

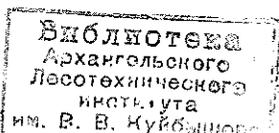
МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ
ЗАВЕДЕНИЙ

Лесной журнал

5

1985



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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Акад. ВАСХНИЛ И. С. Мелехов (главный редактор), доц. Е. С. Романов (зам. гл. редактора), доц. С. И. Морозов (зам. гл. редактора), проф. Н. М. Белая, доц. Е. М. Боровиков, проф. Ю. Г. Бутко, доц. П. И. Войчалъ, проф. И. В. Воронин, 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. П. Н. Львов, проф. Н. В. Маковский, доц. Н. В. Никитин, проф. А. Р. Родин, проф. П. С. Серговский, проф. Ю. Д. Силуков, проф. Э. Н. Фалалеев, 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. Журнал издается с 1957 года. Выходит 6 раз в год.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИИ
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 5

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

Сдано в набор 11.07.85. Подписано в печать 24.09.85 г. Сл. 08316
Форм. бум. 70 × 108¹/₁₆. Гарнитура литературная. Печать высокая.
Усл. печ. л. 12,95. Уч.-изд. л. 15,41. Тираж 1650 экз. Заказ 5384. 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.

ДВИЖЕНИЕ, ОХВАТИВШЕЕ МИЛЛИОНЫ

50 лет назад в ночь с 30 на 31 августа 1935 г. забойщик шахты «Центральная-Ирмино» в Донбассе Алексей Григорьевич Стаханов за смену нарубил 102 т угля, выполнив 14 норм. Партком шахты принял решение закрепить достижение Стаханова, повторить и преумножить его.

За короткое время у Алексея Стаханова нашлись десятки последователей в других отраслях производства: кузнец Александр Бусыгин, фрезеровщик Иван Гудов, ткачихи Евдокия и Мария Виноградовы, обувщик Николай Сметанин, машинист Петр Кривонос, трактористка Прасковья Ангелина, комбайнер Константин Борин, свекловод Мария Демченко.

В лесопильной промышленности инициатором движения, новатором производства стал рамщик лесопильного завода № 16—17 в Архангельске (ныне Соломбальского ЛДК) Василий Степанович Мусинский. Мастерски овладев техникой лесопиления, он 19 октября 1935 года перекрыл норму на 41%, распилив за смену 179 м³ бревен, а 1 апреля 1936 г. установил всесоюзный рекорд, выполнив сменную норму на 365%—506 м³. Вслед за В. С. Мусинским по-новому начали работать коммунисты этого завода Н. И. Шмонин, комсомолец Ф. Кувшинников и многие другие. Первым стахановцем в лесозаготовительной промышленности Севера был И. Глотов.

Творчески подходя к рационализации технологических процессов, отказываясь от традиционных приемов работы, стахановцы добивались выдающихся производственных результатов, зачастую намного превосходивших уровень производительности труда на ведущих предприятиях развитых капиталистических стран. Так, А. Г. Стаханов в 2 раза превысил лучший результат, показанный на шахтах Рура, где средняя производительность на отбойный молоток составляла 14, а высшая — 16—17 т в смену. Выработка А. Бусыгина в 2 раза перекрывала нормы, установленные на заводах Форда, а Н. Сметанин в 1,5 раза превзошел показатели всемирно известной фирмы Бати.

Производственные рекорды А. Г. Стаханова и его последователей не были самоцелью. Они являли собой ту «силу примера», которая, по словам В. И. Ленина, при социализме «впервые получает возможность оказать свое массовое действие» (Полн. собр. соч., т. 36, с. 13).

За сравнительно короткий срок стахановское движение стало всенародным. К концу второй пятилетки только в промышленности 43,8% рабочих являлись стахановцами и ударниками. От рекордов одиночек переходили к коллективным формам новаторства.росло число стахановских бригад, смен, участков. Очень метко А. М. Горький назвал стахановское движение «огненным порывом массовой энергии». Стахановцы стали символом новаторства, творческой смелости в труде, высокопроизводительного использования новой техники, товарищеской взаимопомощи.

Ценность стахановского движения состояла в том, что оно означало организацию труда по-новому, рационализацию технологических процессов, правильное разделение труда в производстве, освобождение квалифицированных рабочих от второстепенной подготовительной работы, лучшую организацию рабочего места, обеспечение быстрого роста производительности труда, обеспечение значительного роста заработной платы рабочих и служащих*. В результате движения новаторов производительность труда в промышленности выросла на 82% вместо 63% по плану.

Стахановское движение имело и имеет огромное социальное и идейно-воспитательное значение, ускоряет формирование человека как гражданина, поднимает культурно-технический уровень трудящихся.

Это движение способствовало и творческому развитию научной мысли, заставило людей науки прислушаться к голосу практики, стать ближе к производству.

Стахановские рекорды явились прежде всего результатом осуществлявшейся в годы первых пятилеток социалистической реконструкции народного хозяйства, проведения под основные отрасли экономики передовой материально-технической базы.

Новую, высшую форму социалистического труда активно поддержала и возглавила Коммунистическая партия. Под ее руководством стахановское движение быстро набирало силу. Партийные организации подхватывали каждый ценный почин в освоении новой техники, в замене устаревших норм более высокими и делали его всеобщим достоянием. Для распространения опыта новаторов были созданы

* КПСС в резолюциях и решениях съездов, конференций и пленумов. Т. 5. М.: Политиздат, 1971, с. 232.

производственно-технические конференции, проведены межзаводские переключки по обмену опытом работы, установлено шефство передовых рабочих над отстающими, старых над молодыми, созданы школы передового опыта.

Большую поддержку движению новаторов оказал декабрьский Пленум ЦК ВКП(б) 1935 г., обсудивший состояние работы промышленности и транспорта в связи с развитием стахановского движения. Он дал высокую оценку значению и роли стахановского движения и наметил конкретные мероприятия по его дальнейшему развитию во всех отраслях народного хозяйства.

Стахановское движение непрерывно развивается, обогащается живой практикой трудовых коллективов передовиков и новаторов производства. В годы Великой Отечественной войны традиции стахановцев проявились в самоотверженном труде фронтовых бригад, в движении «тысячников», в работе под лозунгом «Одну норму за себя, другую — за ушедшего на фронт». На рубеже 50—60-х гг. широко распространилось движение за коммунистическое отношение к труду.

И сегодня социалистическое соревнование выступает мощным фактором ускорения социально-экономического развития страны. В настоящее время им охвачено, по данным профсоюзов, более 114 млн. трудящихся. В социалистическом соревновании под девизом «Работать эффективно и качественно» участвует более 108 млн. человек. Соревнование обогащается новыми ценными патристическими починками: «Пятилетке качества — рабочую гарантию», «Рабочей инициативе — инженерную поддержку», «От высокого качества работы каждого — к высокой эффективности труда коллектива», «Ни одного отстающего рядом».

На совещании в ЦК КПСС по вопросам ускорения научно-технического прогресса, проведенном 11—12 июня 1985 г., указывалось, что соревнование должно быть направлено на всемерное содействие выполнению планов внедрения новой техники и технологических решений, укрепление содружества науки и производства, рабочих коллективов с инженерно-технической и научной интеллигенцией, развитие движения рационализаторов и изобретателей. Широкий размах приобрело соревнование за всемерную экономию материальных, топливно-энергетических ресурсов и рабочего времени.

В 1984 г. многие трудовые коллективы успешно справились с принятыми обязательствами. Производительность труда в промышленности возросла на 3,8 % вместо 3,4 % по плану. Только за счет этого в народном хозяйстве обеспечена экономия труда 3 млн. человек. Более 2 млрд. р. экономии получено от сверхпланового снижения себестоимости продукции. Повсеместно нашло поддержку предложение проработать два дня в году на сэкономленных материалах, сырье и топливе. Стахановским движением 80-х годов называют сегодня бригадный подряд.

Советские люди готовят достойную встречу XXVII съезду КПСС. Ярким выражением их политической зрелости, горячего желания высокопроизводительным трудом успешно осуществить курс партии на ускорение социально-экономического развития страны служит повсеместно развернувшееся предсъездовское социалистическое соревнование под девизом «Завершающему году пятилетки — ударные стахановские темпы! XXVII съезду КПСС — достойную встречу!».

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 626.861 : 630*385.1

**ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГИДРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИИ
В СВЕТЕ РЕШЕНИЙ ОКТЯБРЬСКОГО (1984 г.)
ПЛЕНУМА ЦК КПСС**

Е. Д. САБО

Московский лесотехнический институт

Октябрьский (1984 г.) Пленум ЦК КПСС нацелил ряд отраслей народного хозяйства, партийные, комсомольские и общественные организации на широкое масштабно развертывание мелиорации земель в качестве решающего фактора подъема сельского хозяйства. Темпы мелиорации значительно возрастут. Так, если в 1983 г. площадь орошаемых земель составляла 18,9, а осушенных 13,8 млн. га, то к 2000 г. они должны быть доведены соответственно до 30—32 и 19—21 млн. га. Земля и лес, сельское и лесное хозяйство всегда были основой жизни человека. Недаром на Пленуме, посвященном мелиорации земель, был затронут вопрос о роли леса в сохранении водных и земельных ресурсов, в улучшении окружающей среды и оздоровлении всей жизни на земле. Было отмечено большое значение продукции лесов для экономики страны.

Хорошо известно, что комплексная роль леса в жизни человека и страны тем выше, чем больше продуктивность насаждений, чем лучше они используют потенциальное плодородие лесных почв. Средний запас древесины на 1 га площади лесного фонда составляет 72, на 1 га лесопокрытой площади — 112 и средний запас ежегодно вырубаемых насаждений — 148 м³/га. В то же время хорошо известен ряд насаждений, имеющих в возрасте спелости запас стволовой древесины 400—600 м³/га, а в ряде случаев 1000 м³/га и более.

Основные причины такого положения: неблагоприятные климатические условия ряда северных и восточных районов (с которыми пока трудно бороться); низкое потенциальное плодородие лесных почв, связанное с недостатком основных питательных веществ; избыточное увлажнение потенциально богатых почв, приводящее к развитию болотообразовательного процесса, формированию болот и заболоченных лесов. Последних только на территории государственного лесного фонда насчитывается около 245 млн. га. Высокая заболоченность лесного фонда, составляющая около 20 %, усугубляется еще и тем, что значительная часть болот и заболоченных лесов расположена в зоне основных лесозаготовок. Вырубка леса в северных районах, особенно при концентрированных лесосеках, нарушает водный баланс почв, приводя к увеличению осадков, достигающих поверхности почвы, и снижая суммарное испарение. В результате усиливается процесс заболачивания лесосек. Заболоченность лесного фонда отдельных лесхозов достигает 40—50 % и более. Сказанное очень четко определяет перспективы развития и интенсификации лесного хозяйства вообще и гидролесомелиорации, занимающейся повышением плодородия заболоченных и избыточно увлажненных лесных земель, в частности. В таких районах как северный, северо-западный, западно-сибирский и др. гидролесомелиорация — основной и наиболее эффективный путь повышения продуктивности лесов.

