим треугольником, соответствовали допустимым значениям интенсивностей полос. Это доказывает, что целлюлоза состоит более чем из трех компонентов.

Для большинства исследованных спектральных диапазонов всю совокупность точек можно заключить в четырехугольник, координаты вершин которого соответствуют интенсивностям полос чистых компонентов.

На рис. 3, а около буквы А лежит точка, относящаяся к спектру гидролизованного хлопка, около С — регенерированная целлюлоза, около D и E — соответственно древесная и хлопковая целлюлозы, гидролизованные после мерсеризации. Правее буквы В, как следует из анализа деконволюцированных спектров, лежат точки, относящиеся к образцам, не содержащим совсем или содержащим незначительное количество упорядоченной целлюлозы II.

На рис. 3, б точки около букв А, В и С лежат практически на одной прямой. Это означает, что точки, соответствующие неупорядоченным целлюлозам I и II и упорядоченной целлюлозе I, лежат на одной прямой, а разность между значением S_2 и ординатой точки на этой прямой с тем же значением абсциссы является вкладом упорядоченной целлюлозы II.

Используя величины S_1 , S_2 и S_3 , удалось найти простые рекуррентные выражения для определения концентраций упорядоченных и неупорядоченных целлюлоз I и II (C_{1y} , C_{2y} , $C_{1н}$, $C_{2н}$):

$$\begin{aligned} \text{если } S_1 > 0,004, \text{ то } C_{2y} &= \frac{S_2 - 0,004 - 1,63S_1}{0,068}; \\ \text{если } S_1 \leq 0,004, \text{ то } C_{2y} &= \frac{S_2}{0,068}; \end{aligned} \quad (1)$$

$$C_{1y} = \frac{S_3 - 0,016C_{2y}}{0,065}; \quad (2)$$

$$C_{1н} = \frac{S_1 - 0,0325C_{1y} + 0,0035C_{2y}}{0,0325}; \quad (3)$$

$$C_{2н} = 1 - C_{1y} - C_{1н} - C_{2y}. \quad (4)$$

Параметры этих выражений были оценены с помощью вышеуказанных свойств величин, отображенных на рис. 3, с помощью эталонных спектров, полученных вычитанием деконволюцированных и дифференцированных спектров, уточнены так, чтобы не получались отрицательные концентрации.

Величину $C_{2н}$ определяли как остаток, так как из-за большой диффузности спектра значения S_1 , S_2 и S_3 для неупорядоченной целлюлозы II равны нулю.

Значения C_{2y} , определенные по формуле (1), находятся в линейной корреляции с интенсивностью полосы 2983 см^{-1} в деконволюцированных спектрах с коэффициентом корреляции $R = 0,988$. Для образцов, не содержащих упорядоченную целлюлозу II, интегральная интенсивность полосы 2969 см^{-1} в деконволюцированных спектрах и C_{1y} находятся в линейной корреляции с $R = 0,986$.

В таблице представлены результаты определения степени молекулярной упорядоченности для ряда целлюлозных материалов, полученные по формулам (1)–(4). Обнаружена непригодность предлагаемой методики к образцам целлюлозы, запрессованной в бромид калия.

Компонентный состав целлюлоз I и II

Образец	Обработка	C_{1y}	$C_{1н}$	C_{2y}	$C_{2н}$
Хлопок	Гидролиз А (10 мин)	0,735	0,209	0,041	0,015
»	Гидролиз Б (3 ч)	0,646	0,169	0,008	0,176
»	Гидролиз Б (3 ч, 20 % NaOH)	-0,002	0,023	0,270	0,709
»	Гидролиз А (10 мин, 20 % NaOH)	0,120	0,021	0,582	0,277
Хвойная сульфатная целлюлоза	Необработанная	0,303	0,209	0,041	0,447
»	Гидролиз (20 % NaOH)	0,048	0,005	0,238	0,710
Флоренье	Необработанная	0,343	0,253	0,038	0,366
Лиственная сульфатная	»	0,193	0,307	0,016	0,484
»	Гидролиз А (30 мин)	0,256	0,250	-0,001	0,488
»	Гидролиз (20 % NaOH)	0,012	0,018	0,247	0,723
Регенерированная	Необработанная	0,028	0,030	0,097	0,845

Выводы

В настоящей работе, как и в [3], установлено расщепление колебательных мод целлюлоз I и II, обусловленное вращательно-трансляционной симметрией макромолекулы. Целлюлоза, имеющая такой спектр, является молекулярно-упорядоченной. В упорядоченной целлюлозе полосы поглощения заметно уже по сравнению с неупорядоченной. Предложено применять преобразование Фурье самодеконволюции для выделения в спектре узких полос упорядоченной целлюлозы. Дополнительно подтверждена гипотеза, высказанная в работах [5, 7], о том, что целлюлозы I и II различаются поворотом групп $-\text{CH}_2\text{OH}$. Показано, что в неупорядоченных областях макромолекулы целлюлозы имеют конформации, схожие с теми, которые они имеют в кристалли-

тах; различие состоит, по-видимому, в положении гидроксильных групп. Следовательно, обосновано разделение целлюлозы на четыре компонента: на целлюлозу I и II по конформации макромолекулы и по молекулярной упорядоченности. Предложена методика количественного измерения их концентраций.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Жбанков Р. Г., Козлов В. П. Физика целлюлозы и ее производных.— Минск: Наука и техника, 1983.— 296 с. [2]. Манн Дж. Реакции дейтерирования и тритирования // Целлюлоза и ее производные / Ред. Н. Байклз, Л. Сегал.— М.: Мир, 1974.— Т. 1.— С. 91—118. [3]. Маслов С. Ю., Сухов Д. А. Исследование целлюлозы методом ИК Фурье-спектроскопии с математическим улучшением разрешения // Лесн. журн.— 1988.— № 6.— С. 71—76.— (Изв. высш. учеб. заведений). [4]. Пейнтер П., Коулмен М., Кениг Дж. Теория колебательной спектроскопии. Приложение к полимерным материалам: Пер. с англ.— М.: Мир, 1986.— 580 с. [5]. Степанов В. И., Жбанков Р. Г., Марупов Р. К вопросу о структуре гидратцеллюлозы // Высокомолек. соединения.— 1961.— Т. 3.— № 11.— С. 1633—1640. [6]. Fourier Self-Deconvolution: A Method for Resolving Intrinsically Overlapped Bands / J. K. Kauppinen, D. F. Moffat, H. M. Mantsch, D. G. Cameron // Appl. Spectr., 1981.— 35.— 271—276. [7]. Schneider B., Vodnansky J. A Study of Relation Between the Infrared Spectra and the Crystalline Structure of cellulose // Coll. Czech. Chem. Commun.— 1963.— V. 28, N 8.— 3245. [8]. Zerbi G., Ciampelli F., Zamboni V. Classification of Crystallinity Bands in the Infrared Spectra of Polymers // J. Polym. Sci.— 1964.— Part C, N 7.— P. 141—149.

Поступила 29 февраля 1988 г.

УДК 630*861

ВЛИЯНИЕ pH СРЕДЫ ПРИ КОАГУЛЯЦИОННОЙ ОЧИСТКЕ ЛИГНОСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД СУЛЬФАТ-ЦЕЛЛЮЛОЗНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Е. Д. ГЕЛЬФАНД, С. Б. ПАЛЬМОВА, Ю. Г. ХАБАРОВ

Архангельский лесотехнический институт

Лигносодержащий сток (ЛС) сульфат-целлюлозного производства составляет лишь незначительную объемную долю общезаводского стока (до 3 %), но он несет до 1/3 веществ, которые не удаляются из сточных вод при их биологической очистке. Главное из таких веществ — лигнин (точнее — лигниновые вещества). Поэтому поиски методов локальной очистки ЛС — важная практическая задача.

Известно, что лигнин достаточно хорошо коагулирует при подкислении ЛС, но отделить его после коагуляции затруднительно. Ранее [3] нами для этих целей был использован гидролизный лигнин. В данной работе это направление исследований продолжено, так как поисковые опыты показали, что интересные результаты получаются в случае фильтрации ЛС после стадии коагуляции через слой гидролизного лигнина.

Для получения сравнимых и воспроизводимых показателей готовили модельную сточную воду путем разбавления в 100 раз черного щелока, отобранного из потока непрерывной сульфатной варки целлюлозы Соломбальского ЦБК. Характеристика модельной сточной воды приведена в таблице.

Определенный объем сточной воды подкисляли серной кислотой при 70 °С до различных значений pH, после чего производили фильтрование через слой технического гидролизного лигнина в количестве 6 г а. с. вещества, насыпанного на бумажный фильтр. Такое количество гидролизного лигнина, распределенное на воронке Бюхнера диаметром 70 мм, соответствовало плотности нанесения 1,6 кг/м². Фильтрование проводили под вакуумом; фиксировали продолжительность фильтрации. Очищенную сточную воду после фильтрования анализировали по общепринятым методикам [1, 2].

При проведении исследований был использован гидролизный лигнин Архангельского гидролизного завода, отмытый от кислот, подсушенный до воздушно-сухого состояния и просеянный через сито с диаметром отверстий 2 мм.

Поскольку исследуемый способ очистки ЛС связан с расходом лигнина, то эффективность очистки по всем контролируемым параметрам оценивали с учетом его затрат. Поэтому на всех представленных графиках эффективность процесса показана в зависимости от гидромодуля Γ (отношение массы профильтрованной воды к массе лигнина).

На рис. 1, а—д представлены данные по уменьшению ХПК, лигнина (Л), цветности воды (Ц) по платино-кобальтовой шкале, сухого остатка (СО) и эфирорастворимых веществ (ЭФ/Р).

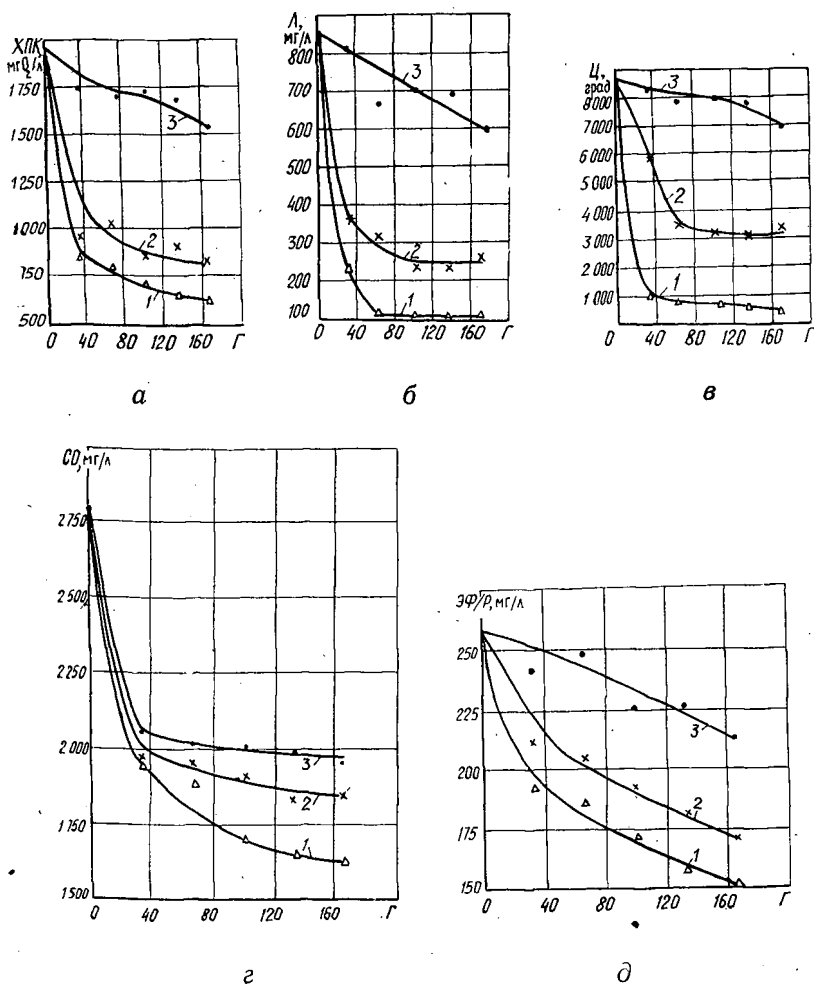


Рис. 1. Изменение показателей очищенной сточной воды в зависимости от гидромодуля фильтрации через гидролизный лигнин с предварительным подкислением до pH 4 (1), 5 (2) и 6 (3): а — ХПК; б — содержание лигнина; в — цветность, г — содержание сухого остатка, д — содержание эфирорастворимых веществ

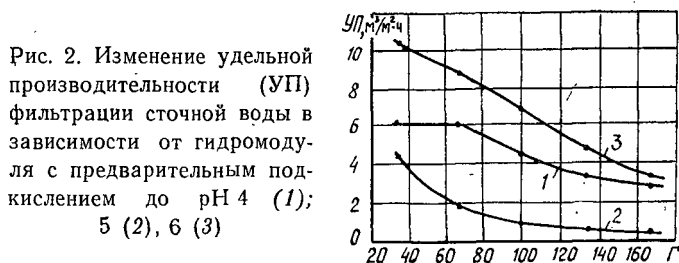
Из графиков следует, что наименьшая эффективность очистки ЛС достигается при подкислении ЛС до pH 6, наибольшая — до pH 4; эффективность очистки при pH 5 ближе к эффективности, достигаемой при pH 4. С увеличением гидромодуля эффективность очистки повышается, причем по таким показателям, как содержание лигнина и цветность, начиная с гидромодуля 60, достигается некое постоянное значение. Закономерности очистки по показателям ХПК сходны с обсуждаемыми выше. Из этого можно предположить, что основной вклад в

Показатель	Единица измерения	Численное значение
Щелочность	pH	10
Показатель ХПК	Мг O ₂ /л	1 940
Показатель БПК ₅	»	255
Содержание сухого остатка	Мг/л	2 770
» лигнина	»	844
» эфирорастворимых веществ	»	280
Цветность по платино-кобальтовой шкале	Град	8 500

показатели ХПК и цветности дает лигнин. Содержание сухого остатка и эфирорастворимых веществ на всем интервале варьирования гидромодуля продолжает значительно убывать.

Следовательно, при гидромодуле больше 60 из сточной воды при ее фильтровании через лигнин происходит изъятие не только скоагулированных, но и растворенных веществ, т. е. гидролизный лигнин проявляет себя не только как вспомогательный фильтрующий материал, но и как сорбент.

Для практической реализации очень важно, при какой удельной производительности можно организовать процесс в производственных условиях. По результатам опытов нами рассчитаны значения удельной производительности фильтрации (УП) сточной воды через слой лигнина. Соответствующие показатели представлены на рис. 2.



На основе данных, приведенных на рис. 2, можно легко рассчитать требуемую поверхность фильтрации для любого потока ЛС при любой желаемой (в пределах, установленных на рис. 1, а, б, в, г, д) степени очистки по любому показателю. Например, имеем поток ЛС 100³ м³/ч. Необходимо очистить его от лигнина с максимальной глубиной. По рис. 1, б находим, что этому условию отвечает подкисление до pH 4 с последующим фильтрованием при $\Gamma = 60$. По рис. 2 находим, что процесс «пойдет» при УП примерно 6 м³/м²·ч. Следовательно, на очистку заданного потока потребуется поверхность фильтрации 20 м².

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Лейте В. Определение органических загрязнений питьевой, природных и сточных вод.—М.: Химия, 1975.—200 с. [2]. Лурье Ю. Ю., Рыбникова А. И. Химический анализ производственных сточных вод.—М.: Химия, 1974.—336 с. [3]. Пальмова С. Б., Гельфанд Е. Д. Гидролизный лигнин как коагулянт // Лесн. журн.—1977.—№ 1.—С. 161—162.—(Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 12 августа 1988 г.

УДК 547.724.1

ОБРАЗОВАНИЕ ФУРФУРОЛА ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ В ПРИСУТСТВИИ КОМПЛЕКСНЫХ СОЛЕЙ

Е. П. ШИШАКОВ, В. М. ШКУТ, Е. Ф. МОРОЗОВ

Белорусский технологический институт

В данной статье представлены результаты исследований по применению в фурфурольной стадии процесса в качестве катализаторов двух комплексных солей: нитроаммофоски (ГОСТ 19691—80, сорт А) и нитрофоса (ОСТ 95—11—17, марка Б).

В настоящее время промышленный выпуск азот-фосфор-калийсодержащих солей достигает 4 млн т в пересчете на действующие вещества [3]. В перспективе доля комплексных солей в общем выпуске минеральных удобрений будет возрастать и в 1990 г. составит 25,6 %, в том числе нитроаммофоски — 16,9 % и нитрофоса — 7,7 % [2]. Нитроаммофоска содержит 17 ± 1 % N_2 , 17 ± 1 % P_2O_5 , 17 ± 1 % K_2O ; нитрофос — 24 ± 1 % N_2 , 14 ± 1 % P_2O_5 , а также CaO , MgO , Fe_2O_3 , Al_2O_3 и другие микроэлементы.

Указанные соли использовали как в сухом виде, так и в виде водных растворов с массовым содержанием 4...40 %. Количество раствора катализатора и его концентрацию подбирали с таким расчетом, чтобы расход катализатора по безводному веществу равнялся 1...6 % от массы абс. сухого сырья, а конечная влажность сырья после смешения с катализатором составляла 45 % относительных. Сырье, имеющее исходную влажность 45 % и более, смешивали с солями в сухом виде. Для сравнения проводили варки без катализатора (автокаталитические) и с применением 10 %-го раствора серной кислоты.

В качестве сырья использовали березовые опилки, одубину, кукурузную кочержку и рисовую лузгу с влажностью, близкой к естественной и составляющей соответственно 45, 58, 28 и 15 % относительных. Сырье, предварительно смешанное с катализатором, загружали в прогретый реактор; отгонку фурфурола осуществляли перегретым до 240 °С паром. Условия проведения процесса: температура 170—197 °С, давление 0,7...1,5 МПа, продолжительность отгонки фурфурола 60...120 мин, модуль отбора фурфуролсодержащего конденсата без учета сдувок 3,0...3,2.

Количественный анализ фурфурола в конденсате проводили методом газожидкостной хроматографии на хроматографе «Цвет-102» с пламенно-ионизационным детектором. Относительная ошибка определения ± 4 %. По окончании отгонки фурфурола реактор открывали, количественно извлекали целлолигнин и анализировали на содержание полисахаридов по методике [1]. По выходу целлолигнина и содержанию в нем полисахаридов рассчитывали теоретический выход сахаров, который можно получить в процессе гидролиза целлолигнина.

На рис. 1 и 2 показана динамика отгонки фурфурола из березовых опилок при применении различных катализаторов. Из рисунков видно, что при использовании нитроаммофоски и нитрофоса образование фурфурола в течение процесса парофазной обработки сырья происходит более равномерно, чем в случае применения 10 %-го раствора серной кислоты. Для указанных солей характерно отсутствие резко выраженного максимума концентрации фурфурола в отбираемых парах. По сравнению с автокаталитическим процессом при применении катализаторов образование фурфурола значительно интенсифицируется.

С целью нахождения оптимальных условий процесса было изучено влияние температуры и количества катализатора на выход фурфурола и содержание полисахаридов в целлолигнине.

Увеличение количества нитроаммофоски в пределах 1...6 % от массы абс. сухого сырья при постоянной температуре процесса уско-

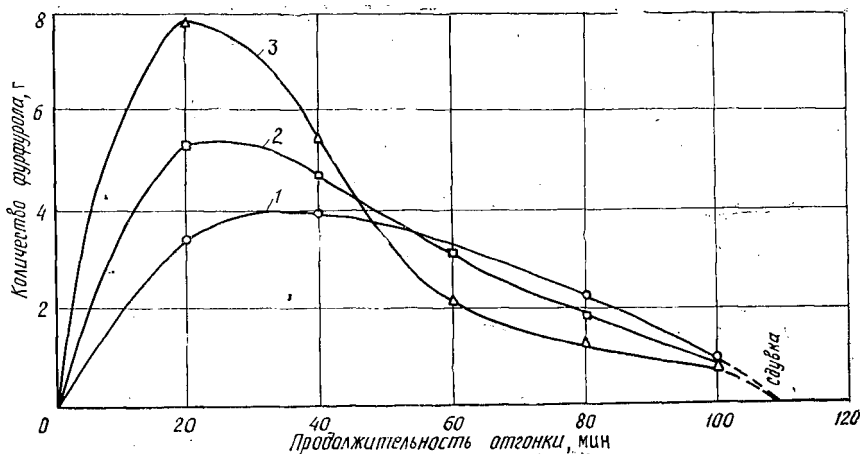
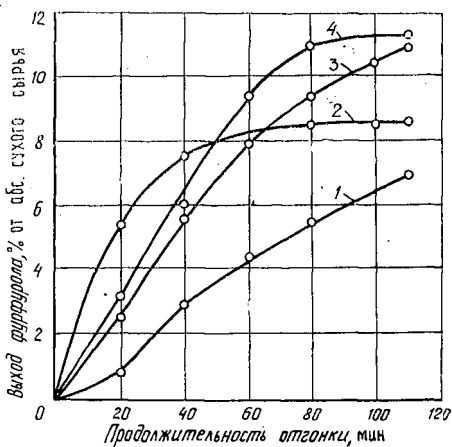


Рис. 1. Влияние вида катализатора на динамику отгонки фурфурола из березовых опилок: 1 — без катализатора; 2 — нитроаммофоска; 3 — серная кислота

Рис. 2. Выход фурфурола из березовых опилок при различных условиях процесса: 1 — без катализатора, 180 °С; 2 — серная кислота, 3 %, 170 °С; 3 — нитроаммофоска, 3 %, 185 °С; 4 — нитрофос, 1 %, 195 °С



ряет процесс образования фурфурола и сдвигает область его максимальной концентрации к началу процесса, существенно не влияя на выход фурфурола. Это позволяет интенсифицировать процесс отгонки фурфурола, не снижая его выхода.

На рис. 3 показано влияние температуры процесса на выход фурфурола при различных количествах катализатора. При повышении температуры в пределах 180...197 °С и расходе катализатора 1...2 % от массы абс. сухого сырья выход фурфурола возрастает. При расходе нитроаммофоски 3 % от массы абс. сухого сырья и росте температуры в пределах 174...190 °С выход фурфурола также увеличивается. Дальнейшее повышение температуры процесса приводит к снижению выхода фурфурола, что свидетельствует об активности процесса его разрушения в условиях ограниченной скорости отбора фурфуролсодержащих паров.

Установленные закономерности сохраняются при использовании нитрофоса в качестве катализатора. Наиболее высокий выход фурфурола, равный 11,2 %, получен при использовании нитрофоса в количестве 1 % от массы сырья и температуре процесса 195 °С.

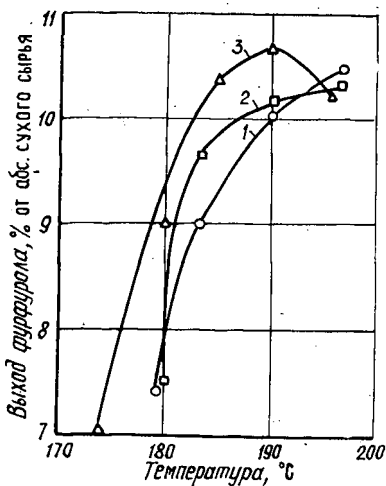


Рис. 3. Влияние температуры процесса на выход фурфурола из березовых опилок: 1, 2, 3 — расход нитроаммофоски соответственно равен 1, 2, 3 % от массы абс. сухого сырья

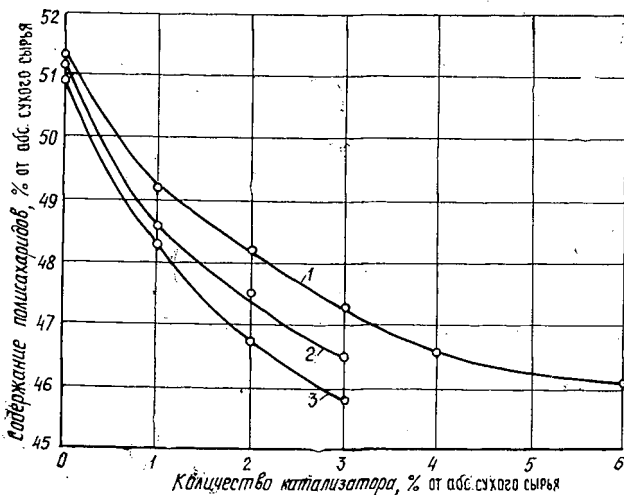


Рис. 4. Влияние количества нитроаммофоски на содержание полисахаридов в целлолигнине березы: 1, 2, 3 — температура процесса соответственно равна 180, 185, 190 °C

Исследования показали, что с увеличением количества катализатора и повышением температуры процесса содержание полисахаридов в целлолигнине снижается, причем количество катализатора имеет решающее значение (рис. 4).

Максимальное количество полисахаридов, равное 49,2 % от массы абс. сухого целлолигнина, получено при расходе нитроаммофоски 1 % и температуре 180 °C.

Условия проведения и результаты опытов по выходу фурфурола и характеристике целлолигнина при использовании различных видов сырья приведены в таблице.

В заключение следует сказать, что при применении в качестве катализаторов нитроаммофоски и нитрофоса достигается высокий выход фурфурола и полисахаридов в целлолигнине. Упрощается технологическая схема дальнейшей переработки целлолигнина методом

Сырье	Катализатор процесса получения фурфурола	Расход катализатора по безводному веществу, %	Температура процесса, °С	Продолжительность отгонки фурфурола, мин	Выход фурфурола, % от абс. сухого сырья	Содержание полисахаридов в целлюлозине, % от абс. сухого сырья	Теоретический выход сахаров, % от абс. сухого сырья
Березовые опилки	Без катализатора	—	180	120	7,03	51,2	45,53
»	10 %-й раствор H_2SO_4	3,0	170	100	8,45	37,0	28,53
»	Нитроаммофоска	3,0	190	100	10,71	45,8	41,26
»	»	1,0	197	80	10,63	48,5	42,37
»	Нитрофос	1,0	195	70	11,20	49,8	43,04
Одубина	Без катализатора	—	180	120	7,12	49,7	44,37
»	10 %-й раствор H_2SO_4	3,0	170	100	8,69	36,2	30,17
»	Нитроаммофоска	3,5	190	80	10,39	42,4	39,72
»	Нитрофос	2,0	190	100	10,53	44,5	41,57
Рисовая лузга	10 %-й раствор H_2SO_4	3,0	170	60	6,62	28,4	23,43
»	Нитроаммофоска	4,0	180	60	7,61	35,1	28,96
Кукурузная кочерыжка	10 %-й раствор H_2SO_4	3,0	170	100	12,89	30,6	24,42
»	Нитрофос	2,0	190	80	17,57	35,2	29,34

гидролиза, так как появляется возможность полностью или частично отказаться от внесения питательных солей в гидролизат.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Емельянова И. З. Химико-технический контроль гидролизных производств.— М.: Лесн. пром-сть, 1976.— 328 с. [2]. Новиков А. А., Чуб И. Ф. Фосфорсодержащие минеральные удобрения и кормовые фосфаты в XI и XII пятилетках // Журн. Всесоюз. хим. общества им. Д. И. Менделеева.— 1983.— Т. 28, № 4.— С. 11—16. [3]. Янишевский Ф. В. Развитие производства минеральных удобрений в СССР // Агрохимия.— 1985.— № 5.— С. 7—11.

Поступила 6 июля 1987 г.

УДК 676.16.014.8 : 543.42

ПРИМЕНЕНИЕ СПЕКТРОСКОПИИ КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ СВЕТА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МОНОВОЛОКОН НАТИВНОЙ И МЕРСЕРИЗОВАННОЙ ХЛОПКОВОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

А. Н. ЖИЛКИН, Д. А. СУХОВ, П. М. ВАЛОВ

Ленинградский технологический институт ЦБП

Развитие современной техники спектроскопии комбинационного рассеяния света и ее применение к исследованию целлюлозы позволяют получать принципиально новую информацию об особенностях молекулярной и надмолекулярной организации этого сложного полимера, что необходимо для понимания путей формирования физико-механических и физико-химических свойств целлюлозных материалов. Среди преимуществ этого неразрушающего метода можно отметить возможность проведения структурных исследований непосредственно на уровне отдельных моноволокон, его чувствительность к конформационному и фазовому составу вещества, возможность более детального, по сравнению с инфракрасной спектроскопией, изучения системы гидроксильных групп [1—5, 10].

В настоящей работе рассмотрены возможности метода спектроскопии комбинационного рассеяния света (КР) для изучения особенностей строения моноволокон целлюлозы основных модификаций.