Гидролесомелиорация, улучшая водный, воздушный, пищевой и термический режимы почвы, создает условия для использования растениями ранее не доступных питательных веществ почвы. Резко возрастает продуктивность насаждений (на 2—4 класса бонитета), увеличиваются размеры ствола к возрасту рубки, нелесные площади (болота) переходят в покрытую лесом площадь, создаются условия для устройства разветвленной сети дорог, повышается смолопродуктивность хвойных насаждений, возрастает урожайность лесных ягод, грибов. Резко повышается бальнеологическая, рекреационная и экологическая роль мелиорированных лесов.

Быстрое развитие мелиоративных работ в лесах началось лишь в 50-х годах нашего столетия, когда была организована сеть специализированных машинно-мелиоративных станций. За прошедший период осушено более 4 млн. га заболоченных лесов и лесных болот. Теперь можно с полным правом сказать, что после октябрьского (1984 г.) Пленума ЦК КПСС начинается новый значительный этап развития гидролесомелиорации.

Наличие большого гидролесомелиоративного фонда в нашей стране ставит перед наукой и производством ряд новых узловых вопросов, от своевременности и уровня решения которых зависит успешность и эффективность мелиорации заболоченных лесов. Один из таких вопросов — размещение крупных районов и зон мелиорации на основе строгого научного обоснования, обеспечивающего объективность и высокую эффективность принимаемых решений. Если до последнего времени эти вопросы часто решались субъективно или на основе экспертных оценок, то работы последнего десятилетия позволили создать объективную основу и методы решения поставленных задач.

В чем же они заключаются? Анализ и принятие решений основываются на комплексном учете ряда природных факторов, выраженных как региональными особенностями природных условий, так и характеристикой гидролесомелиоративного фонда выбранной учетной единицы (выдела, квартала, лесничества, лесхоза и т. д.). При этом следует учитывать: влияние климатических условий на продуктивность насаждений, растущих на осушенных землях; типологическую структуру мелиоративного фонда рассматриваемой территории; общую заболоченность лесного фонда и долю в нем безлесных болот; соотношение в исходном состоянии хвойных и лиственных пород; денежную оценку древесины хвойных и лиственных пород. Все эти показатели характеризуются объективно вычисленными коэффициентами и построенными на их основе специальными картами.

Указанный подход позволил на уровне современных знаний решить такие вопросы, как выделение самых первоочередных и наиболее эффективных районов мелиорации в пределах европейской части СССР (6 млн. га), Урала и Западной Сибири (2 млн. га); выделить северную границу (буферную зону) разумного распространения мелиорации на современном этапе, проходящую от средней Карелии на Архангельск и далее опускающуюся южнее по мере приближения к Уралу. Приведенные данные — основа для прогнозирования и планирования мелиорации заболоченных лесов на перспективу. Наряду с этим, в целях охраны природы и особенно сохранения в ряде мест исторически сложившихся природных экосистем, были выработаны ориентировочные рекомендации по проценту осушения гидролесомелиоративного фонда в пределах областей и крупных речных бассейнов. В настоящее время разумно воздержаться от осушения при заболоченности лесного фонда менее 10 %; осушать в среднем от 20 до 40 % заболоченных лесов и болот в пределах центра и севера европейской части СССР; не выходить за пределы осушения 60—70 % всего гидролесомелиоративного фонда области

или бассейна. Понятно, что по мере накопления новых научных данных эти предварительные придержки должны быть уточнены и откорректированы.

Серьезный как с научной, так и с практической стороны вопрос, требующий сегодня нового подхода,— отбор объектов под осушение на основе их лесоводственной характеристики с учетом всего комплекса работ, лесоводственной и экономической эффективности. Известно, что наиболее желательный объект мелиорации — средневозрастный хвойный заболоченный лес. Но такие участки — лишь отдельные пятна на фоне огромных пространств заболоченных лесов и болот. Поэтому реальный отбор объектов (площадью от сотен до тысяч гектаров) в районах первичного осушения должен идти в такой предпочтительной последовательности: заболоченные хвойные леса, смешанные заболоченные леса, отдельные части болот с достаточным естественным возобновлением хвойными породами, лиственные заболоченные леса. Болота с недостаточным естественным возобновлением хвойными породами и оставшаяся часть лиственных лесов должны быть временно оставлены на последующий период мелиорации или реконструкции осушительных систем. Исключение могут составлять районы с недостатком лесного и лесокультурного фонда. А это значит, что в районах с большой заболоченностью и первичным осушением настало время решительно перейти к выборочному осушению, обеспечивающему более быстрое осушение самых эффективных частей объектов, меньший объем работ по их освоению, ускоренный возврат затраченных на мелиорацию средств. Кроме того, выборочное осушение лучше отвечает принципам охраны природы, оставляя в естественном состоянии часть заболоченных лесов и болот, снижая темпы антропогенной эволюции естественных экосистем.

До недавнего времени считалось, что после осушения достаточно плодородные болота хорошо облесяются естественным путем. На этом основании осушением была охвачена довольно большая площадь безлесных болот. Однако печальный опыт Карельской АССР, где на осушенных 10—20 лет назад болотах было заложено около 12 тыс. учетных площадок, показал, что расчет на естественное облесение справедлив лишь там, где до осушения уже имелось хвойного подроста 2,3—2,7 тыс. шт./га и более. Пренебрежение этими обстоятельствами привело к тому, что в настоящее время, по данным Министерства лесного хозяйства РСФСР, среди осушенного лесного фонда насчитывается около 250 тыс. га необлесившихся и неосвоенных нелесных площадей. Такое положение остро ставит вопрос о проведении лесокультурных работ в первую очередь на потенциально плодородных почвах на основе механизации работ. Последнему обстоятельству часто мешает то, что указанные площади осушены по нормам осушения заболоченных лесов, совершенно не пригодным для работы механизмов, особенно в оптимальные агротехнические сроки проведения весенних работ. Нужно четко себе представлять, что для работы механизмов даже болотоходной модификации норма осушения к началу полевых работ должна составлять 40—50 см, в то время как для лесов различных типов и возраста она колеблется в условиях центра европейской части СССР, как правило, от 15 до 30 см. Средние вегетационные нормы осушения значительно выше и составляют в тех же условиях от 30 до 70 см. Вопрос о нормах осушения настолько важен, что он должен быть постоянно в центре внимания исследователей.

Важнейший элемент долговременной программы мелиорации заболоченных лесов, прямо вытекающий из решений октябрьского (1984 г.) Пленума ЦК КПСС,— эксплуатация осушительных систем. В настоящее время она в целом проводится слабо и на недостаточном техническом

уровне (в значительной степени из-за нехватки специализированной техники). В результате осушительные системы в сравнительно короткий срок (15—20 лет) выходят из строя и требуют капитального ремонта или реконструкции, затраты на которые сопоставимы с затратами на строительство новой сети. Проводится реконструкция теми же машинами и механизмами, что и строительство новой сети. А это обстоятельство может очень скоро привести к тому, что при значительном осушенном фонде более 5 млн. га все наличные средства механизации будут заняты только на ремонте и реконструкции сети и потому будут не в силах обеспечить вовлечение в хозяйственный оборот новых заболоченных лесных земель. Выход из создавшегося положения здесь видится, прежде всего, в создании специализированной службы эксплуатации лесных осушительных систем, оснащенной необходимым комплексом специальных машин. Известную роль в удлинении межремонтных периодов могут сыграть научные и проектные организации путем разработки новых принципов и методов проектирования и строительства осушительных систем. Первый небольшой положительный опыт в этом деле уже имеется. Он нуждается в изучении, проверке и дальнейшем распространении.

Новые задачи в области развития гидролесомелиорации ставят по-новому вопрос о механизации мелиоративных работ. В настоящее время так же, как и десятки лет назад, основной землеройной машиной является одноковшовый экскаватор. Необходимость использования существующих типов экскаваторов при строительстве современной регулирующей сети приводит к сравнительно большим потерям лесопокрываемой площади и низкой производительности труда. А новых машин реально в производстве нет. Не лучше обстоит дело и с механизацией подготовки трасс. На этих работах все еще используются бензомоторные пилы и расходуются много человеческого труда. Выход из этого положения видится в создании современной мощной системы машин, способных работать на узких трассах и производящих на основе высокоэффективной механизации весь комплекс необходимых мелиоративных работ, включая вывозку заготовленной на трассах древесины. Нужны новые исследования и конструкторские разработки.

Весь прошедший этап развития гидролесомелиорации в нашей стране убедительно доказал высокую эффективность этого мероприятия. Рядом научно-исследовательских и проектно-изыскательских организаций было показано, что после полной реакции на мелиорацию дополнительный текущий прирост насаждений составляет от 1 до 10 м³/га. В среднем эту величину можно принять за 2—3 м³/га.

Несмотря на наличие огромного количества данных об эффективности мелиорации, в 1983 г. Госпланом СССР был по-новому поставлен вопрос об учете массового реального эффекта мелиорации на площади 3,5 млн. га, осушенной на современном этапе гидролесомелиорации. Союзгипролесхоз выполнил первый этап этой работы, обследовав 1,8 млн. га лесов при площади реального выборочного учета 236 тыс. га (13 %). Оказалось, что при 10—15-летнем действии осушительной сети дополнительный средний прирост составил 1,25 м³ на 1 га общей площади в год. При сроке осушения 20—30 лет он удвоится. Пересчет этих результатов на всю осушенную современной сетью площадь 3,5 млн. га дает такие показатели: в 1983 г. накопленный дополнительный запас составил 42, к 1990 г. будет равен 65 и к 2000 г.— 101 млн. м³. Вполне понятно, что этому основному эффекту сопутствует и соответствующий побочный эффект.

На новом этапе развития мелиорации заболоченных лесов, когда будут применены новые нормы осушения, будет проводиться, в основном, выборочное осушение; улучшится освоение осушенных площадей;

появится возможность использовать новую технику как при строительстве, так и при эксплуатации осушительных систем; постепенно увеличится применение минеральных удобрений (поднимающих эффект мелиорации в среднем в 1,5 раза), можно уверенно ожидать значительно-го увеличения общего эффекта мелиорации, общей эффективности лесного хозяйства в обширных ныне заболоченных районах нашей страны.

Поступила 7 июня 1985 г.

УДК 630*181.22.324

О ФАЗОВОМ ПЕРЕХОДЕ ВОДЫ В ЗИМУЮЩИХ ПОБЕГАХ ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ

П. В. МИРОНОВ, С. Р. ЛОСКУТОВ, Э. Д. ЛЕВИН

Сибирский технологический институт

Важная особенность древесных растений — их способность к предотвращению льдообразования внутри живых клеток посредством оттока части воды к внеклеточным центрам кристаллизации [3, 4, 6]. Поскольку характер кристаллизации воды в растительных тканях зависит от степени устойчивости к низким температурам и является решающим фактором в сохранении жизнеспособности, важно изучить состояние воды и ее фазовый переход в клетках, тканях и целых органах наиболее морозостойких видов древесных растений.

Среди хвойных пород Сибири наибольшей устойчивостью к низким температурам обладает лиственница сибирская. В данной работе предпринята попытка установить связь между особенностями фазового перехода воды в зимующих побегах лиственницы сибирской и их отдельных тканях и степенью устойчивости к низким температурам.

Тепловые эффекты, сопровождающие фазовые превращения воды, измеряли с помощью дифференциального микрокалориметра типа Кальве [2]. Объем калориметрических камер, равномерно окруженных 250 спаями дифференциальных медь — константановых термопар, был равен 0,8 см³. Чувствительность микрокалориметра по тепловой мощности составляла $5 \cdot 10^{-5}$ Вт на 1 см шкалы самописца, постоянная времени 40 с. Для измерения термоэлектродвижущей силы использовали потенциометр Р-363/1 с записью сигнала на самописце. Погрешность при определении теплового эффекта 1%. Масса образцов для калориметрических измерений составляла 10—50 мг.

Образцы однолетних побегов собирали с 15—20-летних деревьев в середине зимы в окрестностях Красноярска. Жизнеспособность побегов после замораживания в различных условиях оценивали по распусканию почек и отрастанию хвои при последующем выдерживании в воде при комнатной температуре. Образцы тканей с различным содержанием воды получали подсушиванием над хлористым кальцием при +2 °С с последующим выдерживанием в закрытой калориметрической ампуле в течение суток для равномерного распределения воды. Для определения влажности образцы сушили в вакууме в присутствии пятиоксида фосфора при +70 °С в течение суток. Для установления степени обезвоживания при замораживании зачаточные ткани вегетативных почек выделяли при —12 °С. Для этого кору побега вместе с почечными чешуями отделяли от древесины. Обнажающиеся при этом зачатки срезали в основании, по границе с линзой льда, образующегося при их обезвоживании. Срезы замороженных побегов и почек наблюдали с помощью длиннофокусного микроскопа при увеличении в 10—20 раз в охлаждаемой камере при —10 °С.

На рис. 1 и 2 приведены микрокалориметрические кривые, отражающие замерзание воды в образцах целых побегов и отдельных тканей. Процесс кристаллизации воды в побеге начинается при температуре около —5 °С и характеризуется резким пиком тепловыделения в интервале —(5—9) °С (рис. 1, кривая 1). В этой области регистрируется до 90% всего теплового эффекта. При понижении температуры тепловы-

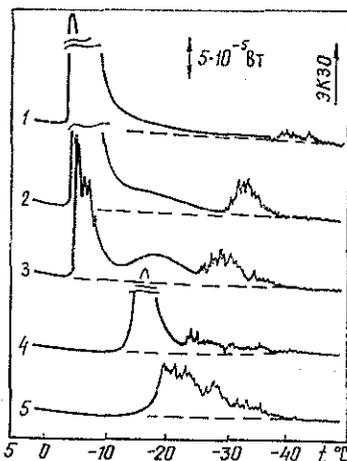


Рис. 1. Микрокалориметрические кривые тепловыделения при охлаждении.

1 — отрезок побега с почками, охлаждение 3 °С/ч; 2 — отрезок побега с почками, охлаждение 12 °С/ч; 3 — отрезанные вегетативные почки, охлаждение 12 °С/ч; 4, 5 — зачатки, выделенные из вегетативных почек, охлаждение 12 °С/ч, влагосодержание 1,4 и 0,63 г H₂O/г сухой массы.

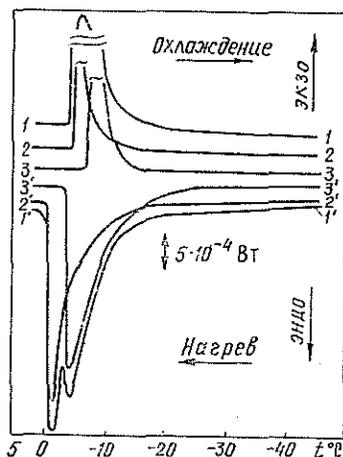


Рис. 2. Микрокалориметрические кривые замораживания и отогрева тканей побега. Скорость охлаждения и нагрева 12 °С/ч, влагосодержание образцов ~ 0,7 г H₂O/г сухой массы.

1, 2, 3 — тепловыделение при охлаждении образцов целого побега без почек, сердцевины побега и древесины с корой; 1', 2', 3' — теплопоглощение при нагреве этих же образцов.

деление постепенно спадает и прекращается полностью примерно при —45 °С. В интервале —(38—45) °С наблюдаются множественные слабые экзоэффекты, связанные с замерзанием переохлажденной воды в зачаточных тканях в почках. Охлажденные в таком режиме побеги (скорость охлаждения примерно 3 °С/ч) оставались живыми даже при последующем погружении в жидкий азот (—196 °С). При увеличении скорости охлаждения до 12 °С/ч низкотемпературные экзоэффекты смещаются в область температур —(30—35) °С, а их суммарный тепловой эффект возрастает. При этом побеги погибают, почки на них не распускаются. Содержание воды в зачатках, выделенных из почек при —12 °С после медленного охлаждения побегов до —60 °С, составляло $0,45 \pm 0,02$ г H₂O/г сухой массы, а после охлаждения со скоростью 12 °С/ч — 0,75 г/г.

Поскольку содержание воды в зачатках, выделенных после полного оттаивания побега, достигает 1,4 г H₂O/г сухой массы, можно сделать вывод о том, что их жизнеспособность сохраняется в том случае, когда зачаточные ткани в почках в процессе замораживания побега обезвоживаются до определенного уровня влагосодержания. Смещение низкотемпературных экзоэффектов в область более высоких температур и возрастание их суммарного теплового эффекта свидетельствуют о том, что при увеличении скорости охлаждения значительное количество переохлажденной в зачатках воды не успевает из них мигрировать к центрам льдообразования, расположенным в основании почки, и ее кристаллизация вызывает повреждения. В то же время побеги выдерживают быстрое охлаждение до —(15—20) °С. В этом случае не достигается температура кристаллизации переохлажденной воды. Остаточное содержание воды в зачатках, выделенных из побегов, заморо-

женных в морозильной камере при -12°C и выдержанных при этой температуре в течение суток, составляло $0,65 \pm 0,02$ г H_2O /г сухой массы, а при -18°C — $0,45$ г/г. Побеги, выдержанные при -18°C в течение суток и затем охлажденные до -60°C со скоростью $20^{\circ}\text{C}/\text{ч}$, оставались живыми (почки на них распускались), а остаточное содержание воды в зачатках практически не изменялось ($0,45$ г H_2O /г сухой массы). В случае, если с такой же скоростью охлаждали побеги, выдержанные при -12°C , последние погибали (остаточное содержание воды в зачатках после замораживания — $0,60$ г/г).

Из рис. 3 (линия 1) следует, что количество невымораживаемой воды в ткани зачатков, определенное по пересечению линии с осью влагосодержания, составляло около $0,35$ г H_2O /г сухой массы. Поэтому можно сделать вывод, что жизнеспособность зачаточных тканей сохраняется, когда в них замерзает не более $0,1$ г H_2O /г сухой массы. По-видимому, в естественных условиях замерзание воды в ткани зачатков происходит редко, поскольку при достаточно длительном действии промежуточных температур будет достигаться почти предельное обезвоживание.

Как следует из рис. 2, с минимальным переохлаждением (при -5°C) замерзает вода в сердцевине побега, причем пик выделения тепла здесь наиболее узкий. Это означает, что процесс льдообразования начинается в сердцевине побега. Хотя его отдельные ткани имеют различную температуру начала кристаллизации, при охлаждении образцов целого побега регистрируется единый пик тепловыделения. Это свидетельствует о том, что по мере снижения температуры фронт льдообразования постепенно распространяется от сердцевины побега к его периферии. При нагреве наблюдается обратная последовательность: кора и древесина побега имеют близкие точки плавления (максимум теплоты поглощения около -4°C), а сердцевина -1°C . В соответствии с этим в образце целого побега регистрируется двойной пик теплоты поглощения при плавлении льда. Кристаллизация воды в почках, как и в сердцевине побега, начинается при -5°C (рис. 1, кривая 3). При этом первоначально образование льда происходит в рыхлой ткани, заполняющей полость в основании почки. Размытый пик тепловыделения с максимумом при -20°C , по-видимому, соответствует замерзанию постепенно мигрирующей воды из ткани зачатков к этим зонам льдообразования в основании почки. Движущей силой обезвоживания в таких условиях является разность давлений пара над льдом и переохлажденной водой внутри клеток. Однако конкретный механизм миграции воды к зонам льдообразования остается неясным, особенно в случаях быстрого обезвоживания целых тканей, когда перенос воды через паровую фазу не может быть эффективным. По-видимому, в данном случае более вероятен перенос воды к зонам льдообразования по незамерзающим коммуникациям [1]. Наличие жидкой фазы воды в клетках вплоть до температуры $(40-45)^{\circ}\text{C}$ может способствовать эффективному обезвоживанию. Лед, образующийся при обезвоживании зачаточных тканей, располагается в полостях вокруг пучка зачатков, и, главным образом, в полости ниже его основания, и хорошо виден на срезах замороженных почек. После размораживания вода быстро впитывается зачатками.

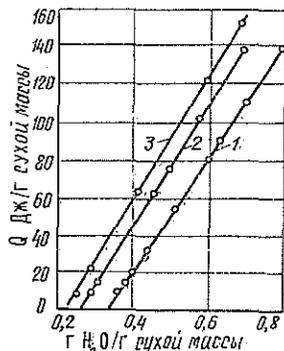


Рис. 3. Зависимость количества поглощенной теплоты при размораживании от содержания воды в тканях побега.

1 — зачаток; 2 — целый побег; 3 — сердцевина побега.

Отток воды из живых клеток в древесине и коре побега, по-видимому, происходит практически одновременно с кристаллизацией основной массы воды в проводящих сосудах и межклеточных полостях. Об этом свидетельствует отсутствие низкотемпературных экзотермических эффектов при охлаждении побега без почек. Таким образом, устойчивость побегов к низким температурам зависит, в основном, от степени обезвоживания зачаточных тканей в почках.

На рис. 3 приведены зависимости теплового эффекта при размораживании тканей побега от -60°C . При условии равновесного распределения воды в образцах линии пересекают ось влагосодержания при значениях, соответствующих количеству невымораживаемой воды (т. е. такой воды, которая не претерпевает фазового перехода при охлаждении и нагреве). Количество невымораживаемой воды в целом побеге составляет $0,27 \pm 0,02$ г H_2O /г сухой массы. Приблизительно такое же количество невымораживаемой воды содержат древесина и кора побега, составляющие основную массу побега. Из работы [5] следует, что побеги лиственницы весьма устойчивы к обезвоживанию и сохраняют жизнеспособность при содержании воды почти вдвое меньшем, чем в естественных условиях зимой. Минимальный уровень влагосодержания, при котором побеги еще остаются живыми, составлял около 27 % к сухой массе, что совпадает с содержанием в побеге невымораживаемой воды (рис. 3, линия 2). Количество же удаляемой воды при условии сохранения жизнеспособности совпадает практически с количеством образующегося льда, определенным калориметрически как диапазон влагосодержания, в котором удельная теплота фазового перехода воды близка к теплоте плавления льда (тангенс угла наклона прямой на рис. 3 равен 325 ± 5 Дж/г H_2O).