С этой целью в спектральном диапазоне $200 \dots 3700 \text{ см}^{-1}$ получены и проанализированы спектры КР моноволокон хлопковой нативной и мерсеризованной целлюлозы, по разному ориентированных относительно направления вектора E падающего линейно поляризованного лазерного излучения.

Спектры КР регистрировали на автоматизированном (микрокомпьютер Appelle) многоканальном спектрометре OMARS-89 под углом рассеяния 180° в режиме многократного накопления сигнала; спектральная ширина щели — 5 см^{-1} , длительность регистрации одного спектра во всем спектральном диапазоне — 8 ч, шумы не превышали уровня 2...3 %. Контрольными опытами установлено, что воздействие лазерного излучения с $\lambda = 514,5 \text{ нм}$ (Аг лазер) мощностью 150 мВ в ходе эксперимента не приводило к каким-либо побочным эффектам.

Мерсеризацию хлопковой целлюлозы проводили ее обработкой 18 %-ным раствором NaOH при комнатной температуре с последующей многократной промывкой дистиллированной водой и сушкой.

На рис. 1, 2 приведены спектры образцов нативной (C_1) и мерсеризованной (C_2) целлюлозы двух ориентаций в спектральных диапазонах $200 \dots 1600$ и $2750 \dots 3700 \text{ см}^{-1}$, спектральные кривые в этих областях приведены с одинаковыми интенсивностями полос с максимумами при 1100 и 2900 см^{-1} соответственно. Полученные спектры показывают удовлетворительное разрешение полос на всех участках, включая область валентных колебаний СН- и ОН-групп макромолекул целлюлозы (рис. 2).

Сопоставление спектров КР моноволокон целлюлоз C_1 и C_2 одной ориентации обнаруживает определенные спектральные различия. На участке частот $200 \dots 1600 \text{ см}^{-1}$ из отдельно отстоящих полос в качестве характеристических для целлюлозы C_1 можно указать полосы с максимумами при $1293, 570, 380 \text{ см}^{-1}$, дублеты $1480, 1460$ и $914, 900 \text{ см}^{-1}$. Для образцов мерсеризованной целлюлозы, помимо характеристических полос с максимумами при 1460 и 900 см^{-1} , можно ука-

Рис. 1. Спектры КР ориентированных волокон хлопковой нативной и мерсеризованной целлюлозы в области частот валентных колебаний ОН- и СН-групп

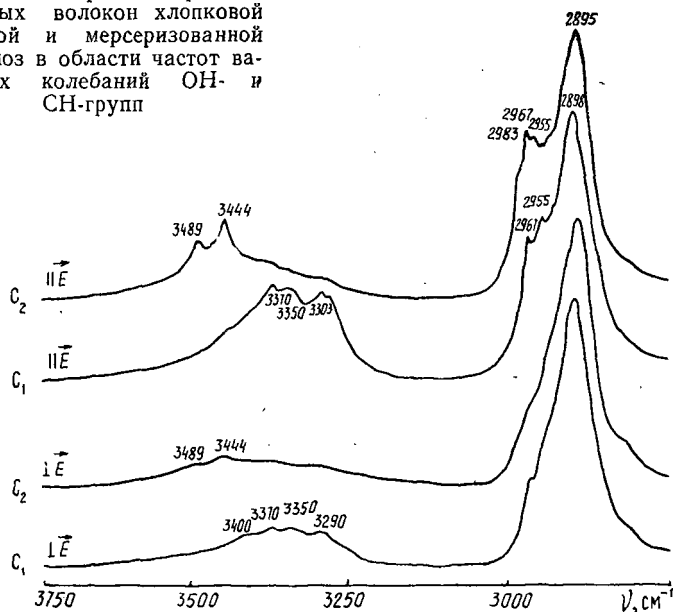
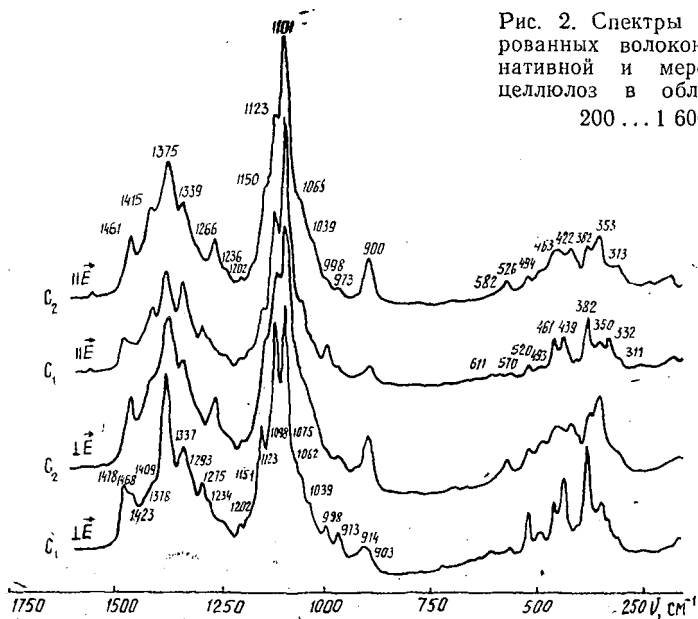


Рис. 2. Спектры КР ориентированных волокон хлопковой нативной и мерсеризованной целлюлозы в области частот 200 ... 1 600 cm^{-1}



зять полосы с максимумами при 1266 и 580 cm^{-1} , не наблюдаемые в спектрах образцов C_1 , а также полосы с максимумами при 420, 350 и 310 cm^{-1} , более четко проявляющиеся в спектрах C_2 . Принципиальные различия в положении и форме спектральных полос выявляют спектры КР обеих модификаций в высокочастотной области 2750 ... 3700 cm^{-1} .

Валентные колебания гидроксильных групп мерсеризованной целлюлозы лежат в более высокочастотной части, чем в случае C_1 , и характеризуются наличием двух интенсивных полос с максимумами при

3 444 и 3 489 см^{-1} . Наблюдаемые в спектре S_1 полосы с максимумами при 3 370, 3 350 и 3 290 см^{-1} , как показал проведенный анализ вторых производных спектральных кривых S_1 и S_2 , присутствуют и в низкочастотном крыле полосы гидроксильных образцов S_2 . Определенным образом различаются положение и форма полос валентных колебаний СН-групп целлюлоз обеих модификаций, что подтверждается совершенно различным характером кривых вторых производных этого участка спектра.

Изменение ориентации исследуемых моноволокон с параллельной относительно направления вектора E падающего излучения (вертикальное положение образца) на перпендикулярную (горизонтальное положение) приводит к изменению формы и интенсивности значительного числа спектральных полос; наиболее существенные изменения претерпевают спектры нативной целлюлозы*.

Полосы валентных колебаний гидроксильных групп целлюлозы S_1 при переходе к перпендикулярной вектору E ориентации увеличивают свою линейную интенсивность в 1,2 раза, кроме того в спектре появляется полоса с максимумом при 3 410 см^{-1} . Более сложные изменения испытывает форма полосы колебаний гидроксильных мерсеризованной целлюлозы: характеристические полосы с максимумами при 3 444 и 3 489 см^{-1} уменьшаются по интенсивности в 1,6 раза, а низкочастотное крыло (3 400...3 200 см^{-1}) увеличивает свою интенсивность в 1,2 раза, делая более заметным присутствие в спектре S_2 полос, характерных для системы гидроксильных групп нативной целлюлозы. Аналогичный характер поведения полосы валентных колебаний гидроксильных групп был выявлен и при исследованиях ИК-спектров поглощения в поляризованном свете ориентированных кристаллитов мерсеризованного волокна рами [7]. Наличие кристаллитов модификации S_1 в образцах мерсеризованной целлюлозы подтверждается данными рентгеноструктурного анализа [6].

Значительной ориентационной чувствительностью обладает также полоса валентных колебаний СН-групп обеих модификаций целлюлозы. Существующее при параллельной вектору E ориентации высокочастотное плечо этой полосы разрешается на компоненты, частоты которых можно рассматривать как характеристические признаки данной модификации целлюлозы. Изменение ориентации образца приводит к увеличению интенсивности полосы при 2 900 см^{-1} примерно в 2,5 раза и, как следствие, к исчезновению высокочастотного плеча.

На спектральном участке 1 600...1 200 см^{-1} при переходе к перпендикулярной ориентации возрастают интенсивности полос S_1 примерно в 1,5 раза, а полосы с максимумами при 1 295, 1 378 и 1 478 см^{-1} изменяют свою интенсивность почти в 2 раза. В образцах S_2 на этом участке незначительно изменяется форма спектра, наблюдается некоторое уменьшение интенсивности полос с максимумами при 1 415, 1 375 и 1 461 см^{-1} , несколько возрастает интенсивность полос с максимумами при 1 236 и 1 266 см^{-1} .

На участке 1 200...800 см^{-1} подобная смена положения образца в спектре S_1 приводит к увеличению в 1,3 раза интенсивности полос с максимумами при 1 039 см^{-1} , 1 062, 1 075 и 1 098 см^{-1} . Интенсивность полос с максимумами при 1 123 и 1 151 см^{-1} возрастает в 1,7 раза. При изменении ориентации образцов S_2 интенсивность полос в этом

* Контрольными опытами установлено, что именно эти положения образцов оптимальны с точки зрения наблюдаемых спектральных изменений.

спектральном диапазоне не увеличивается, а интенсивность полос с максимумами при 1065, 1101 и 900 см^{-1} даже уменьшается примерно на 25 %; в 2,5—3 раза увеличивается линейная интенсивность полос низкочастотного участка спектра C_1 (200...700 см^{-1}), куда относятся частоты колебаний делокализованных в объемах некоторых пространственных образований макромолекул. Смена положения образца C_2 незначительно изменяет вид спектральной кривой в этом чувствительном к состоянию надмолекулярной структуры диапазоне.

Высокие относительные интенсивности и разрешение полос на этом участке спектра образца C_1 свидетельствуют о более высокой, по сравнению с C_2 , степени упорядоченности укладки макромолекул нативной целлюлозы. Сопоставление формы этих спектральных кривых при двух ориентациях моноволокон позволяет также сделать предположение о более высокой степени упорядоченности в продольном направлении, чем в направлении, перпендикулярном оси волокна, что подтверждается другими методами исследования [8, 9].

Проведенный анализ полученных спектров комбинационного рассеяния позволил:

1) указать основные спектральные различия ориентированных волокон хлопковой целлюлозы двух модификаций C_1 и C_2 ;

2) обнаружить различный характер ориентационной чувствительности полос валентных колебаний ОН- и СН-групп макромолекул исследованных целлюлоз, что свидетельствует о принципиальных различиях в пространственной организации системы этих групп в нативной и мерсеризованной целлюлозе;

3) установить факт присутствия целлюлозы модификации C_1 в образцах хлопковой целлюлозы, мерсеризованной традиционным способом;

4) выявить более высокую степень молекулярной упорядоченности нативной хлопковой целлюлозы по сравнению с мерсеризованной;

5) обнаружить более высокую степень структурной анизотропии моноволокон нативной целлюлозы по сравнению с мерсеризованной.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Байклз Н., Сегал Л. Целлюлоза и ее производные.— М.: Мир, 1974.
[2]. Жбанков Р. Г., Козлов П. В. Физика целлюлозы и ее производных.— Минск: Наука и техника, 1983.
[3]. Кэри П. Применение спектроскопии КР и РКР в биохимии.— М.: Мир, 1985.— С. 244—246.
[4]. Химия и технология целлюлозного производства / А. Н. Жилкин, Д. А. Сухов, П. М. Валов, Е. А. Иванова: Межвуз. сб. науч. тр.— Л.: ЛТА, 1986.— С. 37—39.
[5]. Atalla R. H. Raman spectral evidence of molecular orientation in native cellulosic fibers // Proceed. of Int. Conf. on Raman Spectroscopy.— Ottawa, North-Holland, Amsterdam, N. Y., 1980.— P. 618—619.
[6]. Krässig H. Structure investigation on cellulose fibers using IR-spectroscopy and X-ray diffraction // Appl. Polym. Symp.— 1976.— V. 2, N. 28.— P. 777—790.
[7]. Liang C. Y., Marchessault R. H. Infrared spectra of crystalline polysaccharides. I. Hydrogen bonds in native cellulose // J. Polymer Sci.— 1959.— V. 37.— P. 385—392.
[8]. Mukherjee P. S. Structure—property relations in native cellulose fibers: dielectric properties // Polym. commun.— 1984.— V. 12, N 25.— P. 382—385.
[9]. Nakao T., Okano T. Degree of crystallinity of wood cellulose dependence of heat treatment // J. Polym. Sci. Polym. Lett. Ed.— 1985.— V. 12, N 23.— P. 647—649.
[10]. Wiley J. H., Atalla R. H. Band assignment in the Raman spectra of celluloses // Carbohydr. Res.— 1987.— V. 160.— P. 113—129.

Поступила 29 февраля 1988 г.

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 630*79 : 630*68

**ФОРМИРОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ОТНОШЕНИЙ
ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОЙ И ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННОЙ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
В КОМПЛЕКСНЫХ ЛЕСНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ**

С. Л. ИГОЛКИН

Ленинградская лесотехническая академия

Результатом деятельности комплексных лесных предприятий (КЛП) является не только продукция заготовки и переработки древесины, но и воспроизводство лесных ресурсов. Поэтому хозяйственный механизм КЛП должен оказывать равное стимулирующее воздействие на развитие двух видов деятельности: лесопромышленной и лесохозяйственной. Экономические отношения между ними формируются в направлении использования трудовых ресурсов и основных фондов и обеспечения лесовосстановления путем совершенствования технологии лесозаготовок и проведения лесохозяйственных мероприятий. В настоящее время, ввиду отсутствия хозрасчетной организации лесовыращивания, взаимодействие происходит в основном по первым двум направлениям, когда в административном порядке осуществляется маневр рабочей силой и техникой между лесным хозяйством и лесозаготовками. Такой маневр определяет режим работы комплексного предприятия.

В основном режим работы формируется исходя из производственной программы предприятия, обеспеченности кадрами и сезонности выполняемых работ. Существующие режимы работы КЛП далеки от оптимальных, хотя в свое время Т. С. Лобовиковым и Г. Г. Сухановым была предложена модель оптимизации режима по критерию минимума суммарных трудовых затрат*. Эта модель была проверена на примере предприятий, не являющихся комплексными, и показала свою дееспособность.

Основную роль при оптимизации играет информационная база в виде показателей трудоемкости и производительности машин. Для этого необходимо изучить фактическое использование трудовых ресурсов и основных фондов в КЛП. Такая работа была проведена нами на базе двух предприятий: Выгодского лесокомбината производственного объединения Прикарпатлес и Бобровского лесокомбината Воронежского управления лесного хозяйства. Структура производственной деятельности лесокомбинатов приведена в таблице.

Несмотря на различные природно-климатические и экономические условия функционирования (сырьевая база, уровень концентрации и специализации и т. д.), оба предприятия характеризуются относительно прогрессивной структурой производства. Об этом свидетельствует, в частности, доля продукции деревообработки в общем объеме товарной продукции: в Бобровском лесокомбинате она составила 84,2 %.

* Суханов Г. Г. Оптимизация режима производства в лесных предприятиях средней и северной тайги (по комплексу: лесозаготовка, лесное хозяйство, деревообработка, сельхозпроизводство): Дис... канд. экон. наук.— Л.: ЛТА, 1984.— 156 с.

**Структура производства Выгодского
и Бобровского лесокOMBинатов (1986 г.)**

Показатели	Выгод- ский ЛК	Бобров- ский ЛК
Товарная продукция, млн р.:	$\frac{28,8}{100,0}$	$\frac{3,8}{100,0}$
лесоэксплуатация	$\frac{4,6}{16,0}$	$\frac{0,6}{15,8}$
деревообработка	$\frac{18,0}{63,0}$	$\frac{3,2}{84,2}$
лесохимия	$\frac{6,2}{21,0}$	—
Численность рабочих, чел.:	$\frac{2974}{100,0}$	$\frac{919}{100,0}$
лесоэксплуатация	$\frac{928}{31,0}$	$\frac{289}{31,4}$
деревообработка	$\frac{1559}{53,0}$	$\frac{519}{56,5}$
лесохимия	$\frac{243}{8,0}$	—
лесное хозяйство	$\frac{244}{8,0}$	$\frac{111}{12,1}$
Среднегодовая стоимость ос- новных промышленно-про- изводственных фондов, млн р.:	$\frac{33,6}{100,0}$	$\frac{2,7}{100,0}$
лесоэксплуатация	$\frac{7,5}{22,3}$	$\frac{0,8}{29,6}$
деревообработка	$\frac{24,1}{71,7}$	$\frac{1,9}{70,4}$
лесохимия	$\frac{2,0}{6,0}$	—
Основные фонды лесного хо- зяйства, млн р.	3,1	0,6

Примечание: В числителе — абсолютное значение показателя; в знаменателе — доля, %.

в Выгодском (с учетом продукции лесохимического производства) — 84 %.

На рис. 1 и 2 показано изменение в течение года фактического уровня производственной трудоемкости на основных видах лесохозяйственных и лесозаготовительных работ в Бобровском лесокOMBинате. Анализ уровня этого показателя позволяет сделать следующие выводы.

Значительно изменяется, особенно на лесохозяйственных работах, абсолютное значение трудоемкости, что объясняется как объективными факторами, так и недостатками в организации работ, в планировании трудовых показателей.

Прослеживается достаточно четкая тенденция: фактическая трудоемкость на лесозаготовках снижается в осенне-зимний период, на лесохозяйственных работах — в весенне-летний. Сравнение производственной трудоемкости на лесозаготовках в Бобровском и Выгодском лесокOMBинатах (рис. 3) показывает, что среднегодовой уровень ее ниже во втором. Изменения уровня трудоемкости в течение года в Бобровском лесокOMBинате более значительны.

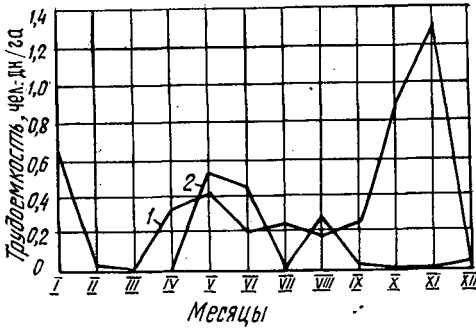


Рис. 1. Изменение уровня трудоемкости на основных видах лесохозяйственных работ в Бобровском лесокombинате в 1986 г.: 1 — при отводе лесосек; 2 — при уходе за лесными культурами

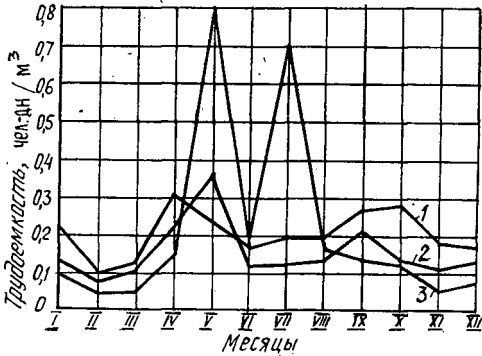


Рис. 2. Изменение уровня трудоемкости на основных видах лесозаготовительных работ в Бобровском лесокombинате в 1986 г.: 1 — на валке; 2 — на трелевке; 3 — на вывозке

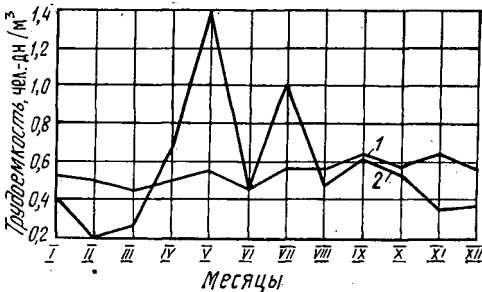


Рис. 3. Изменение уровня производственной трудоемкости на лесозаготовках в 1986 г.: 1 — в Выгодском; 2 — в Бобровском лесокombинатах

В общем виде экономический эффект от рационального использования рабочей силы в КЛП сводится к снижению трудоемкости основного производства на лесозаготовках и в лесном хозяйстве и соответствующей экономии заработной платы рабочих. Эффект определяется по формуле

$$\mathcal{E} = \Delta T_{лз} \cdot СЗП_{лз} + \Delta T_{лх} \cdot СЗП_{лх}, \quad (1)$$

где

$\Delta T_{лз}$ — снижение трудозатрат на лесозаготовках, ввиду лучшего использования рабочего времени и сезонных преимуществ, чел.-дн;

$\Delta T_{лх}$ — снижение трудозатрат на лесохозяйственных работах за счет роста производительности труда, чел.-дн;

$СЗП_{лз}$, $СЗП_{лх}$ — средняя дневная заработная плата одного рабочего на лесозаготовках и в лесном хозяйстве, р.

Особого рассмотрения заслуживает формирование взаимоотношений между лесозаготовками и лесным хозяйством при лесовосстановлении. В настоящее время интересы этих отраслей при лесовосстановлении различны. Для лесозаготовителей полное использование техники

обеспечивается лишь при проведении сплошных концентрированных рубок, когда нет условий для естественного лесовозобновления за счет сохранения подроста хвойных пород. Этому способствуют и методы оценки и стимулирования лесозаготовительного производства, когда главным показателем производственной программы лесопунктов, участков, бригад являются объемы вывозки и производства деловой древесины. Высокий уровень названных показателей достигается в основном не за счет полного использования отводимого в рубку лесосечного фонда, а вовлечением в эксплуатацию дополнительных лесных массивов с оставлением недорубов, низкотоварной древесины и лесосечных отходов. При этом отсутствуют какие-либо хозрасчетные экономические отношения между лесозаготовителями и лесным хозяйством по поводу будущего лесовосстановления на вырубаемых площадях, кроме наложения штрафных санкций за нарушения правил рубок.

В настоящее время эти отношения существуют лишь в виде взимаемой с лесозаготовителей попенной платы за отведенный в рубку лесосечный фонд. При этом обе стороны не испытывают стимулирующего воздействия названного финансового платежа: предприятия лесного хозяйства — поскольку их финансовое состояние не зависит от размера попенной платы; лесозаготовительные — поскольку попенная плата представляет собой часть плановых издержек производства и уровень ее относительно других элементов себестоимости не высок.

Для предотвращения негативных экологических последствий технического прогресса на лесозаготовках необходимо направить его на создание техники и технологии, удовлетворяющей лесоводственно-экологическим требованиям. Но для этого необходимо четко и обоснованно сформулировать лесоводственно-экологические требования в виде стандартов на разные системы и виды рубок.

При определении экологического ущерба всегда необходимо сравнивать два состояния экологических систем: нормальное (равновесное) и сложившееся в результате хозяйственных акций. Второе состояние должно быть обязательно выражено количественными параметрами в целях контроля за их изменением.

Объектом для определения ущерба при лесозаготовках является оставленная после рубки лесосека, рассматриваемая в качестве лесной экосистемы. Лесозаготовители в экологическом плане должны нести ответственность за состояние лесосеки в сравнении со стандартом, установленным в соответствии с лесоводственно-экологическими нормами. Стандарты состояния лесосек после вырубki должны быть дифференцированы по видам рубок, типам леса, породному составу лесосечного фонда и включать в себя следующие характеристики: сохранность подроста и подлеска, шт. на 1 га (в ориентировочной оценке); сохранность оставляемых семенных деревьев; состояние почвенно-грунтовых экосистем; степень очистки лесосек от порубочных остатков; степень повреждения деревьев в коридорах при выборочных рубках и др. Разработать стандарты должны лесоводственно-биологические науки.

Возмещение экологического ущерба возможно при двух формах экономических отношений между лесозаготовками и лесовосстановлением.

1. Лесозаготовки и лесовосстановление осуществляются разными предприятиями. В этом случае лесозаготовители предъявляют предприятиям лесного хозяйства лесосеку как объект будущего лесовосстановления; при несоответствии качества лесосеки установленным стандартам экологический ущерб возмещается непосредственно из прибыли леспромпхозов, образуя средства для целевого финансирования лесовыращивания дополнительно к операционным расходам,

2. Лесозаготовки и лесовыращивание выполняются комплексным предприятием. При переводе лесохозяйственной деятельности на хозяйственный расчет объектом реализации, наряду с лесоматериалами, становится облесенная лесосека в возрасте смыкания культур, которая принимается специальным контрольным органом как законченный результат лесозаготовительной и лесохозяйственной деятельности, оплачиваемый по соответствующим ценам. В этом случае экологический ущерб на лесозаготовках компенсируется повышенными затратами на лесовыращивание, что снижает прибыль по этой деятельности.

КЛП, будучи обязанным предъявить облесенные в соответствии со стандартами лесные площади, должно определять техническую политику на лесозаготовках так, чтобы снизить свои же затраты на лесовосстановление.

Экологический ущерб должен также учитываться при оценке эффективности мероприятий по ускорению научно-технического прогресса на лесозаготовках через увеличение приведенных затрат по формуле

$$ПЗ = C + U_{\text{экол}} + E_n K, \quad (2)$$

где $ПЗ$ — приведенные затраты;

C — текущие затраты;

$U_{\text{экол}}$ — экологический ущерб;

E_n — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений;

K — капитальные вложения.

Практика показывает, что с помощью традиционных экономических методов невозможно объективно и полно оценить деятельность предприятий по использованию и воспроизводству лесных ресурсов. Более объективна эколого-экономическая оценка.

Поэтому совершенствование хозяйственного механизма в КЛП должно быть направлено на создание между лесопромышленной и лесохозяйственной деятельностью таких отношений, которые, с одной стороны, обеспечивали бы одинаковые стимулы для развития лесного хозяйства, лесозаготовок и деревопереработки; с другой, давали бы возможность интегральной эколого-экономической оценки проводимых мероприятий в системе названных производств.

Поступила 1 февраля 1988 г.

УДК 658.152

ФОНДОТДАЧА В ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ И КОНТРОЛЬ ЗА ЕЕ УРОВНЕМ

Э. В. ЗАЛУКАЕВА, Т. М. БРОВИНА

Архангельский лесотехнический институт

Эффективность научно-технического прогресса зависит не только от наращивания выпуска новейшей техники, но и от лучшего использования имеющихся основных фондов, увеличения съема продукции с каждой единицы оборудования.

Как отмечалось на XXVII съезде КПСС, в ближайшие 15 лет ставится задача внести перелом в динамику показателя фондоотдачи в два этапа: на первом этапе — в первой половине 90-х гг. — стабилизировать фондоотдачу, а в последующем обеспечить ее рост.

В течение последних пятилеток фондоотдача снижалась как в целом по народному хозяйству, так и по отдельным отраслям промыш-

ленности. В лесозаготовительной промышленности только за две последние пятилетки основные фонды увеличились на 71 %, а выпуск товарной продукции уменьшился на 4,1 %, т. е. фондоотдача составила всего 56 % к уровню 1975 г.

Снижение фондоотдачи связано с тем, что прирост производительности труда происходит в условиях более значительного прироста основных производственных фондов. Требование времени — создание «противозатратного» хозяйственного механизма. Для этого необходимо, чтобы и использование основных фондов сказывалось на положении предприятий, и они были заинтересованы в достижении определенного уровня фондоотдачи.

В составе экономических нормативов, утверждаемых в настоящее время предприятию, есть нормативы, регулирующие использование двух производственных факторов: предметов труда (через норматив предельного уровня запаса товарно-материальных ценностей на 1 р. реализованной продукции) и трудовых ресурсов (через нормативное соотношение между приростом производительности труда и средней заработной платы), но нет аналогичного норматива для контроля за использованием средств труда (основных производственных фондов).

На наш взгляд, для контроля за использованием основных производственных фондов следует исходить из взаимосвязи показателей фондоотдачи фондовооруженности и производительности труда.

Как известно, фондоотдача изменяется прямо пропорционально росту производительности труда и обратно пропорционально росту фондовооруженности. Считаем целесообразным устанавливать норматив роста фондовооруженности на 1 % роста производительности труда. Это нормативное соотношение можно представить следующим образом:

$$K = I_{фв}/I_{пт},$$

где $I_{фв}$ — индекс роста фондовооруженности работников;

$I_{пт}$ — индекс роста производительности труда.

Экономический смысл величины K в том, что она показывает, при каком росте фондовооруженности получен 1 % роста производительности труда. При $K < 1$ фондоотдача увеличивается, при $K = 1$ — остается неизменной, при $K > 1$ — снижается.

В настоящее время наблюдается опережение темпов роста фондовооруженности над темпами роста производительности труда, т. е. $K > 1$.