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Дерягин Б. В., Чуряев Н. Б. Течение незамерзающих прослоек воды и морозное разрушение пористых тел.— Коллоидн. журн., 1980, т. 42, № 5, с. 842—852. [2]. Кальве Э., Прат А. Микрокалориметрия: Пер. с англ.— М.: ИЛ, 1963.— 477 с. [3]. Красавцев О. А. Калориметрия растений при температурах ниже нуля.— М.: Наука, 1972.— 117 с. [4]. Туманов И. И. Физиология закаливания и морозостойкости растений.— М.: Наука, 1979.— 350 с. [5]. Хлебникова Н. А., Гирс Г. И., Коловский Р. А. Физиологическая характеристика хвойных пород Сибири в зимний период.— В кн.: Физиология древесных растений. М.: АН СССР, 1963, с. 5—16. [6]. Sakai A. Freezing avoidance mechanism of primordial shoots of conifer buds.— Plant and Cell Physiol., 1979, vol. 20, 7, p. 1381—1390.

Поступила 5 февраля 1985 г.

УДК 630*43

ТИПЫ ОСНОВНЫХ ПРОВОДНИКОВ ГОРЕНИЯ ПРИ НИЗОВЫХ ПОЖАРАХ

М. А. СОФРОНОВ, А. В. ВОЛОКИТИНА

Институт леса и древесины СО АН СССР

При низовых пожарах проводником горения служат слои из мелких растительных остатков, мхов и лишайников на поверхности почвы. Свойства и состояние этих горючих материалов определяют не только характер низовых пожаров (которые по числу составляют более 90 %), но и возможность возникновения пожаров вообще, так как верховые и почвенные пожары развиваются обычно из низовых. Следовательно, проводники горения при низовых пожарах выступают как основные.

Таблица 1

Пирологическая характеристика элементов, составляющих основные проводники горения

Составные части основных проводников горения	Элементарный состав				Нижшая удельная теплота сгорания, МДж/кг	Структура частиц			Максимальное влаго- содержание, %	Равновесное влажностное содержание при относительной влажности воздуха, %														
	С	Н	О	N		золь- ность	Плотность вещества, кг/м ³	Плотность частиц, кг/м ³		Пористость частиц, %	40	90												
													2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1																								
Древесина веточек (D < 7 мм) из опада	50—51	6	42—43	0,2	0,3—0,4	19—20	1,5—1,6	380—420	73—75	100—150	9	23												
Опад из хвой древесных пород (кроме лиственницы) и из листья кустарничков	50—54	6	34—38	1	3—5	19—21	1,5—1,6	320—350	76—79	150—300	11	26												
Опад из листвы древесных по- род и из хвой лиственницы; отмершие травы	48—50	6	39—43	1—2	3—5 (до 8)	18—19	1,5—1,6	190—280	82—87	200—400	9—10	31												
	45—48	6	42—45	0,1—0,2	2—5	17—18	1,4	180	88	200—400	12	40												
Кустистые лишайники Зеленые мхи Сфагнумы							1,6	90	95	500—1000	16	40												
							1,6	50—60	96—97	1000—3000														
В среднем	50 ± 4	6	40 ± 5	1	2—5	19 ± 2	1,5 ± 0,1																	

Таблица 2
Характеристика типов основных проводников горения (типов ОПГ)

Типы основных проводников горения		Появление пожарной зрелости		Структура слоя		Средний максимальный запас, кг/м ²	Толщина слоя, см, при минимальном запасе	Время горения того участка, с	«Шидловая» скорость, м/ч
Название	Шифр	при величине лесопожарного показателя засухи, ед.	после бездождного периода, дн.	Плотность слоя, кг/м ³	Объем, занятый частицами горючего, %				
1	2	3							
А. Участки с типами основных проводников горения, состоящих из мертвых растительных остатков									
Травяно-веточный	Тв	До 300		1—4	0,3—5,0	0,1—3,0	5—50	5—30	30—120
Рыхло-опадный	Рх	301—1000		3—9	6—30	4—14	1—3	20—80	12—30
Плотный	Пл	1001—4000		6—18	31—80	15—40	0,5	90—180	6—12
Б. Участки с типами основных проводников горения, состоящих из мхов и лишайников									
Лишайниковый	Лш	До 300		1—4	15—22	8—12	0,7—1,5	20—60	20—30
Сухо-мшистый	Сх	301—1000		3—9	15—23	17—26	0,6—1,2	20—50	10—20
Влажно-мшистый	Вл	1001—4000		6—18	15—30	17—33	1,0—2,5	20—60	5—15

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Болотно-моховой	Бм	Слой из сфагновых и гниловых мхов в болотных лесах и на болотах (при отсутствии слоя из веточн. злаков и осок или слоя рыхлого опада в густом ярусе кустарников):								
	Бм ₁	а) на неосушенных торфяниках с мощностью торфа менее 0,8 м и на небольших болотах среди суходолов	4001—12 000	12—36	7—12	15—24	0,6—1,2	1,5—3,0	20—60	5—15
	Бм ₂	б) на неосушенных торфяниках с мощностью торфа более 0,8 м и на обширных болотах	Практически негоримы							
В. Участки с отсутствием основных проводников горения или их недостаточным запасом										
«Беспроводный»	Бп	Участки, на которых запас основных проводников горения меньше 0,2 кг/м ² :								
	Бп ₁	а) участки с наличием других, не основных проводников горения в виде подстилки, дернины, перегноя и торфа (высокотравные и разнотравные типы леса летом, сенокосы и т. п.)	4001—12 000	12—36			Могут развиваться почвенные пожары			0,01—0,02
	Бп ₂	б) участки с отсутствием всяких проводников горения (пески, скалы, каменные россыпи, обнаженные склоны, пашни, дороги и т. п.)	Негоримы							

Разнообразие мелких растительных остатков, мхов и лишайников в ботаническом плане чрезвычайно велико, но как горючие материалы они достаточно однородны по своей удельной теплоте сгорания ($19 \pm \pm 2$ МДж/кг), что обусловлено сходством их элементарного состава ($C_6H_8O_4$) (табл. 1, графы 2—7). По водно-физическим свойствам все они относятся к классу капиллярно-пористых коллоидных тел.

Главные лесопирологические отличия у основных проводников горения следующие: 1) по запасу; 2) по скорости высыхания, т. е. по скорости «пожарного созревания»; 3) по характеру горения; 4) по сезонным изменениям перечисленных характеристик.

Запас у проводников горения даже одного вида весьма различен в зависимости от условий его накопления. Кроме того, в результате постепенного послыжного высыхания при пожаре сгорает обычно только часть общего запаса.

По нашим наблюдениям, скорость послыжного высыхания в направлении от поверхности в глубину не зависит от мощности мохового покрова или опада [3], поэтому у проводников одного вида, различных по запасу, бывают одинаковы и время появления готовности к загоранию, и характер горения в начальный период. По этой причине мы не включаем запас в число главных классификационных признаков для основных проводников горения. В особый — «беспроводниковый» — тип выделяются лишь участки, где основные проводники горения или отсутствуют, или имеют запас менее $0,2$ кг/м², недостаточный для распространения пламенного горения (табл. 2, раздел В).

Время высыхания от полной влагосмкости до такого влагосодержания, когда возможно распространение пламенного горения (обычно 25 %), колеблется у основных проводников от нескольких часов до нескольких недель (табл. 2, графа 5). Эти различия объясняются, прежде всего, разной пористостью частиц горючего: от 73 % у древесины до 97 % у сфагновых мхов. Объем пор предопределяет максимальное количество влаги, которое может поглотить данное горючее и которое должно испариться при его пожарном созревании. Максимальное влагосодержание изменяется в очень широких пределах: от 150 % у древесины и опада хвон до 2000—3000 % у сфагнума (табл. 1, графа 11). Процесс высыхания замедляется также высокой гигроскопичностью мхов и лишайников (табл. 1, графы 12 и 13).

На скорость высыхания большое влияние оказывает рыхлость слоя горючего (табл. 2, графа 6) и поступление влаги из нижележащих горизонтов (особенно у мхов), т. е. влажность субстрата.

Именно скорость пожарного созревания мы приняли за главный классификационный признак при выделении типов основных проводников горения (типов ОПГ). Границы между типами мы приурочили к границам классов пожарной опасности по условиям погоды (классов засухи) из общесоюзной шкалы, определяемых величиной лесопожарного показателя засухи В. Г. Нестерова (табл. 2, графа 4).

Все основные проводники горения мы делим на две группы: а) состоящие из мертвых растительных остатков; б) из мхов и лишайников. Это второй классификационный признак. Следовательно, имеются «парные» типы основных проводников горения, сходные по скорости пожарного созревания, но различные по составу, например, травяно-ветошный и лишайниковый, рыхлоопадный и сухомшистый, плотноопадный и влажномшистый.

Основные проводники горения, состоящие из слоя мхов и лишайников, стабильны по своим свойствам в течение всего сезона, а состоящие из мертвых растительных остатков — динамичны по свойствам из-за неравномерности поступления остатков и различий в скорости их разложения в течение сезона. Например, травяно-ветошный тип очень часто

переходит летом в рыхлоопадный, а рыхлоопадный тип весной при активном разложении опада может превратиться летом в «беспроводниковый».

Влажность и скорость высыхания основных проводников горения, состоящих из мхов, в значительной мере определяются влажностью нижних слоев подстилки, поэтому режим влажности субстрата — хороший диагностический признак у этих проводников горения.

У основных проводников горения из растительных остатков (плотноопадный и рыхлоопадный типы) эта зависимость выражена слабее, а влажность травяно-ветошного типа вообще не зависит от влажности субстрата. Так, усохшие травостой из осоки и злаков могут гореть прямо над водой.

На скорость высыхания основных проводников горения из растительных остатков решающее влияние оказывает плотность их слоя. Она изменяется в очень широком диапазоне: от 0,3 до 80 кг/м³ (табл. 2, графа 6), в то время как основные проводники горения из лишайников и мхов довольно однородны по своей плотности (10—20 кг/м³).

Плотность слоя, а точнее процент объема, занятый частицами горючего (табл. 2, графа 7), предопределяет характер горения, его интенсивность и скорость. Если частицы занимают менее 10 % объема, то пламенное горение может происходить непосредственно внутри самого слоя, что весьма повышает скорость и интенсивность горения, особенно при увеличении запаса горючего (травяно-ветошный, рыхлоопадный и лишайниковый типы). При плотном сложении, когда частицы занимают более 15 % объема слоя (плотноопадный, сухомшистый, влажномшистый типы), пламя слабо проникает внутрь слоя и увеличение запаса горючего почти не повышает интенсивности горения [10].

С помощью разработанной нами классификации основных проводников горения можно давать характеристики любым участкам леса. Картирование типов основных проводников горения и создание на этой основе более совершенных лесопожарных карт значительно облегчит борьбу с лесными пожарами.

Приведенные в статье характеристики типов основных проводников горения составлены на основании наших данных и обобщения сведений из публикаций других авторов [1, 2, 4—9, 11—15].

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Амосов Г. А. Некоторые особенности горения при лесных пожарах.— Л.: ЛенНИИЛХ, 1958.— 30 с. [2]. Белов С. В. Лесная пирология.— Л.: ЛТА, 1976.— 64 с. [3]. Волокитина А. В. Послойное увлажнение и высыхание лесного напочвенного покрова.— В кн.: Исследование компонентов лесных биогеоценозов. Красноярск, 1983, с. 13. [4]. Гришин А. М. Математические модели лесных пожаров.— Томск: ТГУ, 1981.— 278 с. [5]. Конев Э. В. Физические основы горения растительных материалов.— Новосибирск: Наука, 1977.— 239 с. [6]. Курбатский Н. П. Техника и тактика тушения лесных пожаров.— М.: Гослесбумиздат, 1962.— 154 с. [7]. Курбатский Н. П. Исследование количества и свойств лесных горючих материалов.— В кн.: Вопросы лесной пирологии. Красноярск: Ин-т леса и древесины, 1970, с. 5—58. [8]. Лыков А. В. Теория сушки.— М.: Энергия, 1968.— 471 с. [9]. Мелехов И. С. Природа леса и лесные пожары.— Архангельск: ОГИЗ, 1947.— 60 с. [10]. Софронов М. А. Влияние структуры лесных горючих материалов на их скорость горения.— В кн.: Проблемы горения и тушения. М.: ВНИИПО, 1968, с. 112—122. [11]. Телицын Г. П., Сосновченко А. П. Характеристика лесных горючих материалов и их связь с особенностями горения.— Тр./ ДальНИИЛХ, 1970, вып. 10, с. 248—253. [12]. Шешуков М. А. Некоторые пирологические свойства лесных горючих материалов.— Тр./ ДальНИИЛХ, 1970, вып. 10, с. 253—264. [13]. Davis K. P., Bugam G. M., Grim W. R. Forest fire: control and use.— Toronto, London, 1959.— 584 p. [14]. Deeming I. E. et al. The national fire-damage rating system.— USDA forest service. Research paper RM-84 february, 1972.— 165 p. [15]. Fons W. L. Analysis of fire spread in light forest fuels.— Agricultural research, 1946, vol. 72, n. 13, p. 93—121.

Поступила 29 ноября 1983 г.

УДК 630*284.4 : 630*181.8

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СРОКОВ СОКОВЫДЕЛЕНИЯ БЕРЕЗЫ И КЛЕНА МЕТОДОМ ФЕНОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ-ИНДИКАТОРОВ

В. П. РЯБЧУК

Львовский лесотехнический институт

При планировании и проведении подсочных работ возникает необходимость в прогнозировании сроков начала и окончания соковыделения из березы и клена. В работах по вопросам прогнозирования [1—6] мы не встретили сведений о методах определения этих сроков.

Прогнозы сроков соковыделения можно разделить на два рода [6]: первый связан с интерпретацией погоды, второй основан на известной согласованности сроков наступления сезонных явлений. Установлено, что в пределах однородных экологических групп сезонных явлений интервалы между следующими друг за другом сезонными явлениями в данной географической области менее изменчивы, чем ежегодные календарные даты их наступления. Этот род прогнозирования носит название метода фенологического лага, или метода фенологических явлений-индикаторов. Его сущность состоит в том, что сроки наступления начала соковыделения устанавливаются по времени появления более ранних сезонных фенологических явлений-индикаторов (предикаторов): жаворонок полевой — первая песня, скворец — начало прилета. Окончание соковыделения характеризуется наличием следующих явлений-индикаторов: кукушка — начало кукования, ласточка деревенская — начало прилета, лещина — начало зацветания, ветреница белая — начало цветения [2]. Таким образом, феноиндикаторы — это легко и точно отмечаемые сезонные явления природы. Рассматриваемые нами индикаторы носят название частных, так как указывают на состояние отдельных компонентов: начало и окончание соковыделения. По характеру связи они относятся к косвенным, так как индуцирующие и индуцируемые явления не имеют прямых причинно-следственных связей.

Средние многолетние интервалы (лаги) для ряда районов региона исследований между явлениями-индикаторами и сроками соковыделения можно определить по материалам табл. 1. Используя приведенные данные, дату начала соковыделения ($D_{н.с}$) или его окончания ($D_{о.с}$) определяем по формуле:

$$D_{н.с} \text{ или } D_{о.с} = D_{инд} + (L - 1),$$

где $D_{инд}$ — фактическая дата наступления явления-индикатора (предикатора) в год прогноза;

L — средний многолетний интервал (лаг), сут.

Например, лаг между первой песней жаворонка и началом соковыделения березы для условий Окского государственного заповедника составляет 7 дн, между началом прилета скворцов и началом соковыделения — 11 сут. Многолетний лаг, к примеру, между началом кукования кукушки и окончанием соковыделения для условий Ивано-Франковска равен 9 сут.

В качестве первого критерия оценки сроков прогнозирования ($K_{ок}$) принимали величину [3]

Таблица 1

Сроки соковыделения и появления фенологических явлений-индикаторов

Регистрируемый показатель	Рязанская область, Окский заповедник	Ивано-Франковский, УССР	Львовская область, учлесхоззаг ЛЛТИ	Ровенская область, с. Хоров
	Начало соковыделения: Березы бородавчатой Клена остролистного	6.IV 3.IV	19.III 14.III	23.III 15.II
Приход явления-индикатора: Жаворонок полевой — первая песня Скворцы — начало прилета	30.III 26.III	17.III 6.III	11.III 12.III	17.III 18.III
Окончание соковыделения: Березы бородавчатой Клена остролистного	1.V 10.V	16.IV 28.IV	15.IV 28.III	21.IV 28.IV
Приход явления-индикатора: Кукушка — начало кукования Ласточки — начало прилета Лещина — начало зацветания	28.IV 24.IV 18.IV	30.IV 13.IV —	— — —	12.IV 12.IV 1.IV

$$K_{\text{оц}} = \sum_{i=1}^n (D_{\text{ф}} - D_{\text{р}})^2 = \min,$$

где $D_{\text{ф}}$ — фактические фенодаты;

$D_{\text{р}}$ — расчетные (прогнозируемые) фенодаты.

В качестве второго критерия оценки сроков прогнозирования принимали среднюю ошибку искомой даты (z), определяемую по формуле:

$$z = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (D_{\text{ф}} - D_{\text{р}})^2}{n}}$$

где z — средняя ошибка искомой даты, сут;

n — число лет наблюдений.

Таблица 2

Достоверность прогнозирования сроков соковыделения

Регистрируемый показатель	Рязанская область, Окский заповедник		Ивано-Франковский, УССР		Львовская область, учлесхоззаг ЛЛТИ		Ровенская область, с. Хоров	
	$K_{\text{оц}}$	z	$K_{\text{оц}}$	z	$K_{\text{оц}}$	z	$K_{\text{оц}}$	z
Начало соковыделения: Жаворонок полевой — первая песня	$\frac{524}{599}$	$\frac{\pm 5}{\pm 7}$	$\frac{678}{—}$	$\frac{\pm 8}{—}$	$\frac{278}{—}$	$\frac{\pm 5}{—}$	$\frac{—}{413}$	$\frac{—}{\pm 7}$
Скворцы — начало прилета	$\frac{645}{810}$	$\frac{\pm 5}{\pm 8}$	$\frac{1302}{—}$	$\frac{\pm 11}{—}$	$\frac{213}{—}$	$\frac{\pm 4}{—}$	$\frac{—}{810}$	$\frac{—}{\pm 7}$
Окончание соковыделения: Кукушка — начало кукования	$\frac{965}{1960}$	$\frac{\pm 6}{\pm 13}$	—	—	—	—	—	—
Ласточки — начало прилета	$\frac{861}{1219}$	$\frac{\pm 8}{\pm 11}$	$\frac{468}{—}$	$\frac{\pm 7}{—}$	—	—	—	—
Лещина — начало зацветания	$\frac{1008}{434}$	$\frac{\pm 6}{\pm 6}$	$\frac{631}{—}$	$\frac{\pm 8}{—}$	—	—	—	—

Примечание. В числителе — данные для березы; в знаменателе — для клена.

Индикатор считался оптимальным, если критерий оценки ($K_{\text{оп}}$) или средняя ошибка прогнозируемой даты (z) были минимальными.

Из приведенных в табл. 2 данных видно, что критерий оценки прогнозируемых сроков начала соковыделения при применении индикатора первая песня жаворонка для березы в среднем равняется 493, для клена — 506. При использовании феноиндикатора начало прилета скворцов критерий оценки соответственно составляет 506 и 610.

Средняя ошибка прогнозируемой даты в первом случае колеблется от ± 5 до ± 8 сут, во втором — от ± 4 до ± 11 сут. Таким образом, при выборе индикатора при прогнозировании начала соковыделения предпочтение следует отдавать явлению-индикатору: первая песня жаворонка.

Из данных табл. 2 видно, что критерий оценки прогнозируемых сроков окончания соковыделения при использовании феноиндикатора начало кукования кукушки для березы в среднем равняется 965, для клена — 1960. При использовании второго феноиндикатора — начало прилета ласточек — критерий оценки для березы составляет 468—861, для клена — 1219. Критерий оценки для третьего феноиндикатора — начало зацветания лещины — соответственно равны 631—1008 и 434. Из приведенной информации вытекает, что при выборе феноиндикатора для определения окончания соковыделения предпочтение следует отдавать показателю — начало прилета ласточек.

Изложенный метод прогнозирования может найти применение при организации добычи соков лиственных деревьев.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Булыгин Н. Е. Дендрология. Фенологические наблюдения над лиственными растениями.— Л.: ЛТА, 1976. [2]. Орлов И. И., Рябчук В. П. Березовый сок.— М.: Лесн. пром-сть, 1982. [3]. Плехотин А. П., Михалкина Л. Г., Бердникова С. В. Математическое моделирование температурно-биометрических связей.— Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1976, № 4. [4]. Шиголев А. А. Применение сумм эффективных температур для анализа хода весны.— Декади. бюл. погоды, 1934, № 4—6/93—95. [5]. Шиголев А. А. Руководство для обработки фенологических прогнозов.— М.: Гл. упр. гидрометслужбы СССР. 1941. [6]. Шульц Г. Э. Общая фенология.— Л.: Наука, 1981.

Поступила 4 января 1984 г.

УДК 630*232.32

РОСТ САЖЕНЦЕВ ПИХТЫ СИБИРСКОЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КАЧЕСТВА ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА

О. Ф. БУТОВА, Е. Ф. ВАЖЕНИНА

Сибирский технологический институт

Эффективность работ по воспроизводству лесных ресурсов неразрывно связана с качеством используемого для этих целей посадочного материала.

Для Восточной Сибири не разработаны стандарты на семена деревьев и кустарников. Цель наших исследований — определение оптимальных размеров семян пихты сибирской, пригодных для лесокультурных работ.

Опыты проводили в питомнике Караульного лесничества учебно-опытного лесхоза Сибирского технологического института.

Климат района расположения питомника резко континентальный. Среднегодовая температура воздуха $0,5^{\circ}\text{C}$, абсолютный минимум равен $-43,5^{\circ}\text{C}$, максимум составляет $+34,8^{\circ}\text{C}$. Почва оттаивает в конце апреля — начале мая. Отмечаются поздние весенние и ранние осенние заморозки. Безморозный период в среднем составляет

120 дн. Среднегодовое количество осадков по многолетним данным достигает 430 мм, из них 60 % выпадает в течение вегетационного периода. Гидротермический коэффициент равен 1,0—1,2, сумма температур выше 10 °С составляет 1600—1800°. Среднемесячная относительная влажность воздуха колеблется от 53 до 76 %.