Для стабилизации фондоотдачи необходимо постепенно снижать этот коэффициент и довести его до единицы. Необходимое условие роста фондоотдачи — опережение темпов роста производительности труда по сравнению с темпами роста фондовооруженности, т. е. доведение нормативного соотношения до значения, меньшего единицы.

Вместе с тем, значение K можно рассматривать как обратную величину индекса фондоотдачи, т. е.:

$$K = 1/I_{фо},$$

где $I_{фо}$ — индекс изменения фондоотдачи.

Отсюда можно контролировать взаимосвязь между нормативным соотношением и запланированным ростом фондоотдачи на пятилетку.

Исходя из того, что $K = I_{фв}/I_{пт}$, можно представить изменение фондовооруженности как $I_{фв} = KI_{пт}$.

Изменение фондовооруженности можно выразить также через индексы роста стоимости промышленно-производственных основных фон-

дов ($I_{\text{ппоф}}$) и численности промышленно-производственного персонала ($I_{\text{ппп}}$) следующим образом:

$$I_{\text{фв}} = I_{\text{ппоф}}/I_{\text{ппп}}$$

После соответствующих преобразований получаем $I_{\text{ппоф}} = KI_{\text{пт}}I_{\text{ппп}}$. Таким образом, зная рост производительности труда и изменение численности промышленно-производственного персонала, а также заданную величину нормативного соотношения K , можно определить прирост стоимости промышленно-производственных основных фондов, который не вызовет падения фондоотдачи:

$$\text{ППОФ} = KI_{\text{пт}}I_{\text{ппп}} - 1.$$

Соблюдение нормативного соотношения между ростом фондовооруженности и производительности труда может быть использовано в стимулировании производства, например через корректировку отчислений в фонд развития производства как основного источника технического перевооружения производства действующих предприятий. Отчисления в фонд развития производства не изменяются, если $K_{\text{ф}} \leq K_{\text{н}}$; при $K_{\text{ф}} > K_{\text{н}}$ часть средств фонда развития производства должна быть зачислена в резерв или направлена в фонд социального развития.

Нами были распределены лесозаготовительные предприятия ТПО Архангельсклеспром на группы в зависимости от уровня фондовооруженности одного работающего, колеблющейся в значительных пределах: от 4,5 до 31 тыс. р. В связи с таким широким диапазоном уровня фондовооруженности было выделено 6 групп предприятий. В последнюю группу вошли, главным образом, новые высокомеханизированные предприятия, средний уровень фондовооруженности в которых составил 22 тыс. р.

Группы предприятий по фондовооруженности одного работающего, тыс. р.	Фондовооруженность одного работающего, р.	Выработка товарной продукции на работающего, р.	Фондоотдача, к./р.	Соотношение между ростом фондовооруженности и производительности труда
До 5,0	4 498	4 681	99,4	0,955
5,0... 7,5	6 637	7 794	110,2	0,939
7,5... 10,0	8 520	8 042	90,1	0,955
10,0... 12,5	11 148	8 031	68,0	0,945
12,5... 15,0	13 620	9 078	69,1	1,038
15,0 и более	21 928	9 776	42,3	0,948

Из таблицы видно, что между средними показателями фондовооруженности, производительности труда и фондоотдачи существует тесная связь: чем выше фондовооруженность, тем выше производительность труда и ниже фондоотдача, т. е. показатели производительности труда и фондоотдачи изменяются в разных направлениях. Это свидетельствует о том, что лесозаготовительные предприятия, занимаясь техническим совершенствованием производства, мало заботятся об эффективном использовании техники, поставив главной целью рост производительности труда, который достигается «дорогой ценой».

Средняя фондовооруженность в рассматриваемых группах различается почти в 5 раз, а производительность труда всего в 2 раза. Поэтому предприятия со сравнительно низким уровнем фондовооруженности

обеспечивают фондоотдачу в 2—2,5 раза выше, чем хорошо оснащенные фондами предприятия.

Фактическое соотношение между ростом фондовооруженности и производительности труда мало различается по группам предприятий, хотя сама фондовооруженность изменяется от 4 до 22 тыс. р.

Предлагаемые нормативы должны утверждать предприятиям вышестоящая организация в зависимости от периода развития предприятия. Для новых предприятий это соотношение может быть установлено выше единицы с последующим снижением по мере освоения производственных мощностей. Это же относится и к предприятиям, нуждающимся в реконструкции. Для остальных предприятий норматив следует устанавливать обязательно меньше единицы с постепенным снижением его во все большей степени.

Поступила 4 июля 1988 г.

УДК 331.024.3

УДОВЛЕТВОРЕННОСТЬ РАБОТОЙ КАК ФАКТОР РОСТА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА

Э. Н. КУЗЬБОЖЕВ, В. В. ФАУЗЕР

Сыктывкарский государственный университет
ПО Сыктывкарский ЛПК

Рост производительности труда (P_T) — основное условие финансовой самостоятельности производственных объединений и предприятий. Поэтому обоснование изменения P_T в зависимости от действия различных факторов становится важнейшим элементом плановой практики в условиях полного хозяйственного расчета.

Единая классификация факторов роста P_T была впервые применена в Методических указаниях Госплана СССР к разработке государственных планов народного хозяйства СССР (1974 г.). Все факторы были объединены в четыре группы: повышение технического уровня производства; совершенствование управления, организации производства и труда; изменение объема и структуры производства; отраслевые факторы. Именно эта классификация была распространена более всего в плановой работе до выхода последних методических указаний (1980 г.). Недостатки первой классификации состояли в том, что первые три группы факторов характеризовали направление действия, а четвертая группа — место действия; не были конкретизированы факторы, характеризующие управление производством, уровень образования трудящихся и др.; детализация разных групп факторов была различной. В используемых сейчас методических указаниях классификация факторов производительности изменена, число групп достигло шести.

Во всех классификациях достаточно отчетливо прослеживается тенденция уделять все больше внимания факторам социального характера.

Влияние большинства социальных факторов на уровень P_T в плановой практике можно описать уравнениями регрессии; силу их действия характеризуют коэффициенты эластичности. Достаточно подробно это изложено в [2]. Для изучения действия такого специфического фактора как удовлетворенность работой следует применять несколько иной методический аппарат. Во многом он опирается на результаты конкретных социологических исследований, проводимых службами социального развития объединений, предприятий.

Обсуждаемые ниже примеры отражают результаты социологических опросов, проведенных авторами в ПО Сыктывкарский ЛПК в

1987 г. В качестве объекта исследования выбраны две группы выборочной совокупности: довольные и недовольные работой. В выборке доля довольных составляет 32,2 %, недовольных — 6,0 %. Среди довольных больше лиц мужского пола (55 %), среди недовольных — женского (73 %). На долю лиц до 30 лет среди довольных приходится 33,3 %, среди недовольных — 49,2 %; среди лиц старше 45 лет — соответственно 20,7 и 3,1 %. Условия труда довольные оценивают выше. Хорошими назвали их 15,6 % опрошенных довольных, 9,1 % недовольных, плохими — соответственно 28,9 и 59,1 %. У довольных работой выше тарифно-квалификационные разряды. Остальные характеристики описываемых групп приводятся по тексту.

В таблице показана зависимость между степенью удовлетворенности работой, трудовыми установками и результатами труда.

Трудовые установки работников довольных и совершенно недовольных работой, %

Реализация трудовых установок	Степень проявления у довольных				Степень проявления у недовольных			
	Практически всегда	Довольно часто	Иногда	Практически никогда	Практически всегда	Довольно часто	Иногда	Практически никогда
Работают в полную меру своих сил и способностей	61,5	27,9	9,7	0,9	37,1	33,9	19,4	9,6
Заинтересованы выполнить работу лучше	88,0	9,6	1,9	0,5	62,1	24,1	13,8	—
Проявляют инициативу в работе	47,8	24,4	24,7	3,1	25,9	24,1	43,1	6,9
Успешно справляются с заданием	70,2	23,7	5,8	0,3	52,5	28,8	13,6	5,1
Выступают против недостатков в работе	40,5	20,3	35,4	3,8	25,8	24,2	37,1	12,9
Оказывают помощь коллегам	65,0	20,1	13,0	1,9	57,4	16,4	24,6	1,6

Сведения, приведенные в таблице, убедительно свидетельствуют, что по всем анализируемым позициям трудового процесса установки работников, довольных своей работой, значительно выше, чем у тех, кто ею не доволен. Удовлетворенные работой занимают более активную жизненную позицию, охотно помогают товарищам по работе, активно выступают против недостатков в организации труда и обеспечении его безопасности, являются инициаторами полезных начинаний. Следовательно, политика на повышение удовлетворенности работой, устранение преград, мешающих работать с полной отдачей, добиваться качественного выполнения всех работ, трудиться честно, добросовестно и результативно, сулит значительный выигрыш в повышении P , а следовательно, и эффективности производства.

Степень удовлетворенности работой зависит от половозрастной структуры коллектива. Если в нем преобладают женщины наиболее молодых возрастов, то отсутствие возможности устройства детей в дошкольные учреждения, трехсменная работа, неудовлетворительное бытовое обслуживание на территории объединения вызовет снижение удовлетворенности работой персонала ЛПК.

Исследование подтвердило и следующее предположение: с повышением возраста человека все более устраивает режим, условия и организационные формы трудового процесса, в которых он участвует. Молодые работники предъявляют более высокие требования к организации труда. На наш взгляд, это является следствием объективных процессов. Любое новшество, любое облегчение труда, его условий, решение социально-бытовых проблем касается прежде всего лиц, имеющих боль-

ший стаж работы и, естественно, возраст. Любое прогрессивное изменение в содержании труда, уровне жизни формируют у старших более высокую удовлетворенность работой.

Иначе у молодых. Их требования к содержанию и условиям труда формируются в семье и средствами массовой информации. И не всегда ожидания молодых реализуются. Кроме того, существующая на Сыктывкарском ЛПК система предоставления социально-бытовых благ работнику в зависимости от его трудового стажа, а не вклада, не способствует развитию привязанности молодых к предприятию, желанию трудиться длительное время, с наибольшей отдачей и в конечном итоге — росту удовлетворенности трудом.

Остановимся на некоторых частных факторах, влияющих на удовлетворенность работой: обеспеченность жилой площадью; оплата труда; социально-психологический климат.

По первому фактору выявлена следующая зависимость: живущие в благоустроенных квартирах имеют лучшие трудовые показатели, чем не обеспеченные благоустроенным жильем; у них выше активность в общественной работе, в рационализаторстве и изобретательстве; среди них меньше нарушителей трудовой дисциплины. Анализ обеспеченности жильем в зависимости от стажа работы показывает, что даже работники, проработавшие в объединении более 15 лет, обеспечены благоустроенными квартирами только на 92 %. Остальные проживают в общежитиях (1,3 %), в коммунальных (3,5 %) и неблагоустроенных (1,8 %) квартирах. Несомненно, что решение жилищного вопроса является мощным стимулом улучшения качества труда, а значит, и его производительности. Этому должно способствовать усиление контроля за распределением квартир, изменение оплаты жилья, связанное с его размерами, качеством, расположением.

Рассмотрим материальное стимулирование труда. В ходе опроса выявлено, что независимо от категории работающих более половины респондентов (54,1 %) не считают, что их труд оплачивается хорошо; 28,8 % считают, что размер заработка зависит от выполнения плана объединением; каждый четвертый связывает размер заработной платы со штатным расписанием, т. е. с занимаемой должностью; каждый пятый — с результатами труда первичного коллектива; 6,5 % — со своим личным вкладом; 5,6 % — с взаимоотношениями с руководителями.

В объединении материальное вознаграждение работника не зависит от его личных усилий, мастерства, т. е. индивидуального вклада в общие результаты работы предприятия. Не на должной высоте оплата коллективного труда первичного коллектива. Следует искоренить причины, ставящие заработок в зависимость от взаимоотношений с руководителями.

Следующим фактором, способствующим повышению удовлетворенности работой, выступает здоровый социально-психологический климат и эффективная система мер по его регулированию.

Материалы исследования показали, что в большинстве коллективов (83 %) случаются конфликты. Основные причины возникновения конфликтов: неудовлетворительное обеспечение работой и отсутствие предпосылок для ее выполнения (28,1 %), несовершенная система оплаты труда и ошибки нормирования (27,5 %), несправедливое распределение материальных благ в коллективе (24,0 %), непорядочность отдельных членов коллектива (20,1 %), низкий уровень культуры некоторых работников (19,5 %). Чаще всего конфликты возникают в звене руководитель — подчиненный. Например, свои отношения с товарищами по работе как хорошие оценили 76,6 % опрошенных, а с непосредственным руководителем — только 47,5 %. У ИТР основные причины конфликтов связаны с выполнением работы и неэтичным поведением

некоторых коллег. У служащих доминируют иные причины. Одна связана с межличностным общением, другая — с несправедливым распределением материальных благ. Младший обслуживающий персонал причины конфликтов связывает с работой и ее оплатой. Рабочие отмечают, прежде всего, плохие условия труда как первопричину напряженных отношений; затем указывают причины производственного характера.

Итак, основой возникновения конфликтов выступают причины, связанные с работой и межличностным общением; при этом причины производственного характера явно доминируют.

Подведем итоги. Удовлетворенность работой, как синтетический показатель из группы социальных факторов роста P_T , в настоящее время характеризуется преимущественно социологическими признаками. Его влияние на P_T опосредовано, поскольку удовлетворенность работой зависит от развития всех сторон жизнедеятельности коллектива. Следовательно, применять его в плановой практике (например, с помощью регрессивных функций) методически пока не представляется возможным. Нужен иной, опосредованный путь. Суть его в следующем.

Удовлетворенность работой как синтетический показатель представляем функцией нескольких показателей — аргументов: возрастом работника, уровнем его образования, обеспеченности жильем, бытового обслуживания, заработка, конфликтности и т. п. Для перечисленных показателей формируется база статистических данных в составе автоматизированной системы управления социальными факторами роста P_T . Последняя, в свою очередь, создается как подсистема АСУ социальным развитием трудового коллектива (см., например, [2]).

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Кузьбожев Э. Н. Социальное развитие коллективов и его связь с производительностью труда // Лесн. журн.—1985.— № 2.— С. 99—103.— (Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Социальное управление на предприятии и в регионе: Методич. рекомендации / Э. Н. Кузьбожев, В. В. Фаузер, А. В. Суслов и др.— Сыктывкар: РИО Госкомиздата Коми АССР, 1987.— 81 с.

Поступила 11 июля 1988 г.

УДК 674.093.26.003.1

ПРОГРАММНО-ЦЕЛЕВОЙ ПОДХОД К ВОПРОСУ СНИЖЕНИЯ МАТЕРИАЛОЕМКОСТИ ФАНЕРЫ

А. С. ЛЕВИН, А. И. КОРАБЛЕВ

НПО Научфанпром, Ленинградская лесотехническая академия

В 1986 г. Минлесбумпромом СССР была разработана программа «Экономия», направленная на экономию сырьевых, топливно-энергетических и других материальных ресурсов*. Реализация в полном объеме всего комплекса мероприятий должна обеспечить снижение уровня материалоемкости продукции министерства к 1990 г. на 3,6 % по сравнению с уровнем 1985 г., в том числе снизить материалоемкость фанеры на 29,7 млн р. за счет экономии материальных ресурсов. Научной базой разработки программы послужил системный анализ [1].

В системном анализе существует определенная логика решения проблемы: цели — пути их достижения — ресурсы. Исследуемую проблему разделяют на элементы (принцип структуризации) с использованием дерева целей. При построении дерева целей большое значение

* Далее — материальные ресурсы.

имеет классификация его элементов. Наиболее полную классификацию, охватывающую комплекс направлений по экономии материальных ресурсов, предложил проф. А. П. Петров [3, с. 8—13]. Она включает:

- совершенствование структуры экономии материальных и энергетических ресурсов;
- организационные мероприятия на уровне народного хозяйства;
- организационно-технические мероприятия на уровне отраслей, предприятий (объединений);
- организационно-экономические мероприятия;
- проведение воспитательных и пропагандистских мер с целью выработки хозяйского и бережного отношения человека к природным богатствам.

Направления, их разделы и подразделы данной классификации, а также некоторые особенности снижения материалоемкости продукции легли в основу предлагаемой ниже классификации направлений снижения материалоемкости фанеры и построенного на ее базе дерева целей.

Первым классификационным признаком является отношение направления снижения материалоемкости продукции к трем уровням управления производством: народнохозяйственному, отраслевому, внутрипроизводственному.

Второй классификационный признак — вид продукции (на уровне отрасли или подотрасли производства).

Третий признак — элемент затрат (сырье и основные материалы, вспомогательные материалы и другие элементы материальных затрат).

Четвертый классификационный признак — вид ресурса.

К пятому относятся основные пути реализации снижения материалоемкости, в каждом из которых затем выделяют как шестой классификационный признак конкретные способы их реализации:

1. Конструкторско-технические:

- 1.1 — создание новой техники, внедрение которой позволяет снижать удельный расход ресурсов;
- 1.2 — разработка новых видов материально-технических ресурсов;
- 1.3 — разработка новых видов продукции с более низкой, по сравнению с выпускаемой продукцией, материалоемкостью.

2. Технологические:

- 2.1 — разработка новых технологических процессов, снижающих удельный расход ресурсов в производстве традиционных видов продукции;
- 2.2 — разработка технологических процессов для производства новых экономичных видов продукции;
- 2.3 — технологическое обеспечение повышения качества продукции.

3. Организационные:

- 3.1 — совершенствование форм организации производства в целях более полного использования ресурсов, вовлечения в производство отходов (комбинирование, специализация, кооперирование, концентрация);
- 3.2 — создание территориальных межотраслевых предприятий по переработке отходов производства;
- 3.3 — организация внутризаводского хозрасчета.

4. Экономические:

- 4.1 — стимулирование экономии ресурсов в производстве коллективами предприятий (объединений);
- 4.2 — стимулирование выпуска новой, менее материалоемкой продукции;
- 4.3 — стимулирование повышения качества продукции;

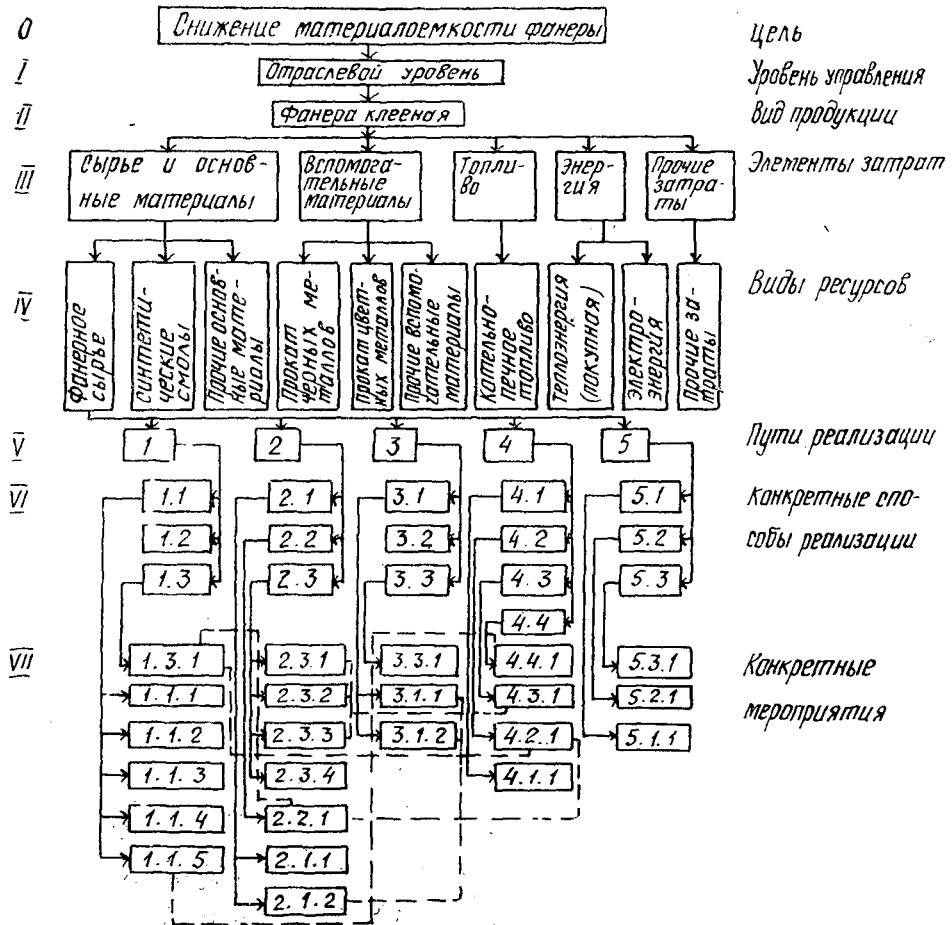
4.4 — совершенствование системы учета и отчетности по ресурсопотреблению.

5. Социально-правовые:

5.1 — организация социалистического соревнования в области ресурсосбережения;

5.2 — пропаганда рачительного, хозяйского подхода к материальным ресурсам, воспитание бережного отношения к ним;

5.3 — совершенствование системы правоохранительных мер, направленных на пресечение халатного отношения к материальным ценностям, хищений социалистической собственности, активизация деятельности комитетов народного контроля и т. п.



Фрагмент дерева целей проблемы снижения материалоемкости фанеры (по фанерному сырью)

Дальнейшая структуризация конкретных способов реализации позволяет определить состав конкретных организационно-технических мероприятий (ОТМ). Приведенная классификация позволяет построить дерево целей проблемы «Снижение материалоемкости фанеры». На рисунке приведен фрагмент дерева целей, на последнем VII уровне которого представлены ОТМ, составившие основу отраслевого раздела программы «Экономия». Элементами, обозначенными на рисунке цифрами, являются следующие ОТМ:

- 1.1.1 — роторные ножницы;
- 1.1.2 — система автоматического регулирования параметров гидротермообработки фанерного сырья (САРГ);
- 1.1.3 — манипуляторы сырья типа «Фиенарс»;
- 1.1.4 — система автоматического управления процессом прессования (САУП);
- 1.1.5 — система автоматического учета сырья в луцильном цехе (КСАУ);
- 1.3.1 — разработка новых видов фанерной продукции с использованием в качестве наружных и внутренних слоев ДСП, ДВП, неформатного шпона, асбеста, картона и др.;
- 2.1.1 — влажное хранение сырья (дождевание, бассейны и т. п.);
- 2.1.2 — окорка сырья;
- 2.2.1 — разработка технологии производства новых видов фанерной продукции (фенофан и др.);
- 2.3.1 — ребросклеивание шпона;
- 2.3.2 — починка шпона;
- 2.3.3 — починка фанеры;
- 2.3.4 — отделка фанеры;
- 3.1.1 — комбинирование фанерного производства с производством ДСП, ДВП, целлюлозно-бумажным и др.;
- 3.1.2 — кооперирование поставок технологической щепы из отходов фанерного производства;
- 3.3.1 — бригадный подряд;
- 4.1.1 — разработка положения о премировании;
- 4.2.1 — стимулирование разработчиков и изготовителей новых эффективных видов фанеры (отчисления в фонды экономического стимулирования предприятий и организаций за счет дополнительной прибыли от поощрительной надбавки к цене);
- 4.3.1 — стимулирование повышения качества фанерной продукции;
- 4.4.1 — внедрение нормативного метода учета затрат;
- 5.1.1 — организация социалистического соревнования за экономию фанерного сырья;
- 5.2.1 — распространение передового опыта по экономии фанерного сырья (конференции, семинары, выставки, печать и т. п.);
- 5.3.1 — активизация работы постов народного контроля и других общественных организаций по борьбе с потерями сырья и т. д.

Круг конкретных ОТМ*, как это следует из приведенного перечня, довольно широк. Использование дерева целей с его четкой иерархией уровней позволило не только сгруппировать уже известные ОТМ, но и выявить перспективные, а также определить зависимость их друг от друга (на рисунке отмечена пунктирной линией) и установить приоритетность отдельных ОТМ. Дерево целей должно являться основой при разработке плана (программы) с учетом всех стадий, начиная с планирования научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ и кончая внедрением на конкретных предприятиях отрасли.

Выполнение плана по снижению материалоемкости фанеры в годы двенадцатой пятилетки (как раздела программы «Экономия») позволит получить к 1990 г. по сравнению с 1985 г. экономию материальных ресурсов в размере 32,8 млн. р., что превысит задание (29,7 млн. р.) и явится существенным вкладом в дело интенсификации производства.

* ОТМ приведены для фанерного сырья, затраты на которое в материалоемкости фанеры составляют более 80 % [2, с. 102]. В программу «Экономия» включены ОТМ и по другим материальным и топливно-энергетическим ресурсам.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Голубков Е. П. Использование системного анализа в принятии плановых решений.— М.: Экономика, 1982.— 160 с. [2]. Левин А. С. Планирование материальной емкости продукции фанерного производства // Новое в производстве фанеры и фанерной продукции: Сб. трудов ЦНИИФ.— М., 1985.— С. 100—104. [3]. Петров А. П. Экономические предпосылки и организация рационального использования сырьевых, топливно-энергетических и других материальных ресурсов в промышленности // Пути экономии лесосырьевых и топливно-энергетических ресурсов на предприятиях лесной и деревообрабатывающей промышленности.— Л.: ЛДНТП, 1983.— С. 5—14.

Поступила 13 февраля 1987 г.

УДК 630*79

ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМБИНИРОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА И ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В. С. СОМИНСКИЙ, В. Л. ЗАЙЦЕВА

Ленинградский технологический институт ЦБП

Одна из важнейших проблем эффективного развития лесопромышленного комплекса (ЛПК) — комплексное использование древесины. Это предполагает наиболее полную и эффективную ее переработку, выпуск разнообразной продукции. Наряду с техническими решениями, существенное значение имеет создание организационных форм, обеспечивающих получение конечных продуктов с максимальным доходом. К организационным формам относятся в первую очередь комбинаты и объединения. При этом комбинирование отличается единством территории, общностью вспомогательного и обслуживающего хозяйства и другими признаками, обеспечивающими относительно более высокую эффективность комбинатов в сравнении с объединениями.

В ЛПК могут быть выделены три наиболее распространенных типа комбинатов, изготавливающих конечную продукцию. Два первых основаны на механической переработке древесины (мебельные и деревянного домостроения), третий — на комплексной химической или химико-механической переработке древесины и характерен для целлюлозно-бумажной промышленности (ЦБП).

Обобщающей оценкой эффективности работы комбинатов справедливо считать стоимость произведенной продукции из единицы переработанного сырья. Выполненные нами укрупненные расчеты позволяют сопоставить рассматриваемые типы комбинатов. Условно приняты одинаковые расстояния доставки древесины. В расчетах, результаты которых приведены в табл. 1, использованы действующие цены и нормативы удельных капитальных вложений, установленные на двенадцатую пятилетку. Исходные данные для пиломатериалов, фанеры, плит взяты из работы Н. А. Антропова*.

Результаты расчетов показывают, что эффективность работы комбинатов, основанных на химической переработке древесины, выше примерно в 1,5 раза. Несомненно эффективным является производство домов и мебели. Однако доля расхода древесины на эти цели относительно невелика и не может повлиять на эффективность структуры ЛПК в целом, где определяющей выступает доля целлюлозно-бумажной продукции. Разумеется, не может быть противопоставления различных ти-

* Антропов Н. А. Гарантия комплексного использования древесины в преимущественном развитии лесопиления // Деревообр. пром-сть.— 1987.— № 3.— С. 17—18.

Таблица 1

Себестоимость и приведенные затраты
при изготовлении лесобумажной продукции

Продукция	Норма расхода древесины на единицу продукции	Выход продукции из 1 м ³	Удельные капитальные вложения, р.	Себестоимость, р.	Приведенные затраты, р.
Лесопильные и деревообрабатывающие комбинаты					
Пиломатериалы, м ³	1,5	0,67	$\frac{90}{60}$	$\frac{40}{27}$	$\frac{51}{34}$
Фанера, м ³	2,5	0,40	$\frac{300}{120}$	$\frac{140}{56}$	$\frac{177}{70}$
ДСП, м ³	1,6	0,625	$\frac{120}{75}$	$\frac{70}{44}$	$\frac{88}{54}$
ДВП, тыс. м ²	9,6	0,104	$\frac{1000}{104}$	$\frac{400}{22}$	$\frac{520}{54}$
Дома деревянные, тыс. р.	2,5	0,400	$\frac{576}{230}$	$\frac{847}{339}$	$\frac{916}{366}$
Целлюлозно-бумажные комбинаты					
Бумага, т	3,9	0,256	$\frac{2140}{548}$	$\frac{638}{163}$	$\frac{895}{229}$
Картон, т	4,1	0,240	$\frac{1420}{381}$	$\frac{258}{62}$	$\frac{428}{108}$

Примечание. В числителе — значения показателей на единицу продукции; в знаменателе — на 1 м³ сырья.