Почва на опытном участке светло-серая лесная, по механическому составу — среднесуглинистая. По данным Красноярской агрохимической лаборатории, в пахотном горизонте участка содержание гумуса — 2,5—2,8 %, реакция солевой вытяжки близка к нейтральной (6,0—6,8), содержание подвижных форм фосфора более 35 мг, калия — 11,5—15,0 мг, легкогидролизуемого азота — 3,5—4,5 мг на 100 г почвы.

Для опытов были взяты 3—5-летние сеянцы пихты сибирской, выращенные в посеивном отделении питомника. Работа проводилась в соответствии с «Методическими указаниями по стандартизации сеянцев» [2].

Сеянцы пихты сибирской в Красноярском крае практически не выращивают. Это объясняется ее медленным ростом в молодом возрасте, необходимостью проведения уходов за культурами в течение длительного времени, а также низкой всхожестью семян пихты и сильной зараженностью их личинками семееда [3], отсутствием рекомендаций по длительному хранению семян и выращиванию сеянцев.

Пихта сибирская характеризуется крайним медленным ростом в течение первых четырех-пяти лет. Так, в условиях Караульного лесничества у трехлетних сеянцев пихты средний диаметр стволиков у корневой шейки был $1,4 \pm 0,05$ мм, высота — $7,4 \pm 0,2$ см, поэтому наибольший процент участия приходился на растения диаметром менее 2,0 мм (73 %). Текущий прирост верхушечного побега в посевах третьего года составлял $1,6 \pm 0,05$ см, в посевах четвертого года — $3,1 \pm 0,1$ см, в результате в четырехлетнем возрасте сеянцы пихты достигли высоты $10,5 \pm 0,4$ см, диаметра — $1,7 \pm 0,05$ мм; большинство растений имели диаметр 1,0—2,4 мм (81 %); длина корневого пучка во всех группах, кроме варианта с диаметром 0,5—0,9 мм, превышала 15,0 см. В пятилетнем возрасте высота сеянцев пихты варьирует от 6,5 до 25,5 см; диаметр стволиков у основания корневой шейки — от 1,0 до 5,0 мм. Количество растений диаметром менее 2,0 мм составило 29 %. У сеянцев в этом возрасте хорошо развиты корневая система и крона, диаметр последней колеблется от 2,5 до 12,0 см. В соответствии с ГОСТом 3317—77 в 3-летнем возрасте стандартных размеров достигли 63 % сеянцев, в 4-летнем — 68 %, в 5-летнем — 94 %.

Сеянцы, рассортированные на несколько групп в зависимости от диаметра стволиков, были высажены в школьное отделение питомника, по 100 шт. в каждой группе, в четырех повторностях. За растениями проводили уходы, наблюдения и учеты. В конце вегетационного периода определяли приживаемость, измеряли прирост и общую высоту растений по вариантам, чтобы проследить процесс дифференциации растений в выделенных по диаметру групп в зависимости от характера распределения приростов высоты на первый — третий годы пребывания их в школе. Полученные данные обрабатывали методами математической статистики.

Проведенные исследования позволили установить определенную зависимость между процентом приживаемости, возрастом и размерами посадочного материала (см. табл.). Самая низкая приживаемость наблюдалась в 1980 г. при посадке трехлетних сеянцев и в 1981 г. при посадке четырехлетних сеянцев диаметром менее 1,5 мм. Определенное влияние на приживаемость растений в год посадки оказали недостаточно благоприятные погодные условия вегетационного периода, особенно в 1980 г., которые характеризовались малым количеством осадков в третьей декаде мая (2 мм) и продолжительным засушливым периодом с 5 июня по 15 июля. Тем не менее прослеживается прямая зависимость между процентом приживаемости и размерами посадочного материала.

В июне 1981 г. наблюдалась резкая смена жарких и холодных периодов, осадков выпало в 3,4 раза меньше нормы, но приживаемость

**Приживаемость и рост саженцев пихты
в зависимости от возраста и размеров посадочного материала**

Возраст сеянцев, лет	Группа саженцев по диаметру, мм	Приживаемость по годам, %			Прирост в высоту по годам, см			Высота саженцев по годам, см		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
3	1,0—1,4	52	41	39	1,3	4,2	3,7	6,1	10,3	14,0
	1,5—1,9	58	48	46	0,9	4,2	4,3	6,7	10,9	15,2
	2,0—2,4	72	65	64	1,3	5,2	4,1	8,0	13,2	17,3
F_{ϕ}		6,9	7,8	7,5	1,8	3,36	0,72	28,2	10,0	8,35
$F_{05}(2; 6) = 5,14$					—	—	—	0,6	1,7	2,0
HCP_{05}										
4	0,5—0,9	12	8	8	0,4	2,5	3,0	4,3	7,8	10,8
	1,0—1,4	38	38	33	1,0	3,4	4,4	5,8	9,2	13,6
	1,5—1,9	90	88	80	1,0	3,3	5,2	8,3	11,6	16,8
	2,0—2,4	96	96	93	2,0	4,0	6,2	10,0	14,0	20,2
	2,5—2,9	92	92	87	2,4	3,9	6,0	10,6	16,5	22,6
	3,0—3,9	98	98	98	2,7	4,1	7,2	14,5	18,6	25,8
F_{ϕ}		27,38	57,08	31,06	2580,0	2,33	23,11	36,4	38,66	35,08
$F_{05}(5; 10) = 3,33$					0,06	—	0,96	1,9	0,7	2,9
HCP_{05}										
5	1,5—1,9	99	48	45	1,9	1,8	5,3	9,0	10,8	16,1
	2,0—2,4	97	83	73	1,4	2,2	8,0	10,5	12,7	20,7
	2,5—2,9	97	85	77	2,5	2,2	8,9	12,7	14,9	23,8
	3,0—3,9	97	92	91	2,2	2,3	10,2	14,7	17,0	27,2
	4,0—4,9	100	93	92	2,5	1,7	9,6	17,9	19,6	29,2
F_{ϕ}		1,49	62,39	25,69	2,10	2,00	4,24	45,1	3,84	39,12
$F_{05}(4; 8) = 3,84$					—	—	3,1	1,5	1,2	2,7
HCP_{05}		—	7	12	—	—	3,1	1,5	1,2	2,7

в вариантах с диаметром не менее 1,5 мм в первый год составила 90—98 %.

В опыте с пятилетними сеянцами существенных различий по приживаемости между вариантами в год посадки не наблюдалось ($F_{\phi} = 1,49$). Высокий процент приживаемости можно объяснить тем, что у сеянцев старшего возраста гораздо лучше развиты и ассимиляционный аппарат, и корневая система. У таких растений, по мнению Е. Л. Маслакова, М. Ф. Мойко, М. С. Ковалева и др. [1], имеется большой запас пластических веществ и быстрее происходит регенерация и рост корней после посадки. Кроме того, во второй декаде мая 1982 г. (период посадки) погода была дождливой, температурный режим устойчивым. Осадки выпадали ежедневно, количество их превысило норму в 6,6 раза. Интенсивные дожди способствовали накоплению значительных запасов влаги, которая сохранялась в почве до половины июня. На второй-третий годы после посадки приживаемость резко упала в группе саженцев, имевших при посадке диаметр менее 2,0 мм.

Текущий прирост в высоту в первый год после посадки составил 0,4—2,7 см, или в среднем 16 % от высоты саженцев в конце вегетационного периода, независимо от возраста посадочного материала. Связь между приростом и первоначальными размерами посадочного материала наблюдалась только в опыте с четырехлетними сеянцами (различия между вариантами существенны при 5 %-ном уровне значимости).

На второй год выращивания в опыте с 3—4-летними сеянцами прирост составил 32—39 %, в опыте с 5-летними — 12—17 %, на третий год текущий прирост у саженцев из трехлетних и четырехлетних сеянцев колебался от 24 до 32 %. Сравнение вариантов по высоте свидетель-

ствует о существенной разнице между группами: высота саженцев увеличивается с возрастанием первоначального диаметра стволиков ($F_{\phi} > F_{05}$).

Сравнивая саженцы одного биологического возраста, следует отметить, что пятилетние саженцы пихты (4 + 1) из четырехлетних сеянцев диаметром 2,0—3,9 мм практически не отличались по высоте от пятилетних саженцев (3 + 2), выращенных из трехлетних сеянцев диаметром 1,0—2,4 мм.

Шестилетние саженцы из трехлетних сеянцев (3 + 3) не только не уступают саженцам из четырехлетних сеянцев (4 + 2) или из пятилетних (5 + 1) по высоте и диаметру, но даже превосходят их по этим показателям. Отсюда следует, что для посадки в школьное отделение наиболее целесообразно использовать трехлетние сеянцы. Однако такие сеянцы имеют диаметр 1,0—2,4 мм, высоту от 5,0 до 13,0 см и не пригодны для механизированной посадки. Приживаемость их низкая, кроме того, часть мелких растений погибает при ручных уходах в первые два года.

У саженцев пихты из пятилетних сеянцев (5 + 2) текущий прирост в высоту на второй год посадки не превышал 17 % от конечной высоты растений. По данному показателю существенных различий между вариантами не наблюдалось ($F_{\phi} = 2,00 < F_{05}$). Можно даже отметить снижение энергии роста с увеличением первоначальных размеров посадочного материала. В семилетнем возрасте саженцы из пятилетних сеянцев (5 + 2) заметно отстают от саженцев из четырехлетних сеянцев (4 + 3) по текущему приросту (в 2,4 раза) и по высоте стволиков (в 1,2 раза).

Оценивая варианты опыта в целом по приживаемости, интенсивности роста и высоте растений, можно утверждать, что с увеличением размеров посадочного материала улучшаются все качественные показатели саженцев: приживаемость, высота, диаметр стволиков, диаметр кроны растений. Лучшие результаты получены при посадке четырехлетних сеянцев.

Саженцы пихты из трехлетних сеянцев достигли стандартных размеров по ГОСТу 24835—81 (диаметр более 4,0 мм, высота более 15 см) в шестилетнем возрасте (3 + 3). В варианте с первоначальным диаметром 1,0—1,4 мм количество стандартных сеянцев составило 38 %, с диаметром 2,0—2,4 мм — 80 %. В опыте с четырехлетними сеянцами стандартных размеров в 6-летнем возрасте (4 + 2) достигли только растения, имевшие при посадке диаметр не менее 2,0 мм: в группе диаметром 2,0—2,4 мм — 39 %, диаметром 3,0—3,9 мм — 88 %.

Следовательно, в условиях Караульного лесничества и в лесных питомниках Восточной Сибири со сходными почвенно-климатическими условиями пригодными для посадки можно считать сеянцы пихты сибирской диаметром не менее 2,0 мм. Сеянцы таких размеров, высаженные в школьное отделение питомника, отвечают требованиям стандарта на саженцы через 2—3 года.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Крупномерный посадочный материал и его использование в лесокультурном производстве: Практические рекомендации/ Е. Л. Маслаков, М. Ф. Мойко, М. С. Ковалев и др.—Л.: ЛенНИИЛХ, 1979.— 57 с. [2]. Методические указания по стандартизации сеянцев лесных деревьев и кустарников/ Н. А. Смирнов, Л. Н. Бредихина, А. Б. Калякин.— Пушкино: ВНИИЛМ, 1972.— 22 с. [3]. Некрасова Т. П., Рябинков А. П. Плодоношение пихты сибирской.— Новосибирск: Наука, 1978.— 150 с.