пов комбинатов, ибо народное хозяйство нуждается также в деревянном домостроении, мебели, бумаге, картоне.

Существенные резервы повышения эффективности ЛПК имеются и в работе действующих целлюлозно-бумажных комбинатов (ЦБК). Наши исследования показывают, что эффективность ЦБК заметно различается. Для целей анализа мы выделили шесть групп комбинатов, охватывающих 48 предприятий (31,3 % всех предприятий ЦБП). К первой группе относятся комбинаты, производящие и перерабатывающие целлюлозу (полуцеллюлозу) и древесную массу в бумагу и картон; ко второй — производящие бумагу на основе совместной переработки различных по технологии изготовления волокнистых полуфабрикатов; к третьей — изготавливающие картон на основе совместной переработки целлюлозы и древесной массы; к четвертой — комбинаты по производству бумаги и картона на основе собственной целлюлозы и незначительного использования привозной древесной массы; к пятой — производящие целлюлозу и выпускающие ее, в основном, как товарную продукцию; к шестой — выпускающие картон на основе целлюлозы. В основу данной группировки положен принцип единства свойств (качеств) конечной продукции предприятия. На основе технико-экономических показателей работы комбинатов могут быть выделены лучшие предприятия в каждой группе. При этом основным критерием является, по нашему мнению, прибыль, полученная в расчете на одного работника промышленно-производственного персонала (ППП). Этот критерий может быть дополнен показателями производительности труда, фондоотдачи и рентабельности. Соответствующие данные приведены в табл. 2. Несомненный ин-

Таблица 2

Показатели эффективности работы ЦБК
по группам (1985 г.)

Группа	Комбинат	Прибыль на одного работника ППП, р.	Производительность труда, р.	Фондоотдача, к.	Рентабельность, %
1	Светлогорский	11 046	31 399	83	17,5
	Клайпедский	10 022	27 886	85	21,7
	Красноярский	5 989	27 880	60	4,2
2	Кондопожский	19 164	40 296	58	13,4
	Балахнинский	16 658	36 626	92	21,3
	Соликамский	15 454	34 448	83	19,4
3	Пермский	7 548	25 458	94	12,5
4	Котласский	21 534	40 776	73	30,3
	Архангельский	13 537	33 290	61	18,1
	Ингурский	8 446	22 630	113	17,2
5	Соломбальский	14 965	26 356	75	19,3
	Херсонский	14 288	32 072	72	16,0
	Байкальский	11 088	32 891	37	4,3
6	Майкопский	7 301	22 143	88	1,9
	Астраханский	5 037	20 230	57	6,9
	Селенгинский	4 307	21 698	33	1,8

терес представляет показатель трудовой рентабельности, т. е. величины прибыли, приходящейся на 1 р. заработной платы. Однако его расчет требует ряда уточнений, выходящих за пределы данного этапа исследований.

Наилучшие показатели отмечаются для Котласского, Кондопожского и Балахнинского ЦБК. Высокие показатели Котласского ЦБК определяются наличием в его составе комбинированных производств по изготовлению вискозной целлюлозы, высококачественной бумаги для печати, тарного картона и мешочной бумаги. Кроме того, на комбинате осуществляется комплексная переработка отработанных сульфитных и сульфатных щелоков. На Кондопожском ЦБК установлена самая мощная в СССР широкоформатная бумагоделательная машина для выработки газетной бумаги. На Балахнинском ЦБК выполнен комплекс работ по технической реконструкции древесно-подготовительного отдела и бумажного производства. Этот ЦБК работает на новых условиях хозяйствования с 1 января 1986 г. Для всех трех предприятий характерен общий высокий уровень организации производства.

При сопоставлении рассматриваемых групп предприятий можно установить, что более высокая эффективность достигается во второй группе комбинатов, состоящей из восьми предприятий, чья доля в общем объеме товарной продукции 22,8 %. Уровень комбинирования по волокнистым полуфабрикатам здесь 97,7 %, по бумаге — 5,0 %, по лесохимическим продуктам — 88,9 %.

Аналогичные сопоставления и расчеты представляются целесообразными по всем комбинированным производствам, связанным с переработкой древесины, что позволит выбрать наиболее рациональные типы комбинатов. Это, в свою очередь, полезно для обоснования инвестиций в ЛПК.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 630*232.315.4

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ
ЗОНЫ РАСПОЛОЖЕНИЯ РАЗГРУЗОЧНОГО ЛЮКА
В ОБЕСКРЫЛИВАТЕЛЕ ЦИКЛИЧНОГО ДЕЙСТВИЯ**

Л. Т. СВИРИДОВ, М. А. МАЛОФЕЕВА

Воронежский лесотехнический институт

В существующих конструкциях лесных семяочистительных машин периодическая очистка обескрыливающего барабана от крупных примесей и семян осуществляется или поворотом барабана на 180°, в результате чего загрузочное окно оказывается в нижней его части [4], или через люк, находящийся в стенке загрузочного бункера [2]. При этом вращающимися щетками семена выбрасываются в приемник для дальнейшей очистки.

В первом случае на выполнение операции требуются значительные затраты времени. Кроме того, конструкция барабана довольно усложнена. Во втором случае происходит повреждение семян о кромки загрузочного бункера, а площадь отверстия равна примерно 20...25 % всей рабочей поверхности барабана. Это приводит к снижению как производительности процесса обескрыливания и всей машины, так и качества обработки семян. Поэтому нами предложено устанавливать разгрузочный люк для периодической очистки непосредственно на обескрыливающем барабане и размещать в верхней его части [1] на нисходящем участке по ходу вращения щеток.

Для определения оптимальной зоны его расположения из условия наименьшего повреждения семян нами проведены теоретические и экспериментальные исследования.

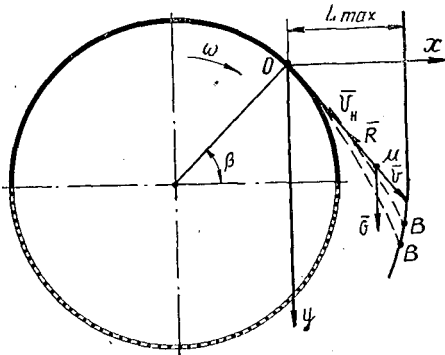


Рис. 1. Схема движения частиц, вылетающих из люка обескрыливателя

Рассмотрим движение частицы, вылетающей из люка в верхней его точке, положение которой определяется углом β (отсчет угла β от горизонтали). Скорость является начальной по отношению к дальнейшему движению и численно равна окружной скорости вращения щеток (рис. 1), которую считаем равномерной. На движущуюся частицу действуют следующие силы: $G = mg$ — сила тяжести; $R = kmv$ — сила сопротивления воздушной среды, где m — масса частицы; g — ускорение силы тяжести; k — коэффициент сопротивления воздушной среды; v — скорость частицы.

Дифференциальные уравнения движения частицы в проекциях на координатные оси Ox и Oy

$$m \frac{dV_x}{dt} = - kmV_x; \tag{1}$$

$$m \frac{dV_y}{dt} = mg - kmV_y, \tag{2}$$

где kmV_x и kmV_y — проекции силы R на координатные оси;
 V_x и V_y — проекции скорости на координатные оси.

Дифференциальное уравнение (1) можно записать в виде

$$\frac{dV_x}{dt} = - kV_x; \quad \frac{dV_x}{V_x} = - kdt.$$

В результате определим V_x

$$\ln V_x = -kdt + C_1. \quad (3)$$

Постоянную интегрирования C_1 найдем из начальных условий: при $t = 0$; $V_x = V_H \sin \beta$

$$C_1 = \ln V_H \sin \beta. \quad (4)$$

Тогда выражение (3) примет вид

$$\ln V_x / V_H \sin \beta = -kt$$

или

$$V_x = V_H \sin \beta e^{-kt}. \quad (5)$$

Решая уравнение (5), найдем закон движения $x(t)$:

$$\frac{dx}{dt} = V_H \sin \beta e^{-kt}; \quad dx = V_H \sin \beta e^{-kt} dt;$$

$$x = -\frac{V_H \sin \beta}{k} e^{-kt} + C_2. \quad (6)$$

Произвольную постоянную интегрирования C_2 находим из условия: при $t = 0$; $x = x_0 = 0$

$$C_2 = \frac{V_H \sin \beta}{k}. \quad (7)$$

Тогда окончательно выражение (6) запишется так:

$$x = \frac{V_H \sin \beta}{k} (1 - e^{-kt}). \quad (8)$$

Аналогично решив дифференциальное уравнение (2), определим зависимость $V_y(t)$:

$$V_y = \frac{g}{k} + \frac{(g - kV_H \cos \beta) e^{-kt}}{k} \quad (9)$$

и кинематическое уравнение движения частицы вдоль оси Oy :

$$y = \frac{g}{k} t - \frac{(g - kV_H \cos \beta)}{k} (1 - e^{-kt}). \quad (10)$$

Выражения (5) и (9) являются проекциями скорости частицы на координатные оси в любой момент времени, а (8) и (10) — кинематическими уравнениями движения, характеризующими закономерность движения частиц, вылетающих из люка обескрыливающего барабана по двум координатным направлениям в зависимости от начальной скорости V_H , угла β и коэффициента k .

Подставив максимальное допустимое значение расстояния L по горизонтали (рис. 1) в уравнение (8), определим время движения $T_{дв}$, соответствующее наибольшему значению абсциссы:

$$L_{max} = \frac{V_H \sin \beta}{k} (1 - e^{-kT_{дв}}),$$

откуда

$$T_{дв} = \frac{\ln \frac{V_H \sin \beta}{V_H \sin \beta - Lk}}{k}. \quad (11)$$

Рассматриваемая частица при падении ударяется о стенку лотка, установленного в зоне выброса семян через люк из барабана в некотором положении B . Ударный импульс в момент удара частицы определится выражением

$$\bar{S} = m\bar{V}, \quad (12)$$

где $V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$ — полная скорость частицы.

Проекции ударного импульса на координатные оси:

$$S_x = mV_x; \quad (13)$$

$$S_y = mV_y. \quad (14)$$

Для вычисления максимального значения ударного импульса применим $T_{дв}$ из выражения (11), тогда:

$$S_x = mV_n \sin \beta e^{-kT_{дв}}; \tag{15}$$

$$S_y = \frac{m}{k} + \frac{m(1 - kV_n \cos \beta)}{k} e^{-kgT_{дв}}. \tag{16}$$

Подставляя эти значения ударного импульса в значение модуля

$$S = \sqrt{S_x^2 + S_y^2}$$

и преобразуя это выражение, окончательно получим:

$$S = \frac{m}{k} e^{-kgT_{дв}} \sqrt{V_n^2 k^2 + 2(1 - kV_n \cos \beta)}. \tag{17}$$

Выражение (17) позволяет определить значение ударного импульса частицы в зависимости от m , k , V_n , $T_{дв}$ и β . Для определения ударного импульса в зависимости от положения частицы (угла β) нами приняты постоянными остальные величины: $V_n = 2,5$ м/с, $k = 0,4$ 1/м; $L = 0,12$ м; $T_{дв} = 0,05$ с; $m = 0,56 \cdot 10^{-6}$ кг. Указанные величины взяты: V_n — как наилучшая скорость вращения рабочих органов существующих машин; k — как коэффициент сопротивления для среднего фракционного состава семян; L — из конструктивных особенностей машин; $T_{дв}$ — из расчета. Составив программу и введя расчетные величины в ЭВМ «Электроника-60», получили следующие данные (табл. 1).

Таблица 1

β , град	$S \cdot 10^{-5}$, кг · м/с	β , град	$S \cdot 10^{-5}$, кг · м/с
0	1,15	50	1,51
10	1,17	60	1,61
20	1,21	70	1,75
30	1,29	80	1,87
40	1,39	90	1,99

Таблица 2

Угол расположения люка, град	Микроповрежденные семена, %	Семена с трещинами и разрывами, %
0...15	1,12	0,18
15...30	0,95	0,18
30...45	0,72	0,17
45...60	0,84	0,17
60...75	1,07	0,21

Проведенными нами ранее исследованиями [3] установлено, что ударный импульс, равный $(1,4 \dots 1,6) \cdot 10^{-5}$ кг · м/с, не оказывает влияния на повреждение семян, а ударный импульс $(2 \dots 2,2) \cdot 10^{-5}$ кг · м/с является предельным для семян соны обыкновенной. Следовательно, предельным следует считать угол 70° . В диапазоне остальных меньших углов можно размещать разгрузочный люк обескряливателя. Учитывая конструктивные особенности обескряливателя (размещение загрузочного бункера, сетчатой сепарирющей решетки, а также жесткость и надежность обескряливателя), загрузочный люк необходимо размещать в диапазоне углов от 30° до 60° .

В этом случае должна обеспечиваться качественная очистка обескряливателя от крупных примесей и семян при незначительном повреждении последних.

Для проверки полученных расчетных величин и более детального обоснования зоны расположения загрузочного люка нами проведены экспериментальные исследования. Поверхность люка на обескряливателе занимала сектор с углом 15° , что обеспечивало хороший диапазон регулировки (рис. 2).

Изменение угла расположения люка достигалось поворотом барабана вместе с загрузочным бункером относительно горизонтальной плоскости на угол от 0° до 75° . При исследова-

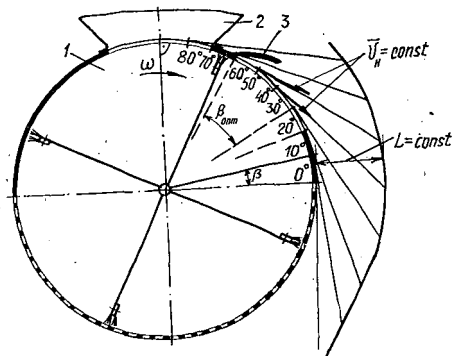


Рис. 2. Принципиальная схема экспериментальной установки: 1 — обескряливатель; 2 — разгрузочный бункер; 3 — разгрузочный люк

нии использованы семена сосны обыкновенной. В процессе выгрузки через люк их собирали по специальному лотку в емкости и подвергали качественному анализу. Подсчитывали количество семян микроповрежденных, с трещинами и разрывами и определяли их процент от всех вышедших через люк обескряливателя. Полученные результаты представлены в табл. 2.

Анализ табл. 2 свидетельствует о том, что наилучшим следует считать расположение люка в диапазоне углов от 30 до 60°, так как при одинаковых скоростных режимах процесса обработки наблюдается меньшее повреждение семян. При необходимости разгрузочный люк можно размещать в диапазоне 15...30°.

Таким образом, наилучшая зона расположения разгрузочного люка в обескряливателе циклического действия определяется углом 30...60°. Использование и размещение люка на обескряливателе экспериментальной малогабаритной семяочистительной машины в диапазоне 30...45° также обеспечивает хорошее качество очистки барабана от примесей без повреждения семян.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. с. 899007 СССР, МКИ³ А 01 G 23/00. Машина для обескряливания лесных семян / П. С. Нартов, Ю. И. Полупарнев, Л. Т. Свиридов (СССР).— № 2760375/30-15; Заявлено 03.05.79 // Открытия. Изобретения.— 1982.— № 3.— С. 11. [2]. Ершов Е. В., Милов В. Г. Машина для обескряливания и очистки семян хвойных пород МОС-1А: Паспорт.— Л.: ЛенНИИЛХ, 1983.— С. 8—14. [3]. Свиридов Л. Т. Обоснование технологической схемы и параметров обескряливающего устройства малогабаритной семяочистительной машины: Автореф. дис. ... канд. техн. наук.— Воронеж, 1982.— 21 с. [4]. Сергеев Ф. И. Машина для извлечения семян из тополей и обработки семенного материала // Лесн. хоз-во.— 1966.— № 11.— С. 36—41.

УДК 630*28 : 630*5

О ТОЧНОСТИ УЧЕТА НАДЗЕМНОЙ ФИТОМАССЫ КУЛЬТУР СОСНЫ

Н. А. БАБИЧ

Архангельский лесотехнический институт

В настоящее время при изучении запасов фитомассы естественных и искусственных насаждений применяют в основном три метода: средних для древостоя деревьев; графического выравнивания исходных данных, представленных деревьями разных ступеней толщины; регрессионной оценки.

С учетом опыта исследования запасов фитомассы в лесных культурах региона [2—4] нами сделана попытка проанализировать преимущества и недостатки каждого из этих методов.

Опытным объектом послужили чистые по составу 46-летние посевы сосны Va класса бонитета (северная подзона тайги). Первоначальная густота культур — 4 545 посевных мест на 1 га, размещение площадок — 2,2 × 0,9 м. Их сохранность на год исследования составила 89,7 %. В одном посевном месте в среднем произрастает 3,7 особи, что в переводе на 1 га составляет 15 120 шт. Средние: диаметр — 3,4 ± ± 0,07 см, высота — 5,2 м. Относительная полнота — 1,18. Лесоводственно-таксационная характеристика культурфитоценоза получена по результатам закладки пробной площади (ОСТ 56—69—83). Тип леса — сосняк лишайниковый, тип условий местопроизрастания — А₁.

Изучена фитомасса 35 деревьев, 12 из них являются средними для древостоя в целом. По каждой модели с точностью 25 г определяли массу сухих сучьев и сырых веток, древесной зелени (охвоенные ветви диаметром у основания не более 0,8 см), коры и древесины ствола.

Полученные данные свидетельствуют о том, что при увеличении числа средних для древостоя деревьев от 6 до 12 не повышается точность определения массы всех фракций (см. таблицу). Так, различия в определении массы сухих сучьев составляют всего 0,4 %, древесной зелени — 1,3 % и коры — 0,5 %, т. е. не выходят за пределы точности, принятой в лесоводстве. Метод средних для древостоя деревьев не всегда дает возможность определить массу всех фракций фитомассы. В нашем конкретном случае он не позволил найти массу сырых веток, так как эта фракция появляется у более толстых деревьев. Кроме того, этот метод неприемлем из-за недостаточной точности (52...110 % от фактической) [6]. При его применении фактические данные занижаются [1].

Широко применяемый метод графического выравнивания (см. рисунок) опытных данных, по сравнению с методом среднего для древостоя дерева, на 43 % завышает массу надземной фитомассы, сохраняя при этом примерно такое же процентное соот-

Результаты определения запасов фитомассы различными методами

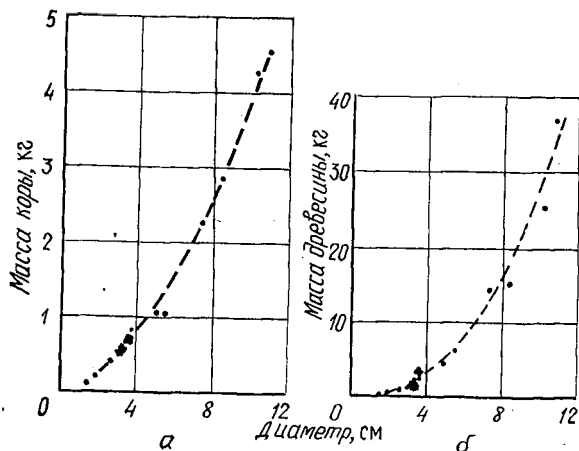
Фракции	По числу средних деревьев, взятых для расчета				Графически	По уравнениям регрессии
	6	8	10	12		
Сухие сучья	$\frac{2\ 147,0}{3,5}$	$\frac{2\ 116,8}{3,7}$	$\frac{2\ 056,3}{3,5}$	$\frac{2\ 003,4}{3,3}$	$\frac{2\ 933}{3,4}$	$\frac{4\ 154}{4,8}$
Древесная зелень	$\frac{13\ 350,9}{22,0}$	$\frac{12\ 379,5}{21,6}$	$\frac{12\ 277,4}{21,1}$	$\frac{12\ 537,0}{20,7}$	$\frac{17\ 725}{20,3}$	$\frac{16\ 811}{19,4}$
Сырые ветки	—	—	—	—	$\frac{1\ 927}{2,2}$	$\frac{2\ 225}{2,7}$
Кора	$\frac{9\ 404,6}{15,5}$	$\frac{9\ 185,4}{16,0}$	$\frac{9\ 283,6}{16,0}$	$\frac{9\ 695,7}{16,0}$	$\frac{11\ 783}{13,5}$	$\frac{11\ 822}{13,6}$
Древесина ствола	$\frac{35\ 834,4}{59,0}$	$\frac{33\ 689,2}{58,7}$	$\frac{34\ 579,4}{59,4}$	$\frac{36\ 319,5}{60,0}$	$\frac{52\ 793}{60,6}$	$\frac{51\ 574}{59,5}$
Дерево в целом	$\frac{60\ 736,9}{100}$	$\frac{57\ 370,9}{100}$	$\frac{58\ 196,7}{100}$	$\frac{60\ 555,6}{100}$	$\frac{87\ 161}{100}$	$\frac{86\ 586}{100}$

Примечание. В числителе — масса, (кг/га); в знаменателе — процентное выражение массы фракций от общей надземной массы дерева.

ношение между отдельными фракциями. В некоторой степени это завышение достигается за счет фракции сырых веток.

Как отмечает А. И. Уткин [7], графическое выравнивание данных модельных деревьев имеет существенный недостаток — невозможно оценить отклонения выравненных значений от эмпирических. Последнее обеспечивается математическим выравниванием при использовании метода регрессии.

В настоящее время при выявлении связи между отдельными таксационными показателями (диаметр, высота и др.) и массой отдельных фракций фитомассы широко применяется метод регрессионного анализа (метод Яблокова — Китреджа). Он является основным. Нами проанализированы следующие формы связи: линейная, параболическая квадратная и кубическая, логарифмическая, показательная, степенная, три гиперболические, оптимума и логической кривой. Приемлемость уравнений оценивали их ошибкой. Анализ связи фитомассы отдельных фракций с диаметром ствола на высоте 1,3 м свидетельствует о том, что эту зависимость в большинстве случаев наилучшим образом отражает уравнение параболы, а именно:



Графическое выравнивание исходных данных массы коры (а) и древесины (б)

для сухих сучьев

$$y = 0,314 - 0,264x + 0,078x^2 - 0,004x^3;$$

для древесной зелени

$$y = -1,307 + 0,930x - 0,114x^2 + 0,010x^3;$$

для коры ствола

$$y = 0,123 + 0,22x + 0,036x^2;$$

для древесины ствола

$$y = -2,394 + 1,838x - 0,253x^2 + 0,036x^3.$$

Исключение составляет фракция сырых веток, расчеты для которой выполнены по уравнению гиперболы:

$$y = 3,837 - \frac{20,696}{x},$$

где y — масса отдельных фракций;

x — диаметр ствола на высоте 1,3 м (независимая переменная).

По этим конкретным уравнениям, как имеющим наименьшие ошибки, была рассчитана масса фракций для среднего дерева каждой ступени толщины. Однако рассматриваемые уравнения не всегда дают надежные результаты для угнетенной части древостоя.

На эту особенность для насаждений естественного происхождения указывали ранее Р. А. Зиганшин и М. Г. Семечкина [5] и др., а для культур сосны Европейского Севера Н. А. Бабич [2]. Поэтому опытные данные для угнетенной части древостоя необходимо выравнивать графическим путем. Некоторые исследователи [8] считают такое предложение неудачным. Методика определения запасов надземной фитомассы должна уточняться применительно к отдельным регионам, а возможно и конкретным объектам.

При регрессионном методе определения запасов фитомассы получены почти такие же результаты, как и при использовании метода графического выравнивания. Различия составляют всего 0,6 %. При отсутствии ЭВМ и необходимости получения экспресс-информации о запасах фитомассы исследуемых насаждений можно применять метод графического выравнивания.

Для определения запасов надземной фитомассы молодняков сосны искусственного происхождения на Европейском Севере следует признать оптимальным комплексный метод. Сущность его заключается в том, что из разных ступеней толщины берут 15 учетных деревьев, 5 из них средние по высоте и диаметру и другим показателям в целом для древостоя. Все 15 деревьев подвергаются регрессионному анализу. При необходимости самые низкие ступени толщины выравнивают графически. Число средних для древостоя деревьев определено требованиями лесной таксации (изучение хода роста по высоте, определение запаса древесины и др.).

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Аткин А. С. О точности учета различных фракций фитомассы в сосновых молодняках // Леса и древесные породы Северного Казахстана.— Л.: Наука, 1974.— С. 57—63. [2]. Бабич Н. А. Запасы фитомассы 31-летних посевов сосны в средней подзоне тайги Архангельской области // Лесная таксация и лесоустройство.— Красноярск, 1983.— С. 50—57. [3]. Бабич Н. А., Борский Н. П. Математические модели оценки запаса фитомассы в культурах сосны // Лесн. хоз-во.— 1985.— № 2.— С. 53—55. [4]. Бабич Н. А., Беляев В. В. Рост и биологическая продуктивность культур сосны северной подзоны тайги Европейского Севера: Экспресс-информ.— М.: ЦБНТИлесхоз, 1985.— № 4.— С. 16—21. [5]. Зиганшин А. А., Семечкина М. Г. Анализ пригодности некоторых корреляционных уравнений для выражения связи диаметра деревьев с показателями их фитомассы // Лесная таксация и лесоустройство.— Красноярск, 1973.— С. 150—163. [6]. Поздняков Л. К., Протопопов В. В., Горбатенко В. М. Биологическая продуктивность лесов средней Сибири и Якутии.— Красноярск: Красноярск. кн. изд-во, 1969.— 156 с. [7]. Уткин А. И. Биологическая продуктивность лесов // Лесоведение и лесоводство. Т. 1.— М.: ВИНТИ, 1975.— С. 1—189. [8]. Уткин А. И., Каплина Н. Ф., Ильина Н. А. Уточнения техники применения регрессионного метода в изучении биологической продуктивности древостоев // Лесоведение.— 1987.— № 1.— С. 40—53.

УДК 630*356

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ НА ВЫРАБОТКУ ЛЕСОСЕЧНОЙ ТЕХНИКИ

В. Е. ЛЕВАНОВ, И. В. КУЗНЕЦОВ, П. И. КАЛИСТРАТОВ,
А. Д. МАЙБЕР

ЦНИИМЭ, ТПО Комилэспром

Природные условия оказывают большое влияние на производительность лесозаготовительной техники. Рассмотрим это влияние на примере Коми АССР. Протяженность территории республики с севера на юг более 1000 км, с запада на восток около 800 км. С юга на север возрастают продолжительность зимнего периода, глубина снежного покрова. По данным гидрометеорологической службы, число дней в году с температурой воздуха ниже 30 °С составляет в Сыктывкаре 17, в Ухте — 20, в пос. Каджером более 50. Средний объем хлыста в отводимом лесфонде снижается с 0,344 м³ (ПО Прилузлес) до 0,136 м³ (Каджеромский ЛПХ), запас ликвидной древесины на 1 га эксплуатируемых лесов с юга на север уменьшается с 228 до 93 м³. Изменяется породный состав лесосечного фонда: в северных районах увеличивается доля елово-пихтовых древостоев и уменьшается доля сосново-мягколиственных, в южных — наоборот. Существенно меняются почвенно-грунтовые условия, доля заболоченных лесосек. Характеристики условий лесозаготовок с перемещением их с юга на север приведены в табл. 1.

Таблица 1

Показатели	Летский ЛПХ	Сысольский ЛПХ	ПО Ухталес	Каджеромский ЛПХ
Средний объем хлыста, м ³	0,34	0,29	0,16	0,14
Эксплуатационный запас на 1 га, м ³	228	202	120	92
Заболоченность лесосек, %	3,2	16,9	30,6	53,6
Глубина снежного покрова, м	0,33	0,34	0,38	0,40
Число дней зимнего периода	167	170	185	188
Доля в лесосечном фонде, %:				
сосново-мягколиственных пород	56,9	56,4	40,8	40,6
елово-пихтовых пород	43,1	43,6	59,2	59,4

В качестве опорных объектов приняты данные четырех лесозаготовительных предприятий, расположенных с юга на север в последовательности: 1 — Летский ЛПХ, 2 — Сысольский ЛПХ, 3 — ПО Ухталес, 4 — Каджеромский ЛПХ.