УДК 630* : 65.011.54

ПРИМЕНЕНИЕ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО АГРЕГАТА

Г. В. СИЛАЕВ, В. В. ЖУКОВ

Московский лесотехнический институт, ВНИИЛМ

Большая неравномерность тягового сопротивления машин и орудий в условиях лесохозяйственного производства приводит к изменению баланса мощности трактора и значительно усложняет комплектование агрегатов. Одна из составляющих этого баланса — мощность машинно-тракторного агрегата, расходуемая на самопередвижение, также существенно изменяется при встрече трактора с препятствиями (пнями, скоплениями порубочных остатков и т. д.).

Расход энергии на тяговое сопротивление орудий и передвижение агрегатов в многообразных реальных производственных условиях может быть определен с помощью математического планирования эксперимента. Однако неравномерность тягового сопротивления машин и затрат мощности двигателя не позволяют реализовать активный эксперимент в производственных условиях из-за большого числа дублированных опытов. Для преодоления возникшей трудности условия внутри каждого опыта нами были разделены на группы наблюдений, внутри которых неравномерность минимальна.

Условия использования пахотного агрегата при подготовке почвы на нераскорчеванных вырубках разделили на следующие группы наблюдений: работа агрегата в условиях без пней и порубочных остатков; столкновение орудия с пнями; перерезание корней орудием; встреча орудия с порубочными остатками; преодоление препятствий (пней, порубочных остатков и т. д.) тракторами.

Активный эксперимент был реализован на примере работы почвообрабатывающих агрегатов в составе тракторов ЛХТ-55 и ТДТ-40М с плугом лесным дисковым ПЛД-1,2. Для определения доли групп наблюдений в общем балансе пути собран статистический материал в 200 повторностях по каждой группе.

В табл. 1 приведены доли групп наблюдений в общем балансе пути агрегата по нераскорчеванной вырубке (на 100 м пути).

Был реализован план B_4 для четырех факторов, варьируемых на трех уровнях*. Факторы, включенные в эксперимент, и их уровни варьирования приведены в табл. 2.

В качестве регистрируемых параметров выбраны: текущая мощность трактора N , включающая мощность на передвижение, различные потери мощности, тяговое сопротивление и отдельно — тяговое сопротивление плуга R_T . Тяговую мощность тракторов замеряли на карданных валах, тяговое сопротивление плуга — при помощи тягового звена, изготовленного по типу универсального тягового звена конструкции ВИСХОМ. Значения R_T , N и их дисперсий в каждом опыте вычисляли по однотипной с R_T формуле

$$R_T = \sum_{i=1}^5 R_{Ti} l_i$$

* Зедгинидзе И. Г. Планирование эксперимента для исследования многокомпонентных систем. — М.: Наука, 1976.

Таблица 1

Группа наблюдений	Условия применения	Единица измерения	Количественное значение показателя	Доля групп наблюдений	R_T кН, N кВт
ПЛД-1,2					
Работа без препятствий	Легкие почвы	м	—	—	$\frac{13,59}{8,71}$
	Средние »	»	—	—	$\frac{19,01}{9,34}$
	Тяжелые »	»	—	—	$\frac{25,31}{9,46}$
Встречаемость орудия с пнями	450 шт./га	Число встреч	$\frac{4,52}{3,65}$	0,09	$\frac{32,82}{90,31}$
	900 »	»	$\frac{8,75}{4,62}$	0,17	$\frac{32,82}{90,31}$
Перерезание корней	450 »	%	$\frac{0,71}{0,04}$	0,18	$\frac{35,02}{32,44}$
	900 »	»	$\frac{1,03}{0,013}$	0,36	$\frac{35,02}{32,44}$
Встречаемость орудия с порубочными остатками	12,5 м ³ /га	м	$\frac{11,63}{5,07}$	0,16	$\frac{12,00}{10,03}$
	25 »	»	$\frac{32,00}{9,10}$	0,32	$\frac{12,00}{10,03}$
ЛХТ-55					
Работа без препятствий	Холостой ход, $v = 0,89$ м/с	—	—	—	$\frac{10,6}{1,83}$
Встречаемость трактора: с пнями	450 шт./га	Число встреч	$\frac{14,23}{7,67}$	0,17	$\frac{16,68}{3,94}$
	900 »	»	$\frac{30,41}{21,06}$	0,32	$\frac{16,93}{3,81}$
с порубочными остатками	12,5 м ³ /га	м	$\frac{14,00}{4,07}$	0,14	$\frac{13,24}{2,27}$
	25 »	»	$\frac{30,1}{13,07}$	0,30	$\frac{14,73}{2,61}$
ТДТ-40М					
Работа без препятствий	Холостой ход, $v = 0,89$ м/с	—	—	—	$\frac{8,21}{1,92}$
Встречаемость трактора: с пнями	450 шт./га	Число встреч	$\frac{7,31}{7,23}$	0,07	$\frac{13,69}{3,91}$
	900 »	»	$\frac{20,14}{23,62}$	0,21	$\frac{13,23}{3,82}$
с порубочными остатками	12,5 м ³ /га	м	$\frac{12,23}{5,48}$	0,12	$\frac{9,75}{2,64}$
	25 »	»	$\frac{30,0}{19,21}$	0,30	$\frac{11,75}{2,83}$

Примечание. В знаменателе приведены дисперсии величин.

Таблица 2

Фактор		Уровень варьирования		
наименование	обозначение	нижний -1	средний 0	верхний +1
Скорость передвижения v , м/с	X_1	0,5	0,69	0,89
Число пней на 1 га K , шт.	X_2	0	450	900
Количество порубочных остатков на 1 га U , м ³	X_3	0	12,5	25
Твердость почвы P , кН/м ²	X_4	0,19	0,28	0,40

где i — номер единицы наблюдения;
 R_{Ti} — значение тягового сопротивления в i -той единице наблюдения, кН;
 l_i — доля i -той единицы наблюдения.

Значения G -критерия равны: для R_T плуга $G = 0,064$, для затрат мощности трактора ЛХТ-55 с плугом $G = 0,057$, для затрат мощности трактора ТДТ-40М с плугом $G = 0,053$. Для числа выборок $n = 15$ и числа степеней свободы $f = 16$ $G_{табл} = 0,14$. Следовательно, принимаем гипотезу об однородности дисперсий во всех экспериментах. Вычисленные значения дисперсий воспроизводимости для уравнений равны: $\sigma^2\{R_T\} = 20,48$; $\sigma^2\{N_{ЛХТ}\} = 6,75$; $\sigma^2\{N_{ТДТ}\} = 6,32$.

Значимость найденных коэффициентов регрессии оценивали с помощью t -критерия. После исключения незначимых коэффициентов и пересчета уравнения регрессии в кодированных обозначениях факторов имеют вид:

для тягового сопротивления плуга

$$R_{T_{пл}} = 21,39 + 0,41X_1 + 4,36X_2 - 0,59X_3 + 4,67X_4 - 1,21X_1^2 + 1,91X_2^2 + 0,68X_3^2 + 0,83X_4^2 - 1,02X_2X_4; \quad (1)$$

для текущей мощности трактора ЛХТ-55 с ПЛД-1,2

$$N_{ЛХТ} = 25,15 + 6,32X_1 + 4,56X_2 + 0,88X_3 + 0,59X_4 - 2,87X_1^2 + 0,74X_2^2 + 1,91X_3^2 + 1,47X_4^2 + 1,18X_1X_2; \quad (2)$$

для текущей мощности трактора ТДТ-40М с ПЛД-1,2

$$N_{ТДТ} = 21,18 + 4,85X_1 + 2,87X_2 + 1,18X_4 - 3,68X_1^2 + 2,13X_2^2 + 1,4X_3^2 + 1,54X_4^2 - 0,74X_2X_4. \quad (3)$$

Остаточные дисперсии равны: $\sigma_{ост пл}^2 = 0,279$; $\sigma_{ост ЛХТ}^2 = 5,403$; $\sigma_{ост ТДТ}^2 = 1,595$. Величины $F_{расч}$ соответственно приведенным остаточным дисперсиям равны 0,02; 0,80; 0,25. Для $f_1 = 10$; $f_2 = 24$ $F_{табл} = 2,25$. Принимаем гипотезу об адекватности всех уравнений.

При натуральных значениях факторов формулы имеют вид

$$\left. \begin{aligned} X_1 &= \frac{v - 0,695}{0,2}; & X_2 &= \frac{K - 450}{450}; \\ X_3 &= \frac{U - 12,5}{12,5}; & X_4 &= \frac{P - 0,29}{0,11}. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Подставив формулы (4) в (1)–(3), получим уравнения регрессии в натуральных обозначениях факторов:

для тягового сопротивления плуга

$$R_T = -5,055 + 44,1v + 0,0072K - 0,1558U + 11,94P - 30,25v^2 + 0,1 \cdot 10^{-4}K^2 + 0,0044U^2 + 68,6P^2 - 0,0206KP; \quad (5)$$

для текущей тяговой мощности тракторов ЛХТ-55 и ТДТ-40М с ПЛД-1,2

$$N_{\text{ЛХТ}} = -21,524 + 125,57v - 0,0022K - 0,236U - 65,24P - 71,79v + \\ + 3,64 \cdot 10^{-6} K^2 + 0,0123U^2 + 121,7P^2 + 0,0131vK; \quad (6)$$

$$N_{\text{ТДТ}} = -33,779 + 152,25v + 0,0012K - 0,22U - 56,72P - 92,05v^2 + \\ + 1,05 \cdot 10^{-5} K^2 + 0,0089U^2 + 7,8P^2 - 0,0149KP. \quad (7)$$

Согласно уравнению (1), на тяговое сопротивление плуга наибольшее влияние оказывает фактор X_4 , который соответствует типу почвы. Вторым по значению является X_2 , соответствующий числу пней на обрабатываемой площади. Большие коэффициенты при этих факторах указывают, что тяговое сопротивление плуга значительно увеличивается при изменении их от нижнего до верхнего уровня. Третий по значению фактор X_3 соответствует количеству порубочных остатков. Его влияние невелико, отрицательно, т. е. уменьшает тяговое сопротивление плуга. При встрече плуга с порубочными остатками последние или перерезаются, когда оставшиеся ветви плотно прилегают к грунту и имеют небольшую толщину, или сдвигаются с места и скапливаются перед ножом орудия. В этом случае незначительно увеличивается тяговое сопротивление в начальный промежуток времени, а затем плуг выглубляется, так как он имеет нож с тупым углом вхождения в почву. Среднее значение R_T снижается также в результате того, что в случае сгущивания порубочных остатков перед ножом тракторист выглубляет плуг, чтобы обеспечить далее качественную работу, а значение R_T во время выглубления практически равно 0.

Четвертый фактор — скорость передвижения — мало повышает тяговое сопротивление орудий.

Анализ уравнений (2) и (3), описывающих затраты текущей тяговой мощности тракторов ЛХТ-55 и ТДТ-40М с плугом, показывает, что наибольшее влияние на загрузку тракторов оказывает скорость передвижения. С увеличением рабочей скорости значительно возрастают затраты мощности на самопередвижение, особенно у агрегата с более тяжелым трактором ЛХТ-55. Второй по значению фактор — наличие пней на обрабатываемой площади. Увеличение расхода энергии на проезд пней в 1,5 раза больше у агрегата с трактором ЛХТ-55. Наличие порубочных остатков на площади увеличивает текущую тяговую мощность трактора. Значит, несмотря на уменьшение тягового сопротивления плуга от встречаемости с порубочными остатками, затраты энергии значительно увеличиваются на преодоление агрегатом скопленных остатков.