Уровень выработки лесосечных машин определяется на основе метода унифицированных нормализованных показателей, который позволяет с помощью ЭВМ быстро и точно определить для любых условий работы сменные, месячные, квартальные и годовые нормативы выработки как отдельных машин, так и технологических систем, составленных из машин различного функционального назначения. При использовании этого метода учитывают: марку машин, состав операций, выполняемых машиной,

средний объем хлыста, породный состав лесосечного фонда, заболоченность и рельеф лесосеки, глубину снежного покрова, продолжительность зимнего периода, расстояние трелевки, объем трелеваемой пачки хлыстов (деревьев), «возраст» машины, технологию лесосечных работ, сохранение подроста, продолжительность рабочей смены, интенсивность труда оператора, внутрисменные потери рабочего времени, число праздничных и выходных дней, дней пребывания машины в ремонте и ожидании его, простоя в исправном состоянии, отвлечение машины на выполнение неосновных работ, число дней, отработанных на основных работах, сменность работы машины.

Использование техники с перемещением лесозаготовок в северные районы Коми АССР было смоделировано по данным табл. 1. Расчеты проведены по программе НВЛ-1, разработанной ЦНИИМЭ. Для соблюдения сопоставимости условий был взят средний по ТПО Комилеспром возраст машин (2,1 года). Нормативные сменные и годовые выработки рассчитаны для валочно-пакетирующей машины ЛП-19, валочно-трелевочной машины ЛП-17, трелевочных тракторов ТТ-4 и ТДТ-55, тракторов для бесчорезной трелевки ЛТ-154 и ЛП-18, сучкорезной машины ЛП-30Б, как самых распространенных в Комилеспроме. Нормативы сменной выработки лесосечных машин по рассматриваемым условиям производства приведены в табл. 2.

Таблица 2

Марка машины	Нормативная сменная выработка, м ³ , по условиям производства			
	1	2	3	4
ЛП-19	212	181	131	109
ЛП-18	124	93	72	62
ЛТ-154	90	78	60	52
ТДТ-55	75	63	44	27
ТТ-4	85	68	57	49
ЛП-30Б	127	111	68	62
ЛП-17	66	58	47	40

Таблица 3

Марка машины	Нормативная годовая выработка, тыс. м ³ , по условиям производства			
	1	2	3	4
ЛП-19	38,4	32,8	23,4	18,5
ЛП-18	19,8	14,8	11,2	9,1
ЛТ-154	14,2	12,2	9,2	7,5
ТДТ-55	11,0	9,39	6,4	6,0
ТТ-4	12,6	10,0	8,2	6,6
ЛП-30Б	19,3	16,9	10,2	8,7
ЛП-17	10,9	9,7	7,7	6,2

Анализ использования техники, выполненный с применением системы программ НВЛ-1, показывает, что фактическая выработка от рассчитанного нормативного уровня составляет в среднем 70...80%. Так, фактическая выработка ЛП-18 в Летском ЛПХ составила 89, в Сысольском ЛПХ — 73,6, в ПО Ухталес — 49 м³.

Нормативы годовой выработки машин, рассчитанные по рассматриваемым условиям производства, приведены в табл. 3.

С перемещением лесозаготовок с юга на север выработка машин снижается: ЛП-19, ЛП-18 и ЛП-30Б в 2—2,2 раза, ТТ-4 и ЛТ-154 в 1,9 раза, ЛП-17 в 1,7 раза, ТДТ-55 в 1,8 раза.

Основное влияние на снижение выработки машин оказывают средний объем хлыста, объем трелеваемой пачки (для трелевочных машин), почвенно-грунтовые условия.

С перемещением лесозаготовок с юга на север для выполнения одного и того же объема работ требуется значительно больше техники. Эта тенденция обостряется из-за увеличения плановых заданий по объему лесозаготовок в северных районах республики. Постепенное перемещение лесозаготовок по мере истощения лесов южных районов в неосвоенные отдаленные лесные массивы севера Коми АССР значительно осложняет работу лесозаготовителей, ведет к росту затрат на заготовку и вывозку леса и снижению эффективности производства в целом.

Приведенные расчеты также показали, что эксплуатация низкопродуктивных северных лесов республики требует новых технологических и технических решений, обеспечивающих сохранность экологической среды, нормальное воспроизводство лесов и достаточную эффективность лесозаготовок. Для разработки таких лесов нужны новые технологии и системы машин, которые по сравнению с ныне существующими должны быть более мобильны и маневренны, иметь не больше допустимого для таких условий давление на грунт, обеспечивать максимальное сохранение окружающей среды.

УДК 630*165.3 : 630*174.754

ИЗУЧЕНИЕ СЕМЕННОГО ПОТОМСТВА ПЛЮСОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

В. К. БАЛАБУШКА

Центральный республиканский ботанический сад АН УССР

Важнейшая задача клонового семеноводства — установление характера наследования признаков роста плюсовых деревьев. На это указывали многие исследователи ([1, 2, 4—8] и др.).

Для изучения семенных потомств с 23 плюсовых деревьев сосны обыкновенной в течение двух лет (1973—1974 гг.) были собраны, обмерены и описаны шишки и семена.

Весной 1974 г. семена были высеяны в полиэтиленовой теплице Старо-Петровского лесничества Клавдиевского опытно-производственного селекционно-семеноводческого лесхозага. Контролем служил посев семян производственного сбора из тех насаждений Полесского лесхозага, в которых отобрано большинство плюсовых деревьев (стандарт). В качестве субстрата использовали смесь торфа и песка в соотношении 1 : 1. Посевы поливали ежедневно, за исключением холодных дней, из расчета 10 л воды на 1 м². На опытных посевах определяли грунтовую всхожесть семян. При осенних учетах сеянцев и саженцев измеряли их высоту и диаметр. Полученные данные обрабатывали методом вариационной статистики [3]. Всего в течение 7 лет обработано 237 вариационных рядов. Показатели быстроты роста семенных потомств определяли по формуле С. С. Пятницкого [2].

Из выращенных сеянцев в Дубрава-Ленинском лесничестве этого же лесхозага были созданы на площади 1 га опытные культуры сосны обыкновенной. Почва супесчаная, свежая, тип условий местопроизрастания В₂. Схема посадки: два ряда сеянцев плюсовых деревьев и один ряд «стандарта». Размещение 2,5 × 0,7 м.

Выход полнозернистых семян у плюсовых деревьев определяли органолептическим способом; он колебался от 48,0 до 99,6 %. Масса 1 000 семян изменялась от 4,1 до 13,6 г. Количество пустых семян — 0,4...48,7 %. От каждого плюсового дерева сосны для посева в теплице брали лишь полнозернистые семена. Появление всходов в тепличных условиях отмечено на 10-й день после посева (1 июня 1974 г.). Начало обособления хвои — 11 июня, полное обособление — 11 июля 1974 г.

Грунтовая всхожесть семян, высеянных в теплице, была сравнительно высокой (80,2...96,2 %).

Однолетние сеянцы по высоте превышали стандарт у 43 % плюсовых деревьев. На втором году роста сеянцев превышение стандарта отмечено лишь у 30,4 % семенных потомств, а 69,6 % оказались ниже стандарта.

Коэффициент корреляции между высотой плюсовых деревьев и сеянцев для всех популяций на первом году равен 0,24. Корреляционная зависимость между высотой материнских деревьев и их потомств слабая, связь несущественна: $t_{\text{факт}} < t_{\text{теор}}$.

На втором году роста коэффициент корреляции между высотами материнских деревьев и их потомств у всех популяций снизился до 0,12. Корреляционная зависимость между высотами материнских деревьев и их потомств оказалась незначительной.

При обследовании культур осенью 1976 и 1980 гг. установлено, что высота и диаметр семенных потомств во всех случаях значительно выше стандарта ($t > 2$). Коэффициент корреляции между высотами материнских деревьев и их потомств в 7-летнем возрасте равен 0,25. Корреляционная зависимость слабая, связь несущественна.

По данным Н. И. Давыдовой и др. [8], семенное потомство плюсовых деревьев наследует повышенную интенсивность роста, особенно в первом году жизни культур. В наших опытах в первые два года не все семенные потомства плюсовых деревьев превышали по интенсивности роста стандарт. Только на 3-м и 7-м году у всех семенных потомств показатели роста стали выше стандарта. Это оправдывает размножение плюсовых деревьев до проверки их наследственных качеств.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Балабушка В. К. Кореляція морфологічних ознак шишок і насіння сосни звичайної з якістю сіянців та саджанців // Вісн. с.-г. науки.—1984.—№ 9.—С. 67—68. [2]. Давыдова Н. И. Итоги многолетнего испытания семенного потомства дуба обыкновенного // Лесоводство и агролесомелиорация.—1977.—Вып. 48.—

С. 10—15. [3]. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований).— М.: Колос, 1968.— 336 с. [4]. Молотков П. И. Исследование семенного потомства плюсовых деревьев сосны обыкновенной в Змиевском лесхозаге Харьковской области // Лесоводство и агролесомелиорация.— 1975.— Вып. 42.— С. 85—88. [5]. Правдин Л. Ф. Задачи и методы современного лесного семеноводства.— М.: Гослесбуиздат, 1963.— 52 с. [6]. Прилуцкая С. Н. Проверка плюс-деревьев по потомству — один из методов элитного семеноводства // Лесоводство и агролесомелиорация.— 1965.— Вып. 8.— С. 112—115. [7]. Проказин Е. П. О принципах организации лесного семеноводства // Лесн. хоз-во.— 1962.— № 4.— С. 36—40. [8]. Результаты исследований УкрНИИЛХА по селекции и семеноводству древесных пород / Н. И. Давыдова, А. И. Кожокина, З. П. Коц и др. // Повышение эффективности лесохозяйственного производства на основе достижений науки.— Ивано-Франковск: Карпаты, 1974.— С. 211—213.

УДК 674.093.6-413.82.001

О ВЫБОРЕ ЧИСЛА ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ТОЧНОСТИ РАСПИЛОВКИ

Н. И. КОВЗУН

ЦНИИМОД

Выбрать число измерений при исследовании точности технологического процесса по какому-либо параметру, являющегося случайной величиной (СВ), значит обеспечить пренебрежимо малые погрешности определения ее генеральных статистических характеристик: математического ожидания (МО) и среднего квадратического отклонения (СКО) в совокупности результатов измерений. Метод определения указанных погрешностей для стабильных условий испытаний, когда погрешности формируются на одном уровне в однородной статистической совокупности, стандартизован в работе [1]. В работе [2] дан метод определения погрешностей для нестабильных условий испытаний, когда погрешности формируются на двух уровнях.

Технологический процесс распиловки как статистическая модель точности распиловки по двум параметрам — средняя толщина доски \bar{X} и среднее квадратическое отклонение толщины в доске σ — характеризуется нестабильными условиями испытаний, в которых погрешности формируются на трех уровнях: в совокупности измерений толщины на одной доске, в совокупности досок одной мгновенной выборки и в совокупности мгновенных выборок.

В данной работе приведены формулы погрешностей определения выборочных статистических характеристик параметров \bar{X} и σ , формируемых на трех уровнях, и обосновано минимальное число измерений на одной доске, число досок в мгновенной выборке и число мгновенных выборок, при которых выборочные статистические характеристики параметров можно считать генеральными.

Представим статистическую модель точности технологического процесса распиловки в формализованном виде согласно условным обозначениям, приведенным на рис. 1.

Результат измерения толщины в одной доске (при фиксированных условиях испытаний) x имеет нормальное распределение с генеральными характеристиками \bar{X} и σ . При переходе к измерению толщины на другой доске условия испытаний меняются: \bar{X} и σ в совокупности досок мгновенной выборки сами становятся случайными величинами. При этом СВ $\{\bar{X}\}$ имеет нормальное распределение с генеральными характеристиками $\bar{\bar{X}}$ и $\sigma_{\bar{X}}$, а СВ $\{\sigma\}$ — усеченное нормальное распределение с генеральными характеристиками $\bar{\sigma}$ и σ_{σ} (для условий распиловки $\sigma_{\sigma}/\bar{\sigma} < 1/3$, поэтому распределение СВ $\{\sigma\}$ можно считать нормальным).

При переходе к измерению толщины на досках другой мгновенной выборки условия испытаний также меняются: \bar{X} и σ в совокупности мгновенных выборок становятся случайными величинами. СВ $\{\bar{X}\}$ имеет нормальное распределение с генеральными характеристиками $\bar{\bar{\bar{X}}}$ и $\sigma_{\bar{\bar{X}}}$, а СВ $\{\sigma\}$ — усеченное нормальное распределение с генеральными характеристиками $\bar{\bar{\sigma}}$ и $\sigma_{\bar{\sigma}}$ (для условий распиловки $\sigma_{\bar{\sigma}}/\bar{\bar{\sigma}} < 1/3$, поэтому распределение СВ $\{\sigma\}$ также можно считать нормальным). Характеристики $\sigma_{\bar{X}}$ и σ_{σ} сохраняют свои значения в разных мгновенных выборках.

Пусть на одной доске сделана группа из N измерений, в результате чего получены значения x_1, x_2, \dots, x_N и определены выборочные характеристики \bar{x} и S ; на n досках мгновенной выборки сделана группа из Nn измерений, в результате найдены


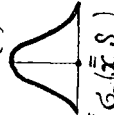
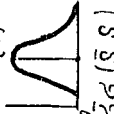
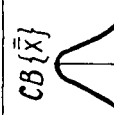
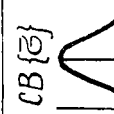
$\sigma_{(\bar{x})} = \sqrt{G^2/N}$	(1)	$\bar{x} = \sum_{i=1}^N x_i / N$	$CV\{x\}$		$S = \sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 / (N-1)}$	$\sigma_{(S)} = \sqrt{G^2(1 - \frac{1}{K_N})}$	(2)
<i>Совокупность из N измерений таблицы водной доски</i>							
$\sigma_{(\bar{x})} = \sqrt{G_x^2/n + (\bar{\sigma}^2 + \sigma_0^2) / n\pi}$	(3)	$\bar{x} = \sum_{j=1}^n \bar{x}_j / n$	$CV\{\bar{x}\}$		$\bar{S} = \sum_{j=1}^n S_j / n$	$\sigma_{(S)} = \sqrt{G_0^2/n + \bar{\sigma}^2 + \sigma_0^2} / \sqrt{1 - \frac{1}{K_N}}$	(5)
$\sigma_{(S_x)} = \sqrt{G_x^2(1 - \frac{1}{K_n}) + (\bar{\sigma}^2 + \sigma_0^2) / n}$	(4)	$S_x = \sqrt{\sum_{j=1}^n (x_j - \bar{x}_j)^2 / (n-1)}$	$CV\{S_x\}$		$S_S = \sqrt{\sum_{j=1}^n (S_j - \bar{S})^2 / (n-1)}$	$\sigma_{(S_S)} = \sqrt{G_0^2(1 - \frac{1}{K_n}) + (\bar{\sigma}^2 + \sigma_0^2) / n}$	(6)
<i>Совокупность из n досок одной мгновенной выборки</i>							
$\sigma_{(\bar{x})} = \sqrt{G_x^2/K + \bar{\sigma}^2} / \sqrt{K\pi + (\bar{\sigma}^2 + \sigma_0^2) / n\pi}$	(7)	$\bar{x} = \sum_{v=1}^K \bar{x}_v / K$	$CV\{\bar{x}\}$		$\bar{S} = \sum_{v=1}^K S_v / K$	$\sigma_{(S)} = \sqrt{G_0^2/K + \bar{\sigma}^2} / \sqrt{K\pi + (\bar{\sigma}^2 + \sigma_0^2) / n\pi}$	(8)
$\sigma_{(S_x)} = \sqrt{G_x^2(1 - \frac{1}{K}) + \bar{\sigma}^2} / \sqrt{n(\bar{\sigma}^2 + \sigma_0^2) / n\pi}$	(8)	$S_x = \sqrt{\sum_{v=1}^K (\bar{x}_v - \bar{x})^2 / (K-1)}$	$CV\{S_x\}$		$S_S = \sqrt{\sum_{v=1}^K (S_v - \bar{S})^2 / (K-1)}$	$\sigma_{(S_S)} = \sqrt{G_0^2(1 - \frac{1}{K}) + \bar{\sigma}^2} / \sqrt{n(\bar{\sigma}^2 + \sigma_0^2) / n\pi}$	(10)
<i>Совокупность из K мгновенных выборок</i>							

Рис. 1

значения $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n$ и S_1, S_2, \dots, S_n и определены выборочные характеристики \bar{x} и S_x , \bar{S} и S_S ; в K мгновенных выборках сделана группа из $n\pi K$ измерений, в результате чего получены значения $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_k$ и S_1, S_2, \dots, S_k и определены выборочные характеристики \bar{x} и S_x , \bar{S} и S_S .

Формулы выборочных характеристик, а также их условные обозначения, в сопоставлении с условными обозначениями генеральных характеристик, также приведены на рис. 1.

Чем больше число измерений, тем точнее равенства

$$\bar{x} \approx \bar{X}; S \approx \sigma; \bar{\bar{x}} \approx \bar{\bar{X}}; S_{\bar{x}} \approx \sigma_{\bar{X}}; \bar{s} \approx \bar{\sigma};$$

$$S_S \approx \sigma_\sigma; \bar{\bar{\bar{x}}} \approx \bar{\bar{\bar{X}}}; S_{\bar{\bar{x}}} \approx \sigma_{\bar{\bar{X}}}; \bar{\bar{s}} \approx \bar{\bar{\sigma}}; S_{\bar{\bar{s}}} \approx \sigma_{\bar{\bar{\sigma}}}.$$

Формулы для вычисления СКО погрешностей перечисленных равенств также приведены на рис. 1. Выражения (1), (2) записаны в соответствии с работами [1, 2], формулы (3)—(6) — в соответствии с работой [2], уравнения (7)—(10) выведены по правилам формирования погрешностей.

Все перечисленные погрешности распределены практически по нормальному закону, за исключением погрешности определения выборочного СКО для совокупности из N измерений толщины на одной доске. Эта погрешность, согласно [2], имеет хи-распределение.

Сформулируем условия, при которых значениями погрешностей можно пренебречь, а выборочную характеристику можно считать генеральной. Так, при определении генеральных характеристик средних значений пренебрежимо малым должен быть интервал, в котором с заданной вероятностью будут находиться генеральные характеристики \bar{X} , $\bar{\bar{X}}$, $\bar{\sigma}$ и $\bar{\bar{\sigma}}$.

Интервальная форма представления результата выборочных характеристик с использованием погрешности в относительной форме имеет вид

$$\bar{X} \pm t \frac{\sigma(\bar{x})}{\sigma_{\bar{X}}} \sigma_{\bar{X}}; \bar{\bar{X}} \pm t \frac{\sigma(\bar{\bar{x}})}{\sigma_{\bar{\bar{X}}}} \sigma_{\bar{\bar{X}}};$$

$$\bar{\sigma} \pm t \frac{\sigma(\bar{s})}{\sigma_{\bar{\sigma}}} \sigma_{\bar{\sigma}}; \bar{\bar{\sigma}} \pm t \frac{\sigma(\bar{\bar{s}})}{\sigma_{\bar{\bar{\sigma}}}} \sigma_{\bar{\bar{\sigma}}},$$

где t — квантиль нормального распределения для заданной доверительной вероятности.

Тогда пренебрежимо малыми должны быть относительные погрешности

$$\delta_{(\bar{x})} = \frac{\sigma(\bar{x})}{\sigma_{\bar{X}}} \rightarrow \min; \delta_{(\bar{\bar{x}})} = \frac{\sigma(\bar{\bar{x}})}{\sigma_{\bar{\bar{X}}}} \rightarrow \min;$$

$$\delta_{(\bar{s})} = \frac{\sigma(\bar{s})}{\sigma_{\bar{\sigma}}} \rightarrow \min; \delta_{(\bar{\bar{s}})} = \frac{\sigma(\bar{\bar{s}})}{\sigma_{\bar{\bar{\sigma}}}} \rightarrow \min.$$

При определении генеральных характеристик рассеивания пренебрежимо малым должно быть СКО погрешности по сравнению с СКО генеральной характеристики. Относительные погрешности должны удовлетворять неравенствам

$$\delta_{(S_{\bar{x}})} = \frac{\sigma(S_{\bar{x}})}{\sigma_{\bar{X}}} \leq \frac{1}{3}; \delta_{(S_S)} = \frac{\sigma(S_S)}{\sigma_{\sigma}} \leq \frac{1}{3};$$

$$\delta_{(S_{\bar{\bar{x}}})} = \frac{\sigma(S_{\bar{\bar{x}}})}{\sigma_{\bar{\bar{X}}}} \leq \frac{1}{3}; \delta_{(S_{\bar{\bar{S}}})} = \frac{\sigma(S_{\bar{\bar{S}}})}{\sigma_{\bar{\bar{\sigma}}}} \leq \frac{1}{3}.$$

С учетом изложенного, по формулам (3)—(10) были определены зависимости относительной погрешности от числа измерений. Значения погрешностей вычислены для соотношений генеральных характеристик рассеивания $\sigma_{\bar{X}} : \sigma_{\bar{\bar{X}}} : \sigma_{\bar{\sigma}} : \sigma_{\bar{\bar{\sigma}}} = 1,5 : 1,0 : 1,0 : 0,3 : 0,2$, характерного для рамной распиловки.

Расчеты показали, что указанные соотношения мало влияют на значения погрешностей. Поэтому полученные зависимости позволяют планировать объемы испытаний при исследовании точности поставной распиловки на любом лесопильном оборудовании, в котором погрешности статистических характеристик формируются на трех уровнях.

Результаты расчетов погрешностей в совокупности досок мгновенной выборки представлены на рис. 2, а, б, в, г, в совокупности мгновенных выборок — на рис. 2, д, е, ж, з и наглядно показывают условия минимизации погрешностей.

Анализ зависимостей позволяет заключить следующее.

1. Минимизация погрешностей $\delta_{(x)}$ и $\delta_{(\bar{s})}$ в совокупности досок мгновенной выборки (см. рис. 2, а, б) достигается при достаточно большом числе досок $n_{\bar{x}} \geq 25$ и

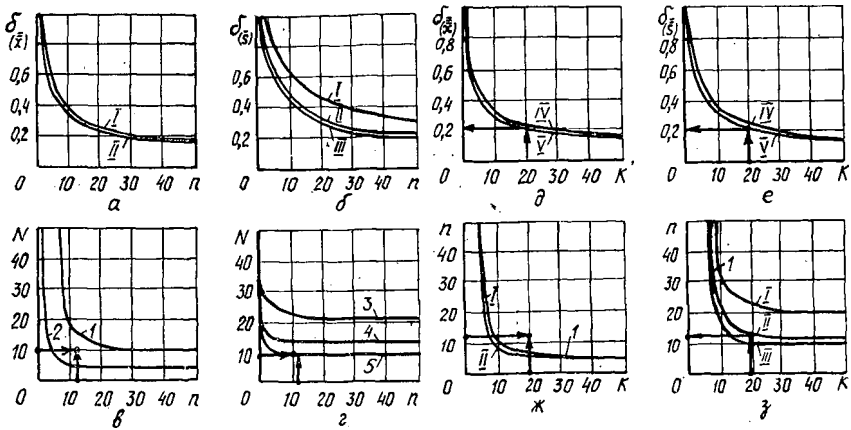


Рис. 2. Относительные погрешности определения выборочных статистических характеристик точности распиловки: а, б, в, з — в совокупности досок мгновенной выборки; д, е, ж, з — в совокупности мгновенных выборок; а, б, д, е — зависимость относительной погрешности от числа измерений; в, г, ж, з — зависимость чисел измерений при фиксированном значении относительной погрешности; а, д — погрешности определения средних толщин $\delta_{(\bar{x})}$, $\delta_{(\bar{x})}^{\equiv}$; в, ж — погрешности определения СКО средних толщин $\delta_{(S_{\bar{x}})}$, $\delta_{(S_{\bar{x}})}^{\equiv}$; б, е — погрешности определения средних СКО $\delta_{(\bar{S})}$, $\delta_{(\bar{S})}^{\equiv}$; г, з — погрешности определения СКО СКО $\delta_{(S_S)}$, $\delta_{(S_S)}^{\equiv}$; N — число измерений на доске; n — число досок в мгновенной выборке; K — число мгновенных выборок; I — N = 5; II — N = 10; III — N = 20; IV — N, n = 5; V — N, n = 20; 1 — $\delta = 0,33$; 2 — 0,50; 3 — 0,80; 4 — 1,0; 5 — $\delta = 1,2$

$n_{\bar{S}} \geq 35$, влияние N малозначимо. Дальнейшее увеличение n неэффективно, так как $\delta \rightarrow 0,2$. Необходимое уменьшение погрешностей $\delta_{(S_{\bar{x}})}$ и $\delta_{(S_S)}$ (см. рис. 2, в, з) не достигается. Следовательно, получить генеральные статистические характеристики \bar{X} , $\sigma_{\bar{x}}$, $\bar{\sigma}$ и σ_{σ} практически невозможно.

2. Минимизация погрешностей $\delta_{(\bar{x})}^{\equiv}$ и $\delta_{(\bar{S})}$ в совокупности мгновенных выборок (см. рис. 2, д, е) достигается при K = 20, влияние N, n малозначимо. Дальнейшее увеличение K неэффективно, так как $\delta \rightarrow 0,2$. Необходимое уменьшение погрешности $\delta_{(S_S)}$ достигается (см. рис. 2, з) при K = 20, n = 12, N = 10. Пренебрежимо малое значение погрешности $\delta_{(S_{\bar{x}})}$ (см. рис. 2, ж) гарантируется. Принятый объем измерений обеспечивает также получение пренебрежимо малых погрешностей $\delta_{(S_{\bar{x}})}$ и $\delta_{(S_S)}$. Достигается это за счет вычисления по выборочным характеристикам $S_{\bar{S}}$ и $S_{\bar{x}}$ их средних значений $\bar{S}_{\bar{S}}$ и $\bar{S}_{\bar{x}}$ в совокупности мгновенных выборок. В результате погрешности единичных характеристик при n = 12 $\delta_{(S_{\bar{x}})} = 0,5$ и $\delta_{(S_S)} = 1,2$ (см. рис. 2, в, з) уменьшаются до $\delta_{(\bar{S}_{\bar{x}})} = 0,5/\sqrt{20} < 1/3$ и $\delta_{(\bar{S}_S)} = 1,2/\sqrt{20} < 1/3$ при вычислении усредненных характеристик. Следовательно, получение генеральных статистических характеристик \bar{X} , $\sigma_{\bar{x}}$, $\bar{\sigma}_{\bar{x}}$, $\bar{\sigma}$, σ_{σ} , $\bar{\sigma}_{\sigma}$ представляет собой практически решаемую задачу.

Таким образом, при исследовании точности распиловки на любом лесопильном оборудовании по параметрам — средняя толщина доски и среднее квадратическое отклонение толщины доски — необходимо проводить испытания в следующих минимальных объемах: число измерений на доске 10, число досок в мгновенной выборке 12, число мгновенных выборок 20. Достаточность такого объема испытаний в каждом случае следует подтверждать расчетами фактических погрешностей по формулам (4), (6)–(10) и доказательством их ничтожно малой величины. В результате выборочные статистические характеристики \bar{x} , $S_{\bar{x}}$, $\bar{S}_{\bar{x}}$, \bar{S} , $S_{\bar{S}}$ и \bar{S}_S принимают в качестве генеральных.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. ГОСТ 11.004—74. Прикладная статистика. Правила определения оценок и доверительных границ для параметров нормального распределения.— Введ. 01.07.75; Переизд. янв. 1980.— М.: Изд-во стандартов, 1981. [2]. Шор Я. Б. Статистические методы анализа и контроля качества и надежности.— М.: Сов. радио, 1962.— 552 с.

УДК 674.093.6

О ВЛИЯНИИ ДЛИНЫ БРЕВЕН НА ОБЪЕМНЫЙ ВЫХОД ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

В. С. ШАЛАЕВ

Московский лесотехнический институт

В сборнике научных трудов [1] опубликованы результаты теоретических и экспериментальных исследований влияния длины бревен на показатели работы рамных потоков, в частности, на объемный выход. Сделан вывод о том, что для принятых диаметров (18...24 см) и поставок при увеличении длины бревен с 4 до 6,1 м выявлена тенденция повышения объемного выхода пиломатериалов на 1,4...3,6 % по результатам расчетов и на 1,5...3,8 % по результатам экспериментальных исследований.

Полученные результаты работы [1] в определенной интерпретации согласуются с данными, приведенными еще в 1960 г. [2]. Дадим некоторые пояснения.

Если составлять поставки для распиловки бревен брусом способом, то все вырабатываемые обрезные пиломатериалы можно разделить на три группы. Во-первых, пиломатериалы получают в пределах пласти бруса. В общем виде их объем V_1 равен или пропорционален величине $0,5d^2L$

$$V_1 = 0,5d^2L, \quad (1)$$

где d — диаметр бревна в вершинной части;

L — длина бревна.