Выводы

1. Адекватность полученных уравнений регрессии доказывает возможность применения методов планирования эксперимента в разнообразных условиях механизированного лесохозяйственного производства.

2. Пользуясь уравнениями (4), (5) и (6), можно рассчитать тяговое сопротивление плуга и степень загрузки тракторов по тяговой мощности и выбрать оптимальный вариант агрегатирования почвообрабатывающего орудия для заданных условий использования.

УДК 630*18

ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ФАКТОРОВ СРЕДЫ И СПОСОБОВ ПОДГОТОВКИ СЕМЯН КЛЮКВЫ БОЛОТНОЙ НА ИХ ПРОРАСТАНИЕ

В. К. МЯКУШКО, В. К. КОНОВАЛЬЧУК

Украинская сельскохозяйственная академия

Изучением покоя и прорастания семян сельскохозяйственных и древесных растений занимаются известные отечественные, а также зарубежные ученые. По данному вопросу опубликовано в настоящее время много работ ([1, 9, 10, 12] и др.), хотя механизм покоя и выведения семян из этого состояния в настоящее время выяснен не полностью [14, с. 66]. Покой семян наблюдается у большинства сельскохозяйственных растений, и глубина его, а также способы преодоления чрезвычайно разнообразны для разных видов растений. Применительно к дикорастущим ягодным растениям, в частности клюкве, этот вопрос изучен еще недостаточно, а имеющиеся в литературе сведения зачастую противоречивы.

В последние годы, в связи с возникшим интересом к культивированию клюквы, этот вопрос приобрел немаловажное значение. Первое изучение условий прорастания клюквы болотной (*Oxycoccus palustris* Pers.) было проведено в 1913 г. Кинцлером, который сделал вывод, что семена прорастают исключительно на свету. Глейсберг провел проращивание семян в темноте. Проростки появились через 19—46 дн после посева и составили от 0,5 до 24,5 % [2]. Позже были опубликованы работы о влиянии некоторых химических соединений на прорастание семян клюквы и факторов среды [13]. Особенно интенсивные исследования начали проводиться в последнее время [3—5, 11, 15, 16]. К. Н. Тараканов [13] отмечает лучшее прорастание клюквы при температуре + (25—30) °С, В. Ф. Буткус [3] указывает оптимум прорастания + (15—30) °С, А. Б. Горбунов [5] — (20—30) °С. С. И. Шабарова проращивала семена клюквы при температуре + (17—20) °С с предварительным намачиванием в воде на протяжении суток и естественном освещении [15]. Всхожесть семян составила 48 %. Х. Г. Вильбасте изучал влияние действия некоторых химических соединений на всхожесть семян, в частности, намачивание в 10 %-ном растворе соды (Na_2CO_3), указывая на исключительный эффект мероприятия [4]. Наиболее глубокие исследования, касающиеся влияния некоторых факторов (температуры, освещения, стратификации) на всхожесть, провел А. Б. Горбунов в 1966—1969 гг. Доказано значение стратификации для прорастания семян.

В 1981—1983 гг. выполнены исследования на кафедре дендрологии и охраны природы УСХА. Проращивание проводили в Республиканской лаборатории по контролю качества семян и испытанию сортов, а также в лаборатории экологии кафедры дендрологии и охраны природы УСХА. В эксперименте проведено более 60 вариантов опытов, включающих способы подготовки семян, описанные разными авторами. Приводим некоторые варианты опытов.

Для исследования использовали семена клюквы болотной, собранные в сосново-кустарничково-сфагновой, пушицево-кустарничково-сфагновой ассоциациях болотных массивов Маневичского района Волынской области и Дубровницкого Ровенской области. Клюква собрана в фазе полной зрелости 10—15 сентября 1981 г., семена получены после ее переработки на протирочной машине марки КПТ в консервном цехе Маневичского лесхоззага. Использовали также семена, полученные из ягод ручным способом. Все семена и ягоды после сбора до начала проращивания хранили в холодильнике при

температуре $+ (8-10) ^\circ\text{C}$: одну часть — в стеклянной банке с водой, вторую — сухими в матерчатом мешочке. Семена проращивали по 100 шт. в чашках Петри на фильтровальной бумаге в три слоя с постоянным поддержанием ее в насыщенном состоянии дистиллированной водой, в 4-кратной повторности.

Среди изучаемых факторов, регулирующих процесс прорастания, температурный оказался определяющим. Это подтверждается и другими исследованиями [1, 3, 5].

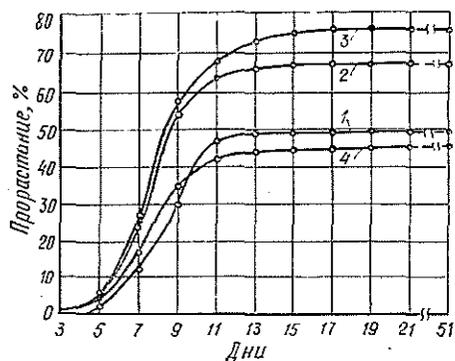


Рис. 1. Влияние температуры на прорастание семян клюквы.

1—23 °C; 2—28 °C; 3—33 °C; 4—38 °C.

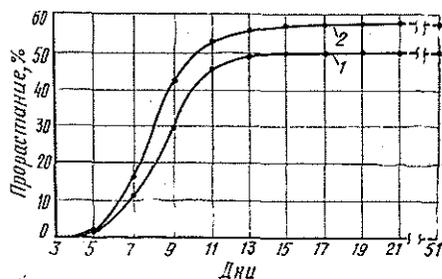


Рис. 2. Прорастание семян клюквы болотной, полученных разными способами.

1 — на протирочной машине; 2 — ручным.

По нашим данным, оптимальна температура $+ (28-33) ^\circ\text{C}$ (рис. 1). В данном случае энергия прорастания наивысшая, семена меньше поражаются грибными заболеваниями, однако при этой температуре очень важно поддерживать субстрат в насыщенном водой состоянии. Первое проращивание семян, хранившихся в воде, проводили с 9 декабря 1981 г. Прорастание семян, полученных на протирочной машине, началось на 3-й день в термостате с температурой $+ (28 \pm 1)$, $+ (33 \pm 1)$ и $+ (38 \pm 1) ^\circ\text{C}$, а с температурой $+ (23 \pm 1) ^\circ\text{C}$ — на 5-й день. Всхожесть семян при температуре прорастания $+38 ^\circ\text{C}$ — $42 \pm 5 \%$, при $+33 ^\circ\text{C}$ — $74,5 \pm 4,5 \%$, при $+28 ^\circ\text{C}$ — $69 \pm 4 \%$ и при $+23 ^\circ\text{C}$ — $50,5 \pm 5 \%$. При температуре выше $+40 ^\circ\text{C}$ прорастания не происходит.

Изучение всхожести семян при температуре $+23 ^\circ\text{C}$, полученных вручную методом вскрытия ягод скальпелем и выборки из них семян, показало более высокую всхожесть по сравнению с полученными на протирочной машине (рис. 2). Через 6 мес хранения семян, начиная с 12 апреля 1982 г., их проращивали в темноте при температуре $+33 ^\circ\text{C}$. Полученные данные сведены в табл. 1. Из данных следует, что лучшими способами подготовки перед проращиванием является намачивание в течение суток водой, полученной из снега при температуре $+20 ^\circ\text{C}$, воздействие отрицательной температуры $-(4-6) ^\circ\text{C}$ и промывка дистиллированной водой при температуре $+40 ^\circ\text{C}$. Причина положительного влияния снежной воды на всхожесть семян пока не выяснена, а само явление, вызывающее этот эффект, в литературе названо «структурной памятью воды». Известно, что снежная вода в первые сутки после таяния отличается вязкостью и диэлектрической проницаемостью. По выдвинутой гипотезе, загадка такой воды таится в тонких изменениях структуры ее молекул [8, с. 45].

Однако в опытах кратковременная промывка семян (до 5 мин) водой температурой $+60 ^\circ\text{C}$ и более горячей приводила к резкой потере жизнеспособности семян, хранившихся в воде. Сухие семена выдержи-

Таблица 1

Способ подготовки семян	Всхожесть семян, %, хранящихся	
	в воде	сухими
Выдерживание в 10 %-ном растворе соды в течение 15 ч	68,5 ± 0,5	39,5 ± 4,5
Выдерживание в теплой воде при температуре +20 °С в течение 24 ч	74,5 ± 4,9	39,1 ± 5,0
Промывка дистиллированной воды при температуре +40 °С в течение 5 мин	81,0 ± 4,0	53,2 ± 4,3
Выдерживание в снежной воде при температуре +20 °С в течение 24 ч	82,5 ± 3,5	42,3 ± 5,0
Выдерживание при температуре —(4—6) °С в течение 3 сут	78,5 ± 4,8	56,0 ± 4,9
Контроль (без подготовки)	68,5 ± 0,5	37,0 ± 4,0

вали температуру +60 °С, не теряя жизнеспособности. Как видно из таблицы, всхожесть семян в первые месяцы хранения в воде значительно выше, чем хранящихся сухими.

Влияние действия света на прорастание семян изучали при температуре в термостате + (33 ± 1) °С, начиная с 12 апреля 1982 г. Семена проращивали по описанной ранее методике. До проращивания ягоды и семена хранили в холодильнике. Для освещения чашек Петри с семенами использовали лампу накаливания мощностью 40 Вт, освещенность на уровне чашек равнялась 800—1100 лк. Чтобы исключить влияние света, чашки в термостате были помещены в емкость из тонкой жести с доступом воздуха. При сравнении контрольных вариантов проращивания семян в темноте (табл. 1) и на свету (табл. 2) при одной и той же температуре заметно влияние света на повышение всхожести семян. Наиболее сильно повысилась всхожесть семян, полученных из свежих ягод и хранящихся сухими, которые проращивали на свету (табл. 2). В меньшей степени свет воздействовал на семена, полученные раньше и хранящиеся в воде.

Таблица 2

Характеристика семян	Всхожесть семян, %, проращиваемых		Разность между средними
	на свету	в темноте	
Полученные из свежих ягод	78 ± 4	58 ± 5	20
Протертые и хранящиеся:			
в воде	77,3 ± 3,7	68,5 ± 0,5	8,8
сухими	73,8 ± 8	37,0 ± 4,0	36,8

Через 25 мес хранения в холодильнике семян клюквы при температуре + (8—10) °С повторно изучали всхожесть. По данным М. Г. Николаевой [9], такая температура приостанавливает процесс нарушения покоя и не вызывает у них реверсии. Проращивание проводили в темноте при температуре 33 ± 1 °С. Всхожесть семян, хранящихся 25 мес в воде, составила 27 ± 3 %, а сухими в пробирке 36 ± 4 %, хотя в первые месяцы хранения наблюдалось обратное: всхожесть семян, хранящихся в воде, была выше (табл. 1). Исследователи, изучавшие зависимость жизнеспособности семян от условий хранения, пришли к выводу, что температура хранения и влажность семян — самые важные факторы, влияющие на их сохранность и способность