Во-вторых, пиломатериалы вырабатывают из боковых частей бревна в пределах пифагорической зоны. Оптимальные размеры по длине l_0 и ширине b_0 , как известно, равны

$$l_0 = L; \quad (2)$$

$$b_0 = \sqrt{d^2 - 4a^2}. \quad (3)$$

Здесь a — расстояние от центра торца бревна до наружной пласти доски.

Объем любой i -й обрезной доски оптимальных размеров

$$V_i = m_i L \sqrt{d^2 - 4a_i^2}, \quad (4)$$

где m_i — оптимальная (или предельная по П. П. Аксену) толщина доски. Эта величина, очевидно, не зависит от длины бревна L ;

a_i — расстояние от центра торца бревна до наружной пласти i -й доски.

В-третьих, пиломатериалы получают из боковых частей бревна в параболической зоне. Оптимальные размеры по длине и ширине, как известно, равны

$$l_0 = \frac{2}{3} L \frac{D^2 - 4a^2}{D^2 - d^2}; \quad (5)$$

$$b_0 = \sqrt{\frac{D^2 - 4a^2}{3}}. \quad (6)$$

Здесь D — диаметр бревна в комлевой части.

Объем любой j -й обрезной доски оптимальных размеров

$$V_j = \frac{2}{3} m_j L \frac{D^2 - 4a_j^2}{D^2 - d^2} \sqrt{\frac{D^2 - 4a_j^2}{3}}, \quad (7)$$

где a_j — расстояние от центра торца бревна до наружной пласти j -й доски;

m_j — оптимальная (или предельная по П. П. Аксену) толщина доски.

Для бревен малых диаметров, характерных для сырья Европейской части СССР, параболическая зона позволяет выработать одну-две пары боковых досок. Если из боковой части бревна в его параболической части получают одну пару боковых досок, то согласно [4]:

$$m_0 = \frac{\sqrt{4D^2 + 9a_{\text{вн}}^2} - 5a_{\text{вн}}}{8} \quad (8)$$

Здесь $a_{\text{вн}}$ — расстояние от центра торца бревна до внутренней пласти доски.

Принимая

$$D = d + SL, \quad (9)$$

где S — средний сбег бревна, можно получить

$$m_0 = \frac{\sqrt{4S^2L^2 + 8dSL + 4d^2 + 9a_{\text{вн}}^2} - 5a_{\text{вн}}}{8} \quad (10)$$

Изменения m_0 пропорциональны изменениям квадратного корня из квадратного трехчлена типа $AL^2 + BL + C$, а для конкретных условий близки к изменениям линейной зависимости от L . Тогда и для уравнения (7) после некоторых упрощений можно сделать вывод, что изменения V_j пропорциональны изменениям L^3 . Очевидно, это справедливо и для условий выработки двух или нескольких пар обрезных досок оптимальных размеров из параболической части бревна.

В общем виде объем вырабатываемых брусом способом обрезных пиломатериалов

$$V = V_1 + \Sigma V_i + \Sigma V_j = 0,5d^2L + \Sigma m_i L \sqrt{d^2 - 4a_i^2} + \Sigma \frac{\sqrt{4S^2L^2 + 8dSL + 4d^2 + 9a_{\text{вн}j}^2} - 5a_{\text{вн}j}}{8} \times \frac{2}{3} L \frac{D^2 - 4a_j^2}{D^2 - d^2} \sqrt{\frac{D^2 - 4a_j^2}{3}} \quad (11)$$

т. е.

$$V \cong K_1L + K_2L + K_3L^3, \quad (12)$$

где K_1, K_2, K_3 — коэффициенты пропорциональности для обрезных досок, получаемых соответственно в пределах пласти бруса, в пифагорической зоне, в параболической зоне.

Объем бревна можно определять по одному из известных выражений, например, по формуле концевых сечений или срединного сечения. Табличные объемы бревен (ГОСТ 2708—75) также интерполированы уравнениями [3]. Но в соответствии с теми и другими формулами изменения объема бревна пропорциональны изменениям L^3 .

Следовательно, изменения полезного выхода пиломатериалов близки обратно пропорциональным изменениям L^2 . Естественно, конкретные условия раскряжевки хлыстов, ограничения по минимально возможным размерам вырабатываемых досок, существующие градации по длине, ширине, толщине досок, рассеивание диаметров бревен в поставе приводят дополнительно к существенным изменениям в выходе. Однако очевидна зависимость выхода пиломатериалов

$$P = A_1 + \frac{B_1}{L^2}, \quad (13)$$

где A_1, B_1 — не зависящие от длины бревна величины.

Зависимость (13) сохраняет тот же характер и для развального способа раскряжки бревен.

В условиях практического лесопиления для увеличения полезного выхода пиломатериалов при составлении поставов следует учитывать длину распиливаемых бревен. Сортировка бревен по длине и распиловка различных групп соответствующими поставами, очевидно, также позволят увеличить полезный выход пиломатериалов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Иванов Д. В., Суровцева Л. С. Влияние длины бревен на показатели работы рамных потоков // *Технология и оборудование деревообрабатывающих производств: Межвуз. сб. науч. тр.* — Л.: ЛТА, 1987. — С. 19—23. [2]. *Справочник технолога по лесопилению* / С. А. Образцов, В. И. Шибалов, В. Д. Колобов, М. И. Пекло. — М.: Гослесбумиздат, 1963. — 474 с. [3]. Шалаев В. С. К расчету поставов на распиловку бревен // *Деревообработ. пром-сть.* — 1986. — № 10. — С. 10—11. [4]. Шалаев В. С., Рыкунин С. Н. Определение оптимальных размеров обрезных досок при развальном способе раскряжки бревен // *Лесн. журн.* — 1986. — № 5. — С. 121—123. — (Изв. высш. учеб. заведений).

УДК 630*813.11

НЕКОТОРЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЛИГНОСУЛЬФОНАТОВ

*В. В. НЕКРАСОВ, В. В. ДОБРЫНИНА, С. П. АРТИУХОВ,
Л. В. ФИЛИМОНЕНКОВА, Ю. В. ЛОГИНОВ, Л. Ф. ТРЕНИНА*

Архангельский лесотехнический институт

В целях более полного выявления свойств промышленных лигносульфонатов (ЛСТ) нами был проведен комплекс исследований физических свойств его водных растворов. ЛСТ отобран в выпарном цехе Архангельского ЦБК с физико-химическими показателями ОСТ Из — № 18383. В качестве образцов взяты растворы с содержанием ЛСТ от 0,88 до 50 %. В интервале температур 20...65 °С (в отдельных случаях до 100 °С) изучены следующие параметры: плотность ρ , показатель преломления n , скорость распространения ультразвука (УЗ) v , коэффициент теплопроводности λ , теплоемкость c_p , коэффициент вязкости η .

Плотность растворов ЛСТ определяли с помощью ареометра. При каждой данной температуре параллельно измеряли плотность воды и раствора ЛСТ. Затем по известной плотности воды рассчитывали плотность раствора. Показатель преломления растворов определяли рефрактометром РПЛ-3. В качестве источника света использовали газовый лазер с длиной волны $\lambda = 650$ нм.

Скорость распространения ультразвука определяли на незначительно видоизмененной установке, описанной в работах [3, 4]; точность составляла 0,5 %. Измерения проводили на частоте 1,8 МГц.

Теплофизические параметры определяли двумя методами: с помощью кондуктивного микрокалориметра [2] и методом двух температурно-временных интервалов [1]. Последний метод позволяет одновременно измерять коэффициенты теплопроводности, температуропроводности, удельной теплоемкости и тепловую активность раствора. Определение теплоемкости образцов двумя методами позволило исключить значительные погрешности. Вязкость растворов ЛСТ исследовали с помощью вискозиметра Хепплера прецизионного типа.

Результаты представлены в табл. 1—6.

Таблица 1

Температура $t, ^\circ\text{C}$	Плотность растворов ρ , кг/м ³ , с содержанием ЛСТ, %								
	0	10	20	30	34	39	42	46	50
20	999	1 038	1 083	1 130	1 151	1 177	1 193	1 215	1 234
25	994	1 035	1 078	1 125	1 144	1 168	1 185	1 205	1 230
45	990	1 030	1 073	1 120	1 138	1 163	1 177	1 197	1 218
65	900	1 020	1 064	1 110	1 120	1 158	1 168	1 188	2 100

Таблица 2

Содержание ЛСТ $C, \%$	0,88	0,96	2,24	4,60	6,90	7,10	10	20
Показатель преломления n (при 18 °С)	1,327	1,328	1,330	1,334	1,338	1,340	1,347	1,365

На основании данных, приведенных в табл. 1—6, можно сделать следующие выводы.

1. Плотность в изотермических условиях монотонно возрастает с ростом содержания ЛСТ в растворе (табл. 1). Для данного содержания ЛСТ плотность раствора убывает с ростом температуры по линейному закону (табл. 1).

2. Зависимости показателя преломления растворов от температуры $n = f(T)$ и содержания ЛСТ $n = f(C)$ подчиняются линейному закону (табл. 2, 3).

3. В изотермических условиях скорость УЗ линейно возрастает с повышением содержания ЛСТ в растворе (табл. 4). С повышением температуры при данном содержании ЛСТ в растворе скорость УЗ монотонно возрастает, однако по мере роста

Таблица 3

Температура t , °С	Показатель преломления n при содержании ЛСТ в растворах, %					
	2,1	5,3	8,7	10	13	20
37	1,320	1,326	1,335	1,340	1,344	1,355
45	1,318	1,325	1,334	1,336	1,344	1,350
65	1,315	1,322	1,239	1,336	1,340	1,350
90	1,310	1,318	1,327	1,334	1,336	1,348
100	1,309	1,315	1,324	1,330	1,335	1,345

Таблица 4

Температура t , °С	Скорость распространения УЗ $v \cdot 10^{-3}$, м/с, при содержании ЛСТ в растворах, %								
	0	10	20	30	34	39	42	46	50
20	1,49	1,53	1,57	1,62	1,63	1,65	1,67	1,68	1,70
25	1,50	1,54	1,58	1,62	1,63	1,65	1,67	1,68	1,70
45	1,52	1,55	1,59	1,63	1,64	1,66	1,67	1,68	1,70
65	1,54	1,57	1,61	1,64	1,65	1,66	1,68	1,69	1,70

Таблица 5

Теплофизическая характеристика	Численные значения характеристики (в интервале температур 25 ± 3 °С) при содержании ЛСТ в растворах, %							
	0	5	10	20	30	39	46	50
$a \cdot 10^{-7}$, $\frac{\text{м}^2}{\text{с}}$	1,71	1,64	1,31	1,27	1,42	1,15	1,14	1,03
λ , $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$	0,632	0,642	0,573	0,558	0,605	0,460	0,459	0,386
$b \cdot 10^{-3}$	1,73	1,58	1,58	1,57	1,61	1,36	1,36	1,20
$c_p \cdot 10^{-3}$, $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	4,190	3,830	4,210	3,910	3,708	3,420	3,320	3,209

Таблица 6

Зависимость вязкости растворов от содержания ЛСТ и температуры

t , °С	T , К	Коэффициент вязкости $\eta \cdot 10^3$, Па · с, при содержании ЛСТ, %					
		10	20	30	34	42	50
20	293	1,42	2,87	6,30	25,3	244	6980
30	303	1,09	2,25	4,70	15,9	108	1960
40	313	0,903	1,81	3,50	10,8	60,2	584
45	321						393
50	323	0,750	1,48	2,75	7,50	34,0	
60	333	0,634	1,28	2,26	5,69	23,0	
64	337						108
70	343	0,542	0,770	1,89	4,26	16,4	

концентрации это возрастание становилось все менее заметным и в 50 %-м растворе скорость в пределах ошибки опыта оставалась постоянной и равной $1,70 \cdot 10^3$ м/с (табл. 4).

4. Величина теплоемкости c_p линейно понижается с ростом содержания ЛСТ в растворе (табл. 5). Измерения проводили при $t = 25 \pm 3$ °С.

5. Коэффициенты теплопроводности, температуропроводности и тепловой активности монотонно убывают с ростом содержания ЛСТ в растворе (табл. 5).

6. Для растворов с содержанием ЛСТ 10...50 % наблюдается линейная зависимость $\ln \ln \eta = f(C)$. Зависимость $\ln \eta = f\left(\frac{1}{T}\right)$ представляет собой серию прямых

с различным наклоном, что указывает на зависимость энергии активации вязкого течения от содержания ЛСТ в растворах (табл. 6).

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Волькенштейн В. С. Скоростной метод определения теплофизических характеристик материалов.— Л.: Энергия, 1971. [2]. Дивин Н. П., Иванов Г. А. Калориметр для физических лабораторий // Тез. докл.: 2-е зональное научно-исследовательское совещание зав. кафедрами физики и ведущих лекторов по физике в вузах Сев.-Зап. зоны.— Л., 1978, с. 95—96. [3]. Некрасов В. В. О сольватации лигнина в растворах диоксиана // Лесн. журн.— 1973.— № 1.— С. 168—170.— (Изв. высш. учеб. заведений). [4]. Некрасов В. В., Соколов О. М., Боховкин И. М. О сольватации сульфатного лигнина в некоторых органических растворителях // Лесн. журн.— 1975.— № 2.— С. 114—117.— (Изв. высш. учеб. заведений).

УДК 676.1.022.1

ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНОЙ ДОБАВКИ НА ПРОЦЕСС ЩЕЛОЧНОЙ ДЕЛИГНИФИКАЦИИ ЛИСТВЕННОЙ СУЛЬФАТНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Н. Е. РИХТЕР, Л. П. БИЧЕВАЯ, М. Н. КОКОРИНА, А. А. ЛЕОНОВИЧ

Ленинградская лесотехническая академия

Увеличение доли древесины лиственных пород в производстве целлюлозы обострило проблему «вредной» смолы. Снизить ее содержание можно технологическими мерами — сортированием, промывкой, использованием вспомогательных химических веществ: поверхностно-активных (ПАВ), комплексообразующих, диспергаторов на основе ПАВ и др. Лесохимические продукты пиролиза древесины — растворимая смола и ее нейтрализованные продукты — повышают выход целлюлозы в процессах щелочной варки [2].

В настоящей статье изложены результаты исследования сульфатной варки целлюлозы с поверхностно-активной добавкой ЛХД, являющейся товарным продуктом.

Использовали щепу березы и варочный белый щелок сульфатного завода № 2 Светогорского ЦБК, талловое масло сульфатного завода № 1 с содержанием смоляных кислот 38,0, жирных кислот 45,5 %. Добавка ЛХД Моломского лесохимического завода соответствовала ТУ 13—4000177—128—84. Перед варкой заданное количество ЛХД смешивали со щелоком.

Варки проводили по режиму: подъем температуры до 80 °С и прогрев автоклава — 45 мин, подъем до 140 °С — 70 мин, стоянка — 60 мин, подъем до 153 °С — 70 мин, стоянка — 145 мин; концентрация NaOH — 28 г/л. Целлюлозу промывали щелочью (концентрация NaOH — 5 г/л). Кислородно-щелочную отбелку (КЩО) проводили по режиму: расход NaOH — 3 % от массы волокна при температуре 110 °С, давлении кислорода 0,5 МПа в течение 60 мин. Образцы анализировали с определением жесткости (ГОСТ 10070—74), степени полимеризации (ГОСТ 25438—82). Смолистые вещества определяли в целлюлозной массе экстрагированием этанолом и эфиром в аппарате Э-8.

Добавка ПАВ в количестве 1 % при варке с модулем 1:8 улучшает показатели целлюлозы по сравнению с контролем в случае как ЛХД, так и таллового масла

Таблица 1

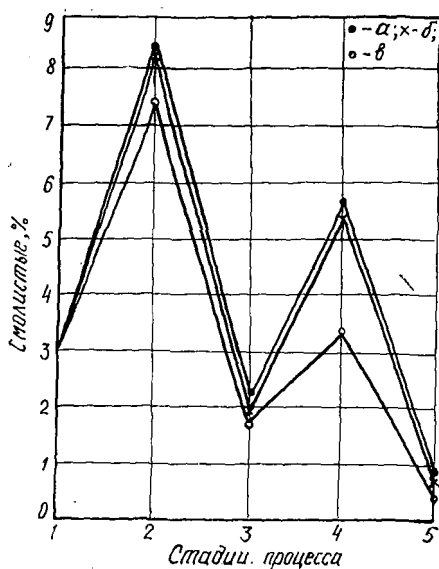
Характеристика целлюлозы небеленой и после КЩО,
полученной с двумя добавками

Добавка	Жесткость, п. е.	Остаточная щелочность, г/л	Степень полимеризации
ЛХ	$18,1 \pm 1,0$	$3,36 \pm 0,30$	1600 ± 100
	$8,0 \pm 0,4$	$0,82 \pm 0,10$	
Талловое масло	$19,7 \pm 1,0$	$2,72 \pm 0,30$	1300 ± 100
	$8,2 \pm 0,4$	$0,56 \pm 0,10$	
Контроль	$22,0 \pm 1,0$	$2,84 \pm 0,30$	1100 ± 100
	$8,6 \pm 0,4$	$0,84 \pm 0,10$	

Примечание. В числителе приведены данные для небеленой целлюлозы; в знаменателе — после КЩО.

(табл. 1). Делигнификация в присутствии ЛХД протекает полнее, и жесткость целлюлозы как небеленой, так и после отбелки оказывается ниже; снижается и деструкция углеводного комплекса.

Изменение содержания экстрактивных веществ в массе по стадиям при варке целлюлозы без ПАВ (а), с талловым маслом (б) и с ЛХД (в): 1 — исходная древесина; 2 — после варки без промывки; 3 — после слабощелочной промывки; 4 — после КЩО; 5 — после промывки горячей водой



Экстрактивные вещества, по содержанию которых косвенно судили о наличии «вредной» смолы, изменяются по стадиям процессов варки, промывки и КЩО с некоторым преимуществом для варианта варки с ЛХД (см. рис.); остаточное содержание их составляет 0,45 против 0,60 % для таллового масла. Смолистые вещества, сорбированные в основном на поверхности целлюлозных волокон, при слабощелочной промывке отмываются практически одинаково. На стадиях 4 и 5 при промывке горячей водой ЛХД способствует удалению смолистых веществ.

Результаты лабораторных исследований варки целлюлозы с ЛХД были подтверждены опытными выработками на Красногородском экспериментальном ЦБЗ (табл. 2). Режим варки соответствовал лабораторному с уменьшением модуля до 1:4.

Таблица 2

Расход ЛХД, %	Выход целлюлозы, %	Жесткость, п. е.	Содержание экстрагируемых эфиром веществ, %	
			в целлюлозе после сортировки и промывки	в щелоче после варки
0	53,9	21,3	0,57	0,16
1	54,9	20,7	0,58	0,17
2	56,5	18,9	0,55	0,14

Добавка ЛХД в количестве 2 % статистически достоверно увеличивает выход целлюлозы и способствует более полной делигнификации. Показатели механической прочности целлюлозы, как свидетельствуют физико-механические испытания, не ухудшаются. Анализ щелока после варки показал, что содержание эфирорастворимых веществ не увеличивается, следовательно, вводимая для варки березы добавка ЛХД не должна сказываться отрицательно на качестве образующегося таллового листового масла.

Таким образом, введение лесохимической поверхностно-активной добавки ЛХД в варочный щелок увеличивает выход и улучшает качество целлюлозы в процессе щелочной делигнификации, включающей сульфатную варку щепы березы и кислородно-щелочную делигнификацию. С использованием ЛХД разработан новый способ получения целлюлозы [1].

ЛИТЕРАТУРА

[1]. А. с. 1266912 СССР, МКИ Д 21 С3/02. Способ получения целлюлозы / Н. Е. Рихтер, Л. П. Бичева, М. Н. Кокорина и др. (СССР).— № 39003690/29—12; Заявлено 29.05.85; Опубл. 31.11.86. Бюл. № 40 // Открытия. Изобретения.— 1986.— № 40.— С. 85—86. [2]. О возможности использования лесохимических продуктов в процессе щелочной делигнификации целлюлозосодержащих материалов / Н. Е. Рихтер, Л. П. Бичева, М. Н. Кокорина, А. А. Леонович // Химическая технология древесины: Межвуз. сб. науч.тр. / Л.: ЛТА.— 1986.— С. 101—104.

УДК 630*813

КИСЛОРОДНАЯ ВАРКА ЩЕПЫ В ВОДНО-СПИРТОВЫХ РАСТВОРАХ

И. П. ДЕЙНЕКО, О. В. НИКИТИНА

Ленинградская лесотехническая академия

Известно [4], что добавление к варочному раствору спирта существенно повышает селективность делигнификации при получении целлюлозы методом окислительного аммонолиза. Полученные данные [5] свидетельствуют о том, что и в отсутствие основания скорость окисления лигнина в низкомолекулярных спиртах заметно выше скорости окисления полисахаридов. Представляло интерес проверить возможность получения целлюлозы окислением древесины кислородом в водно-спиртовых растворах в отсутствие щелочного реагента.

Приведенные в таблице результаты исследования показывают, что при окислении как еловой, так и осиновой щепы (толщина щепы 3...10 мм) кислородом в водно-спиртовых средах удается получить достаточно глубоко проваренный волокнистый материал. Делигнификация осиновой щепы протекает значительно легче, что позволяет осуществить процесс при более низкой температуре. Меншее термическое воздействие обеспечивает лучшую сохранность полисахаридов, поэтому при варке осиновой щепы выход волокнистого материала гораздо выше, чем при варке еловой.

Скорость делигнификации с увеличением молекулярной массы используемого для варки спирта возрастает. Об этом свидетельствуют данные как по выходу целлюлозы и содержанию в ней остаточного лигнина, так и по расходу кислорода и выходу конечного продукта окисления, CO_2 . Этот факт можно объяснить различной молярной концентрацией метанола, этанола, пропанола при одинаковом объемном соотношении вода — спирт (40 : 60) в растворе. Судя по данным предварительных опытов, скорость окисления лигнина сильно зависит от соотношения вода — спирт в варочном растворе, причем эта зависимость для отдельных спиртов различна.

При обработке древесины кислородом в водно-спиртовых средах делигнификация обеспечивается окислительной деструкцией лигнина. Часть лигнина (от 15 до 50 %) окисляется до низкомолекулярных продуктов. Однако, в отличие от кислородно-щелочных варочных процессов, глубина окисления при кислородно-спиртовой обработке сравнительно невелика. Число образующихся в данном случае оксидов углерода значительно меньше, чем, например, при кислородно-содовой варке [3]. Основные низкомолекулярные продукты окислительного распада лигнина — эфирорастворимые вещества (см. табл.). Большой выход водорастворимых веществ объясняется тем, что в их состав входят продукты частичной деструкции углеводных компонентов древесины.

Представленные данные свидетельствуют о возможности получения целлюлозных материалов окислением древесины кислородом в водно-спиртовых средах. Использование спирта в качестве компонента варочного раствора позволяет исключить из системы щелочной реагент и, в отличие от кислородно-щелочных варок, при получении целлюлозы рассмотренным способом в качестве сырья можно использовать обычную технологическую щепу. По сравнению со спиртовыми варками [1] введение кислорода в систему позволяет проводить процесс при более низкой температуре в отсутствие кислотных и щелочных реагентов и использовать в качестве сырья щепу как лиственных, так и хвойных пород.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Богомоллов Б. Д., Грошев А. С. Делигнификация древесины органическими растворителями // Химия древесины.— 1980.— № 3.— С. 3—16. [2]. Дейнеко И. П., Логинова Н. М. Делигнификация еловых опилок пероксидом водорода в присутствии вольфрамовой кислоты // Химия древесины.— 1986.— № 3.— С. 45—50. [3]. Изучение кинетики делигнификации древесины кислородом. I. О механизме окисления лигнина / И. П. Дейнеко, В. З. Слоним, С. Н. Никольский, М. Я. Зарубин // Химия древесины.— 1983.— № 5.— С. 25—31. [4]. Неравномер-

Условия и результаты кислородной варки щепы в водно-спиртовых растворах

Щепа	Условия варки						Характеристика продуктов дегидрификации, %					Компоненты отработанного раствора, %			Эфирорастворимые вещества, %		
	Температура, °С	Выход на режим, мин	Варка в изотермическом режиме, мин	Жидкостный моль дуть	Начальное давление, МПа	Расход O ₂ от абс. сухой древесины	Целлюлоза	Лигнин	Непровар	CO ₂	CO	Лигнин	Летучие кислоты	Нейтральные	Фенолы	Нелетучие кислоты	Волорастворимые вещества
Еловая Метанол Этанол Пропанол	155	40	170	10	1,5	11,7	55,7	13,3	0,3	4,5	0,42	10,6	2,5	0,31	0,53	1,4	23,2
	155	45	165	7	2,2	16,6	50,6	6,5	—	5,1	0,51	16,0	2,7	0,27	0,54	1,4	24,0
	155	50	160	10	1,5	—	48,6	5,5	0,1	7,1	—	21,4	5,8	0,66	0,48	1,6	18,2
Осиновая Пропанол	140	60	330	10	1,4	8,6	61,8	5,0	1,1	3,9	0,31	10,9	3,0	0,61	0,55	1,4	14,9

Примечание. Варки проводили в 2-литровом качающемся (50 мин⁻¹) автоклаве. Соотношение вода — спирт в варочном растворе 40 : 60. Содержание лигнина в древесине ели — 27,6 %, в древесине осины — 20,3 %; содержание экстрактивных веществ (эфир) в древесине ели — 0,6 %, в древесине осины — 1,3 %. Продукты после отгонки спирта анализировали аналогично работе [2]. Выход продуктов — в процентах от массы абс. сухой древесины; выход летучих кислот — в расчете на уксусную кислоту.

ность делигнификации древесины от толщины щепы при кислородно-щелочной варке / Л. О. Иоффе, П. И. Зеликман, Ю. С. Иванов и др. // Химия древесины.— 1984.— № 6.— С. 49—53. [5]. Никитина О. В., Евтугин Д. В., Дейнеко И. П. Окисление лигнина кислородом в органических растворителях // Тез. докл. 7-й Всесоюз. конф. по химии и использованию лигнина.— Рига, 1987.— С. 62—64.

УДК 674.047 : 536.75

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ И ЭКСЕРГЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕСОСУШИЛЬНЫХ КАМЕР

Л. Н. КРОТОВ, Л. Д. АХРЯМКИНА

Сибирский технологический институт

Сокращение энергетических затрат при камерной сушке пиломатериалов — одна из актуальных задач в деревообрабатывающей промышленности. Для решения этой задачи необходимо использовать термодинамический аппарат, который позволяет оценить степень совершенства энергетических процессов, происходящих в лесосушильных камерах.

В настоящее время оценка экономичности лесосушильных камер базируется на энергетическом методе, основанном на первом законе термодинамики — законе сохранения энергии. Использование этого метода в сложных технологических системах, где применяют различные виды энергии (тепловая, электрическая, механическая и т. д.) и разные рабочие тела-теплоносители (влажный воздух, пар, горячая вода), приводит часто к искаженной картине распределения энергетических затрат (потерь) в различных узлах схемы. Так, например, энергетический метод не определяет потери от необратимости внутри системы. При использовании этого метода низкокачественную тепловую энергию приравнивают к организованным видам энергии, каковыми являются электрическая и механическая энергии.

При анализе работы лесосушильных камер в отраслевой лаборатории Сибирского технологического института был использован более совершенный эксергетический метод термодинамического анализа энергетических процессов, основанный на втором законе термодинамики.

Идея эксергетического метода заключается в том, что любые потоки энергии и энергоносителей оценивают по той максимальной работе (эксергии), которую они могут производить при данных параметрах окружающей среды (температуре, давлении и влагосодержании).

С точки зрения инженерно-энергетических позиций, практический интерес представляют лишь те потоки энергии и энергоносителей, параметры которых (или хотя бы один) отличаются от параметров окружающей среды.

Эксергия выступает в роли базового показателя, учитывающего как качество, так и количество энергии. Так, например, удельную эксергию потока вещества e определяют по следующей формуле:

$$e = (h - h_0) - T_0 (s - s_0),$$

где h и s — соответственно энтальпия и энтропия потока;

h_0 и s_0 — то же при параметрах окружающей среды;

T_0 — температура окружающей среды.

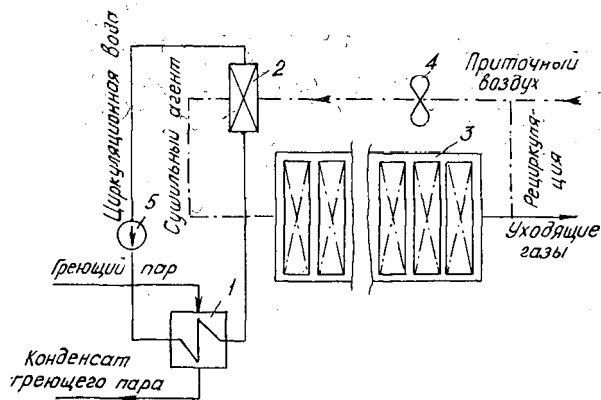


Рис. 1. Принципиальная тепловая схема лесосушильной камеры СП-5КМ-3М: 1 — бойлер; 2 — calorиферы; 3 — сушильное пространство; 4 — основные вентиляторы; 5 — циркуляционный насос

Достоинство эксергетического метода в том, что он позволяет не только выявить в полной мере очаги потерь, но и определить причины, вызывающие их, а также степень влияния этих потерь на различные стадии технологического процесса. Эксергетический метод в совокупности с технико-экономическим анализом позволяет точнее определить наиболее экономичные режимы работы лесосушильных камер при сохранении рациональной технологии сушки.

На рис. 1 представлена принципиальная схема лесосушильной камеры непрерывного действия СП-5КМ-3М (проект Гипродрева).

Результаты сравнительного анализа работы этой камеры при сушке лиственничных пиломатериалов в нормальном режиме энергетическим и эксергетическими методами приведены в таблице.

Энергетический и эксергетический балансы лесосушильной камеры СП-5КМ-3М

Статьи балансов	Энергия		Эксергия	
	кВт	%	кВт	%
Приход:				
греющий пар	469,05	54,25	150	61,27
испаренная влага в рециркуляционном потоке	341,92	39,55	80,28	32,79
приточный воздух	39,10	4,52	—	—
электроэнергия	14,53	1,68	14,53	5,94
Итого	864,6	100	244,81	100
Расход:				
испаренная влага	359,91	41,63	84,5	34,52
Потери:				
бойлер	23,45	2,71	34,35	14,03
в том числе: а) теплоотдача в окружающую среду	23,45	2,71	7,55	3,08
б) необратимость процесса теплообмена	—	—	26,80	10,95
калорифер	—	—	39,49	16,13
в том числе: а) необратимость процесса теплообмена	—	—	39,06	15,96
б) гидравлические потери	—	—	0,42	0,17
сушильное пространство	85,69	9,91	9,85	4,02
в том числе: а) прогрев материала	72,09	8,34	3,98	1,62
б) теплоотдача в окружающую среду	13,6	1,57	2,15	0,88
в) гидравлические потери	—	—	1,82	0,74
г) необратимость процессов тепло- и массообмена, смешения испаренной влаги с сушильным агентом	—	—	1,9	0,78
уходящие газы	381,02	44,07	48,65	19,87
смешение рециркуляционного потока с приточным воздухом	—	—	18,70	7,64
электроэнергия	14,53	1,68	9,27	3,79
Всего	864,6	100	244,81	100

Из данных таблицы видно, что статьи балансов эксергетического метода значительно шире и распределение энергетических затрат (потерь) по статьям балансов различно.

Так, например, потери тепловой энергии в бойлерной установке по тепловому балансу составили всего 2,71 %; в статье эксергетического баланса они значительно больше — 14,03 %. Из результатов эксергетического анализа работы калориферной установки следует, что в действительности калориферы работают с энергетическими потерями (по расчету до 16,13 %), в то время как энергетический (энтальпийный) анализ показывает, что здесь потерь нет.

Интересно сравнить потери с уходящими газами. Оказалось, что эксергия этого потока невелика и потери составляют 19,87 % (44,07 % по энергетическому балансу).

Известно, что энергетическая эффективность лесосушильной камеры характеризуется коэффициентом полезного действия (кпд) η , который определяют одинаково для обоих методов анализа:

$$\eta = \frac{\mathcal{E}_{\text{исп}}}{\mathcal{E}_{\text{подв}}}$$

Здесь $\mathcal{E}_{\text{исп}}$ — энергия (эксергия), затраченная на испарение влаги из высушиваемого материала;

$\mathcal{E}_{\text{подв}}$ — сумма всех видов энергий, подведенных к камере.

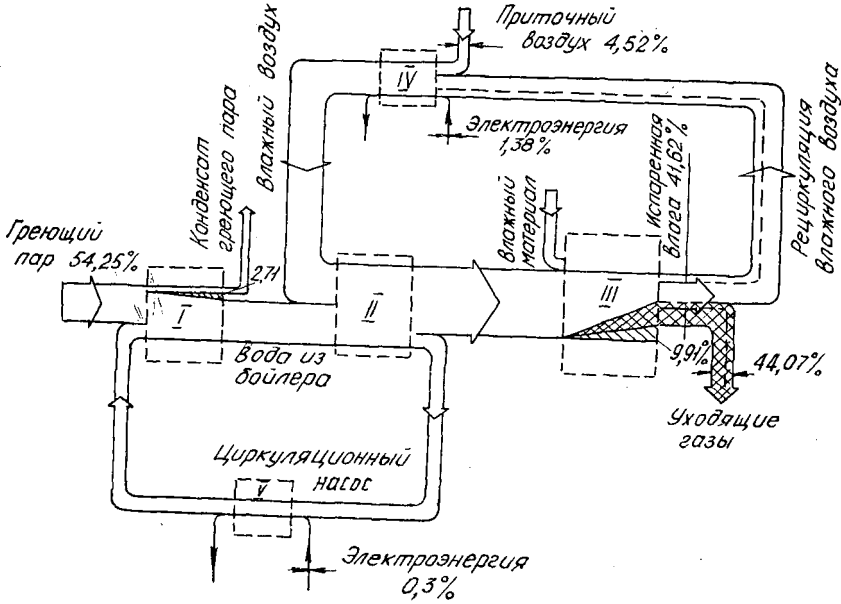


Рис. 2. Диаграмма потоков энергии лесосушильной камеры СП-5КМ-3М: I — бойлер; II — калориферы; III — сушильное пространство; IV — основные вентиляторы; V — циркуляционный насос

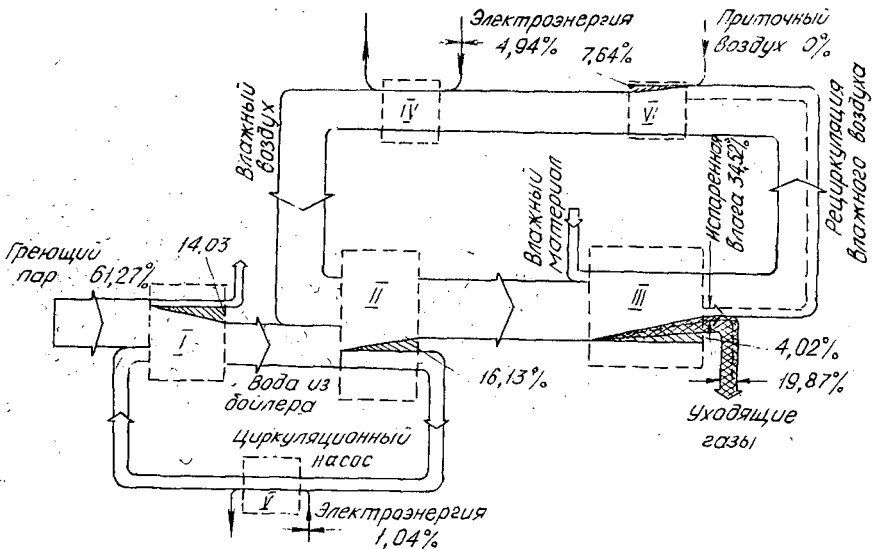


Рис. 3. Диаграмма потоков энергии лесосушильной камеры непрерывного действия СП-5КМ-3М: I — бойлер; II — калориферы; III — сушильное пространство; IV — основные вентиляторы; V — циркуляционный насос; VI — место смешения приточного воздуха с рециркуляционным потоком

Расчеты показали, что КПД лесосушильной камеры по эксергетическому балансу ниже (34,52 %), чем в статьях энергетического баланса (41,62 %).

На рис. 2 и 3 представлены диаграммы потоков энергии и эксергии в соответствии с принципиальной схемой лесосушильной камеры СП-5КМ-3М.

Следовательно, эксергетический метод позволяет проводить более полный и более глубокий анализ энергетических процессов и более оптимально решать задачи рационального расходования энергии в лесосушильных камерах.

УДК 631.62(252.6)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОДООТДАЧИ ТОРФА С УЧЕТОМ ЭНЕРГИИ СВЯЗИ ВОДЫ С ЕГО ТВЕРДОЙ ФАЗОЙ

Е. П. КОПТЕЛОВ

Архангельский лесотехнический институт

Современные болота лесотаежной зоны (избыточно увлажненные) образовались в последний геологический период. Площадь торфяных массивов достигает десятков тысяч квадратных километров. В естественных условиях торфяная залежь находится в равновесном состоянии, которое нарушается при проведении лесомелиоративных работ.

Для рассмотрения равновесия и движения твердой и жидкой фаз относительно друг друга можно пользоваться полным потенциалом [3, 4]. Движение влаги определяется как реологическими свойствами жидкости [1, 2], так и энергией связи влаги с твердыми частицами [7]. Для полностью водонасыщенной системы движение влаги может происходить под действием сил тяжести (гравитационного потенциала) или избыточного давления в поровой жидкости P . Полный потенциал влаги Π можно представить как сумму гравитационного Π_g , капиллярного Π_k , осмотического Π_o , пневматического Π_n [4].

При осушении (дренировании) наиболее существенны гравитационный и капиллярный потенциалы, когда скелет торфа получает наибольшие деформации. Осмотический, температурный, пневматический потенциалы проявляются при малой влажности торфов, например в процессе сушки [6].

Гравитационный потенциал зависит от начала отсчета, который может быть совмещен с поверхностью уровня грунтовых вод [4]. В этом случае

$$\Pi = \mu - gH, \quad (1)$$

где μ — полный потенциал;
 g — ускорение силы тяжести;
 H — уровень грунтовых вод.

Капиллярный потенциал связи влаги с твердой фазой характерен для трехфазной системы и определяется радиусом менисков воды (в капиллярах), поверхностным натяжением влаги, а также степенью увлажненности собственных частиц торфа [4]:

$$\Pi_k = \frac{P_k}{\rho}, \quad (2)$$

где P_k — капиллярные силы;
 ρ — плотность жидкости.

Поскольку энергия связи капиллярной воды зависит от диаметра капилляров, то в торфяных грунтах по мере их уплотнения P_k будет изменяться. Используя методику определения потенциала почвенной влаги для минеральных грунтов [3], можно получить кривые влажности $W(P)$, а также зависимость коэффициентов пористости от давления.

Для жестких грунтовых систем изменением ϵ можно пренебречь, что недопустимо для торфяных структурно-неустойчивых грунтов. Зависимость коэффициента пористости от приложенного внешнего давления устанавливается с помощью компрессионных испытаний. В начальный момент времени всю нагрузку воспринимает поровая вода, а затем нагрузка перераспределяется между поровой водой и скелетом грунта. По количеству отжатой влаги можно оценить энергию связи с ее твердой фазой.

Зависимости $W(P)$ и $\epsilon(P)$ нами исследованы на мембранном прессе, схема которого представлена на рис. 1. Установка состоит из мембранного пресса 1, ростверка с манометром 2, компрессора 3. Днище мембранного пресса перфорированное. Для создания необходимых условий отжатия влаги из образцов торфа 4 на перфорированное днище укладывали металлическую сетку 5, а на нее полиэтиленовую пленку 6.

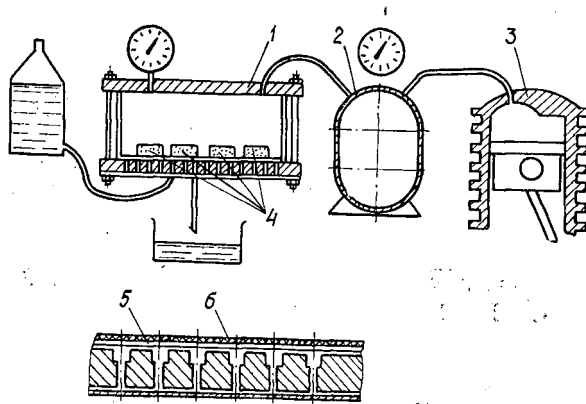


Рис. 1. Установка для испытания образцов торфа давлением

Полиэтиленовая пленка при плотном контакте с образцом под давлением пропускает воду, но задерживает воздух.

В наших опытах давление изменялось от 0,0 до 0,01 МПа с интервалом 0,001 МПа и от 0,01 до 0,45 МПа с интервалом 0,05 МПа. Из-за незначительной устойчивости каркаса торфа, по мере обезвоживания происходит уплотнение образца за счет изменения порового пространства. Кроме влажности определяли также объем образцов, измеряя их высоту h и диаметр d . Это позволило получить зависимость изменения пористости от давления. При $P = 0$ влага стекает под собственным весом и уменьшается только h .

При нагрузках, превышающих гравитационные силы ($P \geq P_g$), начинается объемное сжатие образца, когда изменяется не только высота, но и диаметр.

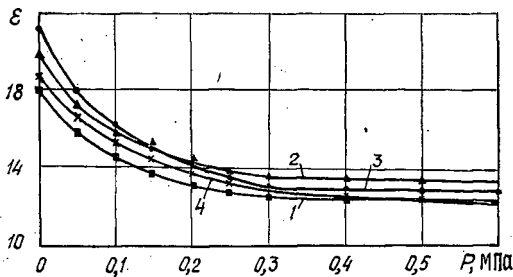


Рис. 2. Зависимости изменения пористости от давления: торф низинный, лесотопяной; 1 — степень разложения торфа $R = 25\%$; 2 — 35; 3 — 14; 4 — $R = 40\%$

На рис. 2 представлены зависимости $\varepsilon(P)$, которые показывают, что при увеличении давления пористость уменьшается. Наибольшее изменение пористости наблюдается для всех исследованных нами торфов в интервале давления 0...0,3 МПа. В дальнейшем частицы твердой фазы занимают более устойчивое положение, скелет становится «жестким» и деформации почти отсутствуют.

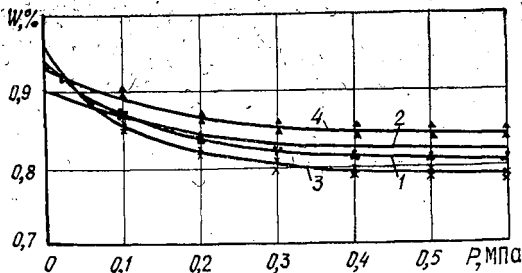


Рис. 3. Зависимость изменения влажности от давления. Обозначения см. на рис. 2

На рис. 3 даны зависимости $W(P)$ для четырех исследуемых видов торфа. Зависимость $\ln W(P)$ (рис. 4) может быть представлена ломаной линией abc , которая в точке b меняет наклон. Отношение $\frac{dW}{dP} = C_p$ называется коэффициентом обезвожи-

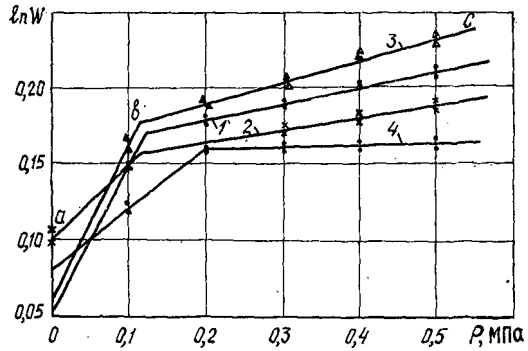


Рис. 4. Зависимость изменения ΔW от давления. Обозначения см. на рис. 2

вания (или коэффициентом удельной влагоемкости [4, 5]) и характеризует степень связи влаги с твердыми частицами [4]. Если на некотором участке от W_1 до W_2 и от P_1 до P_2 кривую $W(P)$ заменить прямой, то:

$$C_p = \frac{W_2 - W_1}{P_2 - P_1} \quad (3)$$

В пределах изменения влажности от W_{max} до W_{min} (двухфазная система) можно считать, что степень связи влаги с твердой фазой весьма незначительна и вода удаляется под действием гравитационного потенциала. В этом случае C_p имеет наибольшее значение C'_p . Согласно данным рис. 3, для кривой 1 $P_T = 0,02$ МПа и наибольший коэффициент удельной влагоемкости

$$C'_p = \frac{0,96 - 0,87}{0,02} = 4,25 \text{ МПа}^{-1}$$

В дальнейшем по мере обезвоживания C_p уменьшается. Чем меньше C_p , тем больше энергия связи влаги с твердой фазой. Очевидно, что показатель C'_p может служить мерой водоотдачи.

Изменение коэффициента обезвоживания в зависимости от давления

Торф топяной; $\gamma_{уд} = 1,55 \text{ г/см}^3$; $\gamma_{об} = 1,03 \text{ г/см}^3$; $W = 1134 \%$; $\Phi_p < 0,250 = 35 \%$				Торф топяной; $\gamma_{уд} = 1,50 \text{ г/см}^3$; $\gamma_{об} = 1,03 \text{ г/см}^3$; $W = 1134 \%$; $\Phi_p < 0,250 = 35 \%$			
P , МПа	ΔP , МПа	ΔW , %	$\frac{\Delta W}{\Delta P}$, МПа ⁻¹	P , МПа	ΔP , МПа	ΔW , %	$\frac{\Delta W}{\Delta P}$, МПа ⁻¹
0,001	0,001	0,022	22,3	0,05	0,05	$1 \cdot 10^{-2}$	0,2
0,002		0,020	20,4	0,10		$3 \cdot 10^{-3}$	0,06
0,003		0,014	14,1	0,15		$8 \cdot 10^{-4}$	0,016
0,004		0,012	12,1	0,20		$2 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-3}$
0,005		0,009	9,4	0,25		$1 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-3}$
0,006		0,008	8,2	0,30		$4 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-4}$
0,007		0,007	7,8	0,35		$1 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-4}$
0,008		0,004	4,2	0,40		$9 \cdot 10^{-6}$	$6 \cdot 10^{-6}$
0,009		0,0038	3,8	0,45		$6 \cdot 10^{-6}$	$3 \cdot 10^{-5}$
0,010		0,0021	2,1	0,50		$4 \cdot 10^{-6}$	$1,5 \cdot 10^{-5}$

Выбрав одинаковые промежутки изменения давления ($\Delta P = 0,001$ МПа) в интервале от 0,0 до 0,01 МПа, можно проследить за изменениями C_p по мере увеличения давления P (см. таблицу). Эти данные показывают, что значение $\frac{\Delta W}{\Delta P}$ изменяется с уменьшением влажности в сотни раз.

Таким образом, коэффициент удельной влагоемкости является комплексной характеристикой водно-физических свойств торфа при расчетах неустановившегося движения влаги в торфяной залежи. Удельная влагоемкость торфа зависит от влажности, температуры, давления на скелет, ботанического состава и его истории.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Бондаренко Н. Ф. Физика движения подземных вод.— Л.: Гидрометеоздат, 1973.— 164 с. [2]. Бондаренко Н. Ф. Водно-физические свойства торфяников.— Л.: Гидрометеоздат, 1978.— 159 с. [3]. Вадюнина А. Ф., Корчагин З. А. Методы исследования физических свойств грунтов.— М.: Высш. школа, 1973.— 398 с. [4]. Изучение водного режима осушаемых торфяных залежей / С. С. Корчунов, И. И. Могилевский, О. И. Абакумов, С. М. Дуленина // Тр. / ВНИИТП.— М.; Л.: Госэнерго, 1960.— Вып. 17.— С. 26—32. [5]. Корчунов С. С. Исследование физико-механических свойств торфа // Тр. / ВНИИТП.— М.; Л.: Госэнергоиздат, 1958.— Вып. 12.— С. 8—15. [6]. Лыков А. В. Тепло- и массообмен в процессах сушки.— Л.: Гидрометеоздат, 1956.— 318 с. [7]. Роде А. А. Почвенная влага.— М.: АН СССР, 1952.— 262 с.
-

НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

УДК 061.3(630*824)

СЕДЬМОЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ СИМПОЗИУМ
ПО ФУНДАМЕНТАЛЬНЫМ ИССЛЕДОВАНИЯМ ДРЕВЕСИНЫ

Седьмой Международный симпозиум по фундаментальным исследованиям древесины, организованный Химическим институтом Словацкой академии наук, проходил в октябре 1988 г. в Смоленице (ЧССР) близ Братиславы. В симпозиуме участвовало около 70 сотрудников академических институтов, высших учебных заведений, научно-исследовательских организаций НРБ, ВНР, ГДР, ПНР, СССР и ЧССР.

В отличие от предыдущего VI симпозиума, проведенного в НРБ и посвященного в основном вопросам биотехнологии, целью седьмого, как и первых пяти, было ознакомление с новейшими результатами исследований в области химии, биохимии, биологии и физики древесины. Было заслушано три обобщающих пленарных доклада: на секции химии — Я. Гирш, А. Эбрингерова и др. «Некоторые аспекты фундаментальных исследований древесины в Словацкой академии наук»; на секции биохимии — А. Войткова-Лешчикова и др. «Использование отходов целлюлозно-бумажной промышленности для получения микробиальной биомассы»; на секции физики — Б. Н. Уголева «Исследования в области физики древесины в СССР». Результаты конкретных исследований более подробно были освещены в 34 докладах и 28 стендовых сообщениях.

По секции химии древесины можно отметить следующие доклады: В. Суревич (ПНР) «Новые направления в переработке древесины на целлюлозу»; К. Фишер, И. Шмидт (ГДР) «Влияние параметров варки на деградацию целлюлозы при кислотном бисульфитном процессе»; Р. Драганова и др. (НРБ) «Интенсификация процессов сульфатной варки древесины с помощью добавки смеси антрахинона и поверхностно-активных веществ»; А. П. Трейманис и др. (СССР, ИХД) «Формирование капиллярно-пористой структуры целлюлозных волокон в процессе делигнификации древесины»; Н. А. Ведерников и И. М. Розе (СССР, ИХД) «Изменение свойств полисахаридов под действием концентрированной ортофосфорной кислоты в процессе получения фурфурола из древесины березы»; В. И. Рошин (СССР, ЛТА) «Экстрактивные вещества из древесной зелени некоторых пород»; Л. Т. Пурина и А. П. Трейманис (СССР, ИХД) «Особенности структуры волокон технической целлюлозы, выделенной способом «Органосольв» и др.

Среди докладов на секции биохимии и биологии древесины можно указать: К. Гертиг, Д. Майер и др. (ГДР) «Биоконверсия лигнина — исследование первой фазы роста грибов, вызывающих ситовую гниль, и их делигнифицирующего потенциала»; Я. Бучко, К. Варгицова (ЧССР) «Ферментативный гидролиз модифицированных лигноцеллюлозных материалов»; З. Адамски, Т. Гавецки (ПНР) «Биотехнология при переработке древесины»; Ю. Мачке, З. Гюбл и др. (ГДР) «Применение биотехнологических методов при выращивании лесных растений» и др.

В числе докладов на секции физики древесины можно отметить следующие: М. Бабнак, М. Павликова и др. (ЧССР) «Термодинамическая модель воды в древесине»; Ш. Штеллер, В. Мацкуляк (ЧССР) «Нелинейная модель прогрессивной ползучести лигноцеллюлозного материала»; Е. Липтакова, Й. Кудела (ЧССР) «Взаимодействие поверхностных сил системы: древесина — пленкообразующее вещество»; М. Марчак, С. Курятко (ЧССР) «Проникновение древесно-смоляного масла при одновременном действии ультразвуковых волн и давления»; М. Лавничак (ПНР) «Влияние связующих на некоторые свойства композитов: древесина — полимер»; К. Немет (ВНР) «Абиотическая деградация древесины акации»; М. Матеяк, А. Ярчик (ПНР) «Изучение некоторых физических свойств лиофилизированной древесины дуба»; Г. Блыскова «Размеры трахейд ювенильной древесины некоторых хвойных пород» и др.

По нашему предложению на секции физики древесины были обсуждены и приняты представителями всех стран-участниц симпозиума следующие перспективные направления исследований имманентных, т. е. присущих данному материалу, физических свойств древесины, а также тех ее свойств, которые проявляются как отклик на внешнее воздействие:

строение древесины в аспекте его влияния на физико-механические свойства; свойства древесины, проявляющиеся при воздействии влажного воздуха, воды и других жидкостей, тепла, механических нагрузок, электромагнитных и механических колебаний;

реологические и другие релаксационные явления в древесине;

термодинамика процессов увлажнения и обезвоживания древесины;
напряженно-деформированное состояние нагруженной древесины при переменных влажности и температуре;

физические основы дефектоскопии и неразрушающего контроля качества древесины;

физические основы направленного изменения свойств древесины.

По результатам работы симпозиума была составлена памятная записка, в которой сформулированы в наиболее общем виде актуальные проблемы в области химии, биохимии и физики древесины:

— новые методы делигнификации древесины, в том числе топохимически направленные;

— биоконверсия лигноцеллюлозных материалов;

— новые аналитические методы характеристики древесины и ее компонентов;

— нетрадиционные области использования целлюлозы, гемицеллюлоз, лигнина и других компонентов биомассы с целью рационального применения этих природных веществ;

— исследование физических свойств древесины, определяемых ее строением и влиянием внешних факторов;

— исследование биологической и химической природы физических свойств древесины;

— исследование статики физических состояний древесины и динамики процессов их изменения;

— разработка теоретических основ технологий древесины.

Исследования, которые должны быть проведены в указанных направлениях, будут способствовать решению важных технико-экономических и экологических проблем при использовании древесины.

Б. Н. Уголев

Московский лесотехнический институт

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Е. С. Романов.</i> Вузы и хозрасчет	3
--	---

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

<i>В. С. Моисеев, Л. Н. Яновский, В. А. Максимов, И. В. Никифорчин.</i> Расширение и развитие хозяйства пригородных зеленых зон, (на примере Ленинграда)	5
<i>В. В. Острошенко.</i> Влияние низких температур на приживаемость и рост саженцев с закрытой корневой системой	9
<i>В. И. Варава, А. Н. Чукичев, Ю. А. Добрынин.</i> Анализ нестационарной нагрузки трансмиссии лесохозяйственного тягово-приводного агрегата	14
<i>Н. А. Корниенко, Л. А. Антонинова.</i> Отбор маточных деревьев ореха грецкого	19
<i>Э. В. Конев, А. В. Василенко, В. И. Ковалев, А. М. Малютин.</i> О влиянии ветра и крутизны склона на распространение кромки лесного пожара	24

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

<i>Н. М. Белая, А. А. Мищенко.</i> О работе сил трения при изгибе несущих канатов подвесных канатных транспортных систем как критерии их долговечности	28
<i>С. И. Морозов, М. В. Попов.</i> Определение критической силы для прямых участков лесовозных УЖД	38
<i>Г. Ф. Храмов, А. Г. Грабовский, В. Г. Сарайкин, В. А. Каракулов.</i> Статистическая модель продольного профиля лесовозных дорог Дальнего Востока	43
<i>А. В. Питухин.</i> Статистическая оптимизация геометрических и технологических параметров деталей лесных машин	46

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

<i>С. М. Плотников.</i> Исследование покоробленности древесностружечных плит с асимметричной структурой	49
<i>Ю. И. Меремьянин.</i> Новый способ непрерывного измерения влажности древесной стружки в пневмопроводе	54
<i>Н. А. Скурихин, М. М. Тимашев, Ю. К. Яхонтов.</i> Исследование динамики лущильного станка с регулируемым приводом	56
<i>Ю. М. Иванов, Ю. Ю. Славик, А. К. Цветков.</i> Влияние циклического изменения влажностных деформаций на процесс накопления повреждений в древесине клееных конструкций	60
<i>Е. Б. Рюмина, Г. Б. Успенская.</i> Об учете условий эксплуатации при нормировании расчетных характеристик конструкционных пиломатериалов	65

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

<i>П. Ф. Валендо.</i> Исследование показателей качества бумаги, проклеенной катионной парафиновой дисперсией и полиэлектролитами	70
<i>В. М. Русинов, Б. Д. Левин.</i> Интенсификация теплообмена при сушке дубильного экстракта	72
<i>С. Ю. Маслов, Д. А. Сухов.</i> Исследование молекулярной упорядоченности целлюлозы методом ИК Фурье-спектроскопии	76
<i>Е. Д. Гельфанд, С. Б. Пальмова, Ю. Г. Хабаров.</i> Влияние рН среды при коагуляционной очистке лигносодержащих сточных вод сульфат-целлюлозного производства	81
<i>Е. П. Шишаков, В. М. Шкут, Е. Ф. Морозов.</i> Образование фурфурола из растительного сырья в присутствии комплексных солей	84
<i>А. Н. Жилкин, Д. А. Сухов, П. М. Валов.</i> Применение спектроскопии комбинационного рассеяния света для исследования моноволокон нативной и мерсеризованной хлопковой целлюлозы	88

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

С. Л. Иголкин. Формирование экономических отношений лесопромышленной и лесохозяйственной деятельности в комплексных лесных предприятиях	92
Э. В. Залукаева, Т. М. Бровина. Фондоотдача в лесозаготовительных предприятиях и контроль за ее уровнем	96
Э. Н. Кузьбожев, В. В. Фаузер. Удовлетворенность работой как фактор роста производительности труда	99
А. С. Левин, А. И. Кораблев. Программно-целевой подход к вопросу снижения материалоемкости фанеры	102
В. С. Соминский, В. Л. Зайцева. Об определении эффективности комбинирования в условиях лесопромышленного комплекса и целлюлозно-бумажной промышленности	106

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

Л. Т. Свиридов, М. А. Малофеева. Определение зоны расположения разгрузочного люка в обескряливателе цикличного действия	109
Н. А. Бабич. О точности учета надземной фитомассы культур сосны	112
В. Е. Леванов, И. В. Кузнецов, П. И. Калистратов, А. Д. Майбер. Влияние природных условий на выработку лесосечной техники	115
В. К. Балабушка. Изучение семенного потомства плюсовых деревьев сосны обыкновенной	117
Н. И. Ковзун. О выборе числа измерений при исследовании точности распиловки	118
В. С. Шалаев. О влиянии длины бревен на объемный выход пиломатериалов	122
В. В. Некрасов, В. В. Добрынина, С. П. Артюхов, Л. В. Филимоненкова, Ю. В. Логинов, Л. Ф. Тренина. Некоторые физические свойства водных растворов промышленных лигносульфонатов	124
Н. Е. Рихтер, Л. П. Бичева, М. Н. Кокорина, А. А. Леонович. Влияние поверхностно-активной добавки на процесс щелочной делигнификации лиственной сульфатной целлюлозы	126
И. П. Дейнеко, О. В. Никитина. Кислородная варка щепы в водно-спиртовых растворах	128
Л. Н. Кротов, Л. Д. Ахрямкина. Энергетический и эксергетический анализ эффективности лесосушильных камер	130
Е. П. Коптелов. Исследование водоотдачи торфа с учетом энергии связи воды с его твердой фазой	133

НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

Б. Н. Уголев. Седьмой международный симпозиум по фундаментальным исследованиям древесины	137
Рефераты	143

CONTENTS

- E. S. Romanov*. Vuzyee and Khozraschet (Institutions of Higher Education and Operation on Self-Supporting Basis) 3

FORESTRY

- V. S. Moiseev, L. N. Yanovsky, V. A. Maximov, I. V. Nikiforchin*. Expansion and Development of Suburban Forestry Zones (as in Leningrad) 5
- V. V. Ostroshenko*. Influence of Low Temperatures upon Taking Roots and Growth of Container Nursery Transplants 9
- V. I. Varava, A. N. Chukichev, Yu. A. Dobrynin*. Analysis of Unstationary Transmission Loading of Forestry Tractor-Driven Unit 14
- N. A. Kornienko, L. A. Antonikova*. Selection of Walnut Mother Trees 19
- V. V. Konev, A. V. Vasilenko, V. I. Kovalev, A. M. Malyutin*. On Influence of Wind and Slope Steepness on Forest Fire Edge Spread 24

FOREST EXPLOITATION

- N. M. Belaya, A. A. Mischenko*. On Work of Friction Forces at Bearing Ropes' Bending of Cableway Transport Systems as their Durability Criteria 28
- S. I. Morozov, M. V. Popov*. Determination of Critical Force for Straight Logging Railway Divisions 38
- G. F. Khramtsov, A. G. Grabovsky, V. G. Saraikin, V. A. Karakulov*. Statistical Model of Longitudinal Section of Far East Forest Roads 43
- A. V. Pitukhin*. Statistical Optimization of Geometrical and Technological Parameters of Timber Machines' Parts 46

MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOOD SCIENCE

- S. M. Plotnikov*. Investigation of Warping of Particle Boards with Asymmetrical Structure 49
- Yu. M. Meremyanin*. On New Method of Continuous Measurement of Chip Moisture Content in Air Pipe 54
- N. A. Skurikhin, M. M. Timashev, Yu. K. Yakhontov*. Dynamics Investigation of Control Driven Rotary Veneer Machine 56
- Yu. M. Ivanov, Yu. Yu. Slavik, A. K. Tsvetkov*. Effect of Moisture Deformations Cyclic Changes on Damage Accumulation Process in Laminated Wood 60
- E. B. Ryumina, G. B. Uspenskaya*. On Assoumt of Exploitation Conditions at Normalizing Design Characteristics of Structural Lumber 65

CHEMICAL WOODWORKING

- P. F. Valendo*. Qualities Investigation of Cationic Paraffin Dispersion and Polyelectrolyte-Sized Paper 70
- V. M. Rusinov, B. D. Levin*. Intensification of Heat Exchange in Drying of Tanning Extract 72
- S. Yu. Maslov, D. A. Sukhov*. Investigation of Molecular Ordered Pulp by IR Furie-Spectroscopy 76
- E. D. Gelfand, S. B. Palmova, Yu. G. Chabarov*. Effect of pH Medium on Coagulating Treatment of Sulfate Pulp Lignin Effluents 81
- E. P. Shishakov, V. M. Shkut, E. F. Morozov*. Furfurol Formation from Plant Material in Presence of Complex Salts 84
- A. N. Zhilkin, D. A. Sukhov, P. M. Valov*. Application of Light Combination Dispersion Spectroscopy for Investigation of Native and Mercerized Chemicat Cotton Pulp Monofibres 88

ECONOMICS AND MANAGEMENT

<i>S. L. Igotkin.</i> Formation in Economic Relations in Forestry and Forest Industry Work of Complex Forest Enterprises	92
<i>E. V. Zalukaeva, T. M. Brovina.</i> Yield of Capital Investments at Logging Enterprises and its Level Control	96
<i>Z. N. Kuzbozhev, V. V. Fauzer.</i> Work Content as Output Growth Factor	99
<i>A. S. Levin, A. I. Korablev.</i> Target-Oriented Program Approach to Reduction in Plywood Material Capacity	102
<i>V. S. Sominsky, V. L. Zaitseva.</i> On Determination of Combining Efficiency under Conditions of Timber Industrial Complex and Pulp-and-Paper Industry	106

SUMMERIES AND EXCHANGE OF EXPERIENCE

<i>L. T. Sviridov, M. A. Malofeeva.</i> Determination of Arrangement Zone of Loading Hatch in Wingremover of Cycle Action	109
<i>N. A. Babich.</i> On Calculation Accuracy of Pine Cultures Overground Phytomass	112
<i>V. E. Levanov, I. V. Kuznetsov, P. I. Kalistratov, A. D. Maiber.</i> Effect of Nature Conditions on Felling Machinery Output	115
<i>V. K. Balabushka.</i> Investigation of <i>Pinus Silvestris L.</i> Plus Trees Seedlings	117
<i>N. I. Kovzun.</i> On Dimensions Number Selection at Sawing Precision Research	118
<i>V. S. Shalaev.</i> On Influence of Sawlogs length on Voluminous Lumber Yield	122
<i>V. V. Nekrasov, V. V. Dobrynina, S. P. Artyukhov, L. V. Filimonenkova, Yu. V. Loginov, L. F. Trenina.</i> Some Physical Properties of Aqueous Solutions of Industrial Lignosulfonates	124
<i>N. E. Rikhter, L. P. Bichevaya, M. N. Kokorina, A. A. Leonovich.</i> Influence of Pyrogenous Surfactant on Alkali Delignification Process of Hardwood Sulfate Pulp	126
<i>I. P. Deineko, O. V. Nikitina.</i> Oxygen Pulping in Aqueous-Alcoholic Solutions	128
<i>L. N. Krotov, L. D. Akhryamkina.</i> Energy and Exergy Analysis of Dry Kiln Efficiency	130
<i>E. P. Koptelov.</i> Investigation of Water Return of Peat with Allowance for Water Bond Energy and its Solid Stage	133

SCIENTIFIC AND LEARNED CONFERENCES

<i>B. N. Ugolev.</i> Seventh International Symposium on Fundamental Timber Research	137
Précis	143

РЕФЕРАТЫ

Вузы и хозрасчет. РОМАНОВ Е. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., № 1, с. 3—4.

УДК 630*907

Расширение и развитие хозяйства пригородных зеленых зон (на примере Ленинграда). МОЙСЕЕВ В. С., ЯНОВСКИЙ Л. Н., МАКСИМОВ В. А., НИКИФОРЧИН И. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1989, № 1, с. 5—9.

Отражены основные направления развития комплексного хозяйства пригородной зеленой зоны Ленинградской области и приведены рекомендации по рациональному использованию лесных богатств. Табл. 2.

УДК 630*181.22:630*232.41

Влияние низких температур на приживаемость и рост саженцев с закрытой корневой системой. ОСТРОШЕНКО В. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1989, № 1, с. 9—14.

Изучена приживаемость, сохранность и рост лесных культур, заложенных саженцами с закрытой корневой системой, сохранившимися в зимнее время при низких температурах. Ил. 2. Табл. 2. Библиогр. список: 9 назв.

УДК 630*:629.114.2.001.5

Анализ нестационарной нагруженности трансмиссии лесохозяйственного тягово-приводного агрегата. ВАРАВА В. И., ЧУКИЧЕВ А. Н., ДОБРЫНИН Ю. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1989, № 1, с. 14—19.

Рассмотрена нагруженность трансмиссии при мгновенном и плавном включении сцепления при трогании с места и импульсном воздействии ударного характера на рабочий орган при движении тягово-приводного агрегата. Получены зависимости, которые можно использовать в расчетах нестационарных нагрузок при проектировании силовых передач лесохозяйственных машин. Ил. 3. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 630*165.6:674.031.628.224.2

Отбор маточных деревьев ореха грецкого. КОРНИЕНКО Н. А., АНТОНИКОВА Л. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1989, № 1, с. 19—24.

Изложена методика отбора маточных деревьев ореха грецкого и приведена краткая характеристика хозяйственно полезных признаков и свойств 38 деревьев, выделенных в процессе многолетней аналитической селекции в Ростовской области. Табл. 4. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 630*43

О влиянии ветра и крутизны склона на распространение кромок лесного пожара. КЮНЕВ Э. В., ВАСИЛЕНКО А. В., КОВАЛЕВ В. И., МАЛЮТИН А. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1989, № 1, с. 24—27.

Дано описание аэродинамической трубы для исследования процессов горения лесных горючих материалов и приведены некоторые результаты изучения закономерностей распространения огня по слоям из вейника. Результаты могут быть использованы при разработке новых методов прогноза распространения лесных пожаров. Ил. 2. Табл. 2. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 630*377.21

О работе сил трения при изгибе несущих канатов подвесных канатных транспортных систем как критерии их долговечности. БЕЛАЯ Н. М., МИЩЕНКО А. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1989, № 1, с. 28—38.

Обоснована возможность использования работы внутренних сил трения в качестве критерия долговечности несущих канатов. Предложена отличная от традиционных реологическая модель несущего каната в виде неупругой жесткой нити, позволяющая учитывать влияние внутренних сил трения. Показана эволюция представлений об этапах развития теории расчета несущих канатов на прочность и долговечность, их расчетных моделей и критериев. Ил. 5. Табл. 1. Библиогр. список: 20 назв.

УДК 625.143.482

Определение критической силы для прямых участков лесовозных УЖД. МОРОЗОВ С. И., ПОПОВ М. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1989, № 1, с. 38—43.

Предложен практический метод расчета критической силы и стрел прогибов неровностей оси пути. Приведена программа вычислений и результаты расчета для основных типов верхнего строения пути лесовозных УЖД. Табл. 4. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 625.113.001.57

Статистическая модель продольного профиля лесовозных дорог Дальнего Востока. ХРАМЦОВ Г. Ф., ГРАБОВСКИЙ А. Г., САРАЙКИН В. Г., КАРАКУЛОВ В. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1989, № 1, с. 43—46.

Дана статистическая оценка уклонов лесовозных дорог различных регионов Дальнего Востока. Определен закон распределения плотности вероятности уклонов. Приведены показатели надежности и оценка параметров распределения. Ил. 1. Табл. 2.

УДК 539.4:621.81

Статистическая оптимизация геометрических и технологических параметров деталей лесных машин. ПИТУХИН А. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1989, № 1, с. 46—48.

Поставлена задача статистической оптимизации геометрических параметров деталей и элементов конструкций лесных машин с учетом технологической повреждаемости. В качестве целевой функции приняты потери при трельевке. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 674.815-41

Исследование покоробленности древесностружечных плит с асимметричной структурой. ПЛОТНИКОВ С. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1989, № 1, с. 49—53.

Экспериментально установлены численные значения покоробленности, дана краткая интерпретация результатов. Ил. 3. Табл. 3. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 674.821

Новый способ непрерывного измерения влажности древесной стружки в пневмопроводе. МЕРЕМБЯНИН Ю. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1989, № 1, с. 53—56.

Способ позволяет повысить точность измерения за счет исключения влияния колебаний плотности потока древесной стружки на результат измерения. Ил. 1. Табл. 1. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 674.093.24-416.05

Исследование динамики лущильного станка с регулируемым приводом. СКУРИХИН Н. А., ТИМАШЕВ М. М., ЯХОНТОВ Ю. К. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1989, № 1, с. 56—60.

Изложены результаты получения методом статистической динамики передаточной функции лущильного станка, которая связывает линейную скорость резания шпона с задающим напряжением, поступающим на вход тиристорного преобразователя. Ил. 1. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 630*812.7

Влияние циклического изменения влажностных деформаций на процесс накопления повреждений в древесине клееных конструкций. ИВАНОВ Ю. М., СЛАВИК Ю. Ю., ЦВЕТКОВ А. К. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1989, № 1, с. 60—64.

Обоснован вывод: при качественных клеевых прослойках трещины должны появляться только в древесине между швами клееных элементов. Ил. 3. Табл. 1. Библиогр. список: 7 назв.

УДК 630*812.7

Об учете условий эксплуатации при нормировании расчетных характеристик конструктивных материалов. РЮМИНА Е. Б., УСПЕНСКАЯ Г. Б. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1989, № 1, с. 65—69.

Приведен статистический анализ результатов испытаний малых чистых образцов древесины, а также пиломатериалов, полученных рядом авторов при различных видах напряженного состояния и температурно-влажностных условий. Ил. 5. Табл. 3. Библиогр. список: 9 назв.

УДК 676.2:54.148

Исследование показателей качества бумаги, проклеенной катионной парафиновой дисперсией и полиэлектролитами. ВАЛЕНДО П. Ф. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1989, № 1, с. 70—72.

Показано, что исследуемые полиэлектролиты обладают способностью активизировать процесс гетеродагудации дисперсных проклеивающих частиц в волокнистой массе и получать бумагу с повышенными прочностными показателями. Табл. 3. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 66.047.31:630*866

Интенсификация теплообмена при сушке дубильного экстракта. РУСИНОВ В. М., ЛЕВИН Б. Д. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1989, № 1, с. 72—76.

Получены регрессионные и критериальные зависимости коэффициента теплоотдачи и гидравлического сопротивления системы при лобовом обдуве плоской поверхности потоком газа. Ил. 1. Табл. 1. Библиогр. список: 10 назв.

УДК 676.16.014.84:543.422.4

Исследование молекулярной упорядоченности целлюлозы методом ИК Фурье-спектроскопии. МАСЛОВ С. Ю., СУХОВ Д. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1989, № 1, с. 76—81.

Упорядоченная целлюлоза характеризуется наличием расщепления спектральных линий, обусловленного вращательно-трансляционной симметрией макромолекулы целлюлозы. В неупорядоченных областях макромолекулы целлюлозы имеют конформации, близкие к конформациям молекул в кристаллитах соответствующего типа. Ил. 3. Табл. 1. Библиогр. список: 8 назв.

УДК 630*861

Влияние pH среды при коагуляционной очистке лигносодержащих сточных вод сульфатцеллюлозного производства. ГЕЛЬФАНД Е. Д., ПАЛЬМОВА С. Б., ХАБАРОВ Ю. Г. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1989, № 1, с. 81—83.

Пропускание подкисленной сточной воды через слой гидролизного лигнина позволяет значительно сократить сопротивление фильтрации; pH сточной воды на стадии коагуляции должна быть 4—5. Ил. 2. Табл. 1. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 547.724.1

Образование фурфурола из растительного сырья в присутствии комплексных солей. ШИШАКОВ Е. П., ШКУТ В. М., МОРОЗОВ Е. Ф. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1989, № 1, с. 84—87.

Показано, что нитроаммофоска и нитрофос обеспечивают достижение высокого выхода фурфурола и сохранение трудногидролизуемых полисахаридов в целлолугине. Ил. 4. Табл. 1. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 676.16.014.8:543.42

Применение спектроскопии комбинационного рассеяния света для исследования моноволокна нативной и мерсеризованной хлопковой целлюлозы. ЖИЛКИН А. Н., СУХОВ Д. А., ВАЛОВ П. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 1, с. 88—91.

Приведены спектры КР ориентированных моноволокон хлопковой целлюлозы до и после мерсеризации в диапазоне частот 200... 3 700 см⁻¹. Ил. 2. Библиогр. список: 10 назв.

УДК 630*79:630*68

Формирование экономических отношений лесопромышленной и лесохозяйственной деятельности в комплексных лесных предприятиях. ИГОЛКИН С. Л. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1989, № 1, с. 92—96.

Предложены дифференциация и характеристики стандартов состояния лесосек после вырубки, две формы возмещения экологического ущерба от лесозаготовок, формула расчета экономического эффекта от рационального использования рабочей силы. Ил. 3. Табл. 1.

УДК 658.152

Фондоотдача в лесозаготовительных предприятиях и контроль за ее уровнем. ЗАЛУКАЕВА Э. В., БРОВИНА Т. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1989, № 1, с. 96—99.

Обоснована необходимость контроля за уровнем фондоотдачи. Предложено устанавливать предприятиям нормативное соотношение между ростом фондовооруженности и производительности труда. Это позволит планировать во взаимосвязи фондоотдачу, производительность труда, численность персонала, стоимость основных фондов. Табл. 1.

УДК 331.024.3

Удовлетворенность работой как фактор роста производительности труда. КУЗЬБОЖЕВ Э. Н., ФАУЗЕР В. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1989, № 1, с. 99—102.

Социологическими методами исследована связь между социальным фактором «удовлетворенность работой» и результатами труда. Для принятия управленческих решений по использованию социальных факторов предложена специальная автоматизированная информационная система. Табл. 1. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 674.093.26.003.1

Программно-целевой подход к вопросу снижения материалоемкости фанеры. ЛЕВИН А. С., КОРАБЛЕВ А. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1989, № 1, с. 102—106.

05
ИЗД

ISSN 0536—1036

ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ

1

1989

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

Рукописи статей принимаются редакцией по рекомендации соответствующих кафедр высших учебных заведений.

Статьи, представляемые в журнал, следует оформлять в соответствии с ГОСТом 19698—74 «Рукопись авторская для издания». Статьи не должны превышать 6—7 страниц машинописного текста, превышающие указанный объем к рассмотрению не принимаются. Статьи библиографического характера должны быть не более 3 страниц. Над названием статьи следует представлять индекс Универсальной десятичной классификации (УДК). В заглавии статьи указываются ее название, инициалы и фамилия автора (или авторов) на русском и английском языках и полное наименование того учреждения, в котором проделана описываемая в статье работа. Рукописи направляются в редакцию в двух отчетливо оформленных экземплярах на хорошей бумаге, перепечатанные на машинке через два интервала на одной стороне листа. На листе должно быть не более 30 строк, а в строке не более 60 знаков. С левой стороны листа оставляется чистое поле шириной в 30 мм. Все страницы рукописи должны быть пронумерованы. На полях рукописи необходимо карандашом указать места рисунков и цифровых таблиц, если последние прилагаются к статье на отдельных листах. Иностранные слова должны быть вписаны на машинке или разборчиво чернилами от руки.

Особое внимание должно быть обращено на аккуратное написание индексов и показателей степени. Следует делать ясное различие между заглавными и строчными буквами. Во избежание недоразумения заглавные буквы следует подчеркивать двумя черточками снизу, а строчные — двумя черточками сверху. Особенно это касается таких букв, как *V* и *v*, *S* и *s*, *O* и *o*, *K* и *k*, *U* и *u*, *C* и *c*. Необходимо самое серьезное внимание обращать на аккуратное

упомятаемые в тексте статьи в первый раз, нужно писать полностью (указав в скобках сокращенное название); в дальнейшем это наименование можно давать только сокращенно.

При ссылке в тексте статьи на работы других авторов следует в скобках указывать фамилию автора и год издания его работы. Упоминания имен иностранных авторов даются в русской транскрипции, ссылка на иностранные работы — на том языке, на котором они опубликованы. В случае приведения цитаты необходимо указать, откуда она взята (автор, название работы, номер тома, год издания, страницы).

Список литературы должен быть оформлен в соответствии с ГОСТом 7.1—84 «Библиографическое описание документа. Общие требования и правила составления» и содержать лишь цитируемые в тексте статьи работы, и, наоборот, все упоминаемые в тексте работы должны быть помещены в списке литературы. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

Рукопись должна быть тщательно выверена, подписана автором и иметь визу руководителя кафедры: должны быть написаны дата отправки рукописи, полное имя и отчество автора, его ученое звание и степень, а также служебный и домашний почтовые адреса и номера телефонов.

Иллюстрации (не более трех, рисунки под литерами считаются за отдельные рисунки) представляются в двух экземплярах. Они должны быть пригодны для цинкографического воспроизведения (фотографии должны быть четкими, чертежи необходимо делать черной тушью пером на ватмане, тени на рисунках — при помощи точек или штрихов). На обратной стороне рисунка должны быть указаны его порядковый номер, соответствующий номеру в списке, и фамилия автора. Подписи к рисункам должны быть приложены на от-

печатанными на ма-
быть приложены
тация и рекоменда-

возвращать авторам
статьи с требова-
ложении и более ак-

во производить со-
ные изменения руко-
гатель авторам, как
яется.

сплатно 10 оттисков
ючением публикаций
(и хроника).

Представлена классификация направлений снижения материалоемкости продукции, намечены конкретные организационно-технические мероприятия по экономии материальных ресурсов. Ил. 1. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 630*79

Об определении эффективности комбинирования в условиях лесопромышленного комплекса и целлюлозно-бумажной промышленности. СОМИНСКИЙ В. С., ЗАЙЦЕВА В. Л. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1989, № 1, с. 106—108.

Рассмотрены три наиболее распространенных в условиях ЛПК типа комбинированных производств, выполнены укрупненные расчеты, позволяющие сопоставить их по приведенным затратам. Установлены технико-экономические показатели работы комбинатов по каждой из шести групп комбинированных производств в ЦБП. Табл. 2.

УДК 630*232.315.4

Определение зоны расположения разгрузочного люка в обескряливателе циклического действия. СВИРИДОВ Л. Т., МАЛОФЕЕВА М. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1989, № 1, с. 109—112.

Приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований по обоснованию наилучшей зоны расположения разгрузочного люка в обескряливателе циклического действия. Ил. 2. Табл. 2. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 630*28:630*5

О точности учета надземной фитомассы культур сосны. БАБИЧ Н. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1989, № 1, с. 112—115.

Приведены результаты определения запасов надземной фитомассы разными методами в 46-летних посевах сосны Архангельской области. Предложен комплексный метод их определения. Ил. 1. Табл. 1. Библиогр. список: 8 назв.

УДК 630*356

Влияние природных условий на выработку лесосечной техники. ЛЕВАНОВ В. Е., КУЗНЕЦОВ И. В., КАЛИСТРАТОВ П. И., МАЙБЕР А. Д. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1989, № 1, с. 115—116.

На примере предприятий ТПО Комилеспром показано влияние природных факторов на выработку лесосечных машин. Расчеты проведены на основе метода унифицированных нормализованных показателей. Табл. 3.

УДК 630*165.3:630*174.754

Изучение семенного потомства плюсовых деревьев сосны обыкновенной. БАЛАБУШКА В. К. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1989, № 1, с. 117—118.

Установлено, что однолетние сеянцы по высоте превышали стандарт у 43,5% плюсовых деревьев, двухлетние — у 30,4% семенных потомств. Трехлетние и семилетние саженцы в опытных культурах были выше показателей стандарта у всех семенных потомств. Это оправдывает размножение плюсовых деревьев до проверки их наследственных качеств. Библиогр. список: 8 назв.

УДК 674.093.6-413.82.001

О выборе числа измерений при исследовании точности распиловки. КОВЗУН Н. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1989, № 1, с. 118—122.

Приведены формулы погрешностей выборочных статистических характеристик средней толщины и среднего квадратического отклонения толщины доски и обоснован минимальный объем испытаний, при котором выборочные статистические характеристики можно считать генеральными. Ил. 2. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 674.093.6

О влиянии длины бревен на объемный выход пиломатериалов. ШАЛАЕВ В. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1989, № 1, с. 122—123.

Приведен ряд формул, позволяющих сделать вывод о влиянии длины пиловочных бревен на объемный выход обрезных пиломатериалов оптимальных размеров для брусового и развального способов раскря. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 630*813.11

Некоторые физические свойства водных растворов промышленных лигносульфонатов. НЕКРАСОВ В. В., ДОБРЫНИНА В. В., АРТУХОВ С. П., ФИЛИМОНЕНКОВА Л. В., ЛОГИНОВ Ю. В., ТРЕНИНА Л. Ф. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1989, № 1, с. 124—126.

Приведены результаты исследования плотности, скорости распространения ультразвука, динамической вязкости, показателя преломления, коэффициента теплопроводности, теплоемкости и температуропроводности водных растворов лигносульфонатов в интервале температур 20...65 °С. Табл. 6. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 676.1.022.1

Влияние поверхностно-активной добавки на процесс щелочной делигнификации лиственной сульфатной целлюлозы. РИХТЕР Н. Е., БИЧЕВАЯ Л. П., КОКОРИНА М. Н., ЛЕОНОВИЧ А. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1989, № 1, с. 126—128.

Рассмотрено действие растворимой нейтрализованной смолы пиролиза древесины в процессе сульфатной варки щелы березы и кислородно-щелочной отбелки целлюлозы. Ил. 1. Табл. 2. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 630*813

Кислородная варка щелы в водно-спиртовых растворах. ДЕЙНЕКО И. П., НИКИТИНА О. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1989, № 1, с. 128—130.

Данные по выходу целлюлозы, содержанию в ней лигнина, количеству израсходованного кислорода и выходу диоксида углерода показали, что скорость делигнификации падает в ряду: пропанол, этанол, метанол. Табл. 1. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 674.047:536.75

Энергетический и эксергетический анализ эффективности лесосушильных камер. КРОТОВ Л. Н., АХРЯМКИНА Л. Д. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1989, № 1, с. 130—133.

Результаты расчетов эксергетическим методом показали, что калорийная установка работает с энергетическими потерями (до 16,13%), в то время как энергетический анализ эти потери не выявил; КПД лесосушильной камеры в 1,2 раза ниже, чем в статьях энергетического баланса. Табл. 1. Ил. 3.

УДК 631.62 (252.6)

Исследование водоотдачи торфа с учетом энергии связи воды с его твердой фазой. КОПТЕЛОВ Е. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1989, № 1, с. 133—136.

Проанализировано влияние вертикального давления на изменение агрегатного состояния торфа. Приведен диапазон изменения давлений, при которых происходят деформации в вертикальном и горизонтальном направлениях. Ил. 4. Табл. 1. Библиогр. список: 8 назв.

УДК 061.3 (630*824)

Седьмой международный симпозиум по фундаментальным исследованиям древесины. УГОЛЕВ Б. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1989, № 1, с. 137—138.

**Подписывайтесь
на журнал на 1989 г.**

**«ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ»
ГОСУДАРСТВЕННОГО КОМИТЕТА СССР
ПО НАРОДНОМУ ОБРАЗОВАНИЮ**

Раздел

«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ»

Индекс 70368

«Лесной журнал» выходит один раз в два месяца. Подписная цена на год — 8 руб. 40 коп. Цена отдельного номера — 1 руб. 40 коп.

Подписка принимается органами «Союзпечати». В случае отказа в приеме подписка может быть оформлена через редакцию.

По заявке, направленной в редакцию, отдельные номера журнала высылаются наложенным платежом.

Адрес редакции: 163007, Архангельск-7, Набережная В. И. Ленина, 17, АЛТИ, «Лесной журнал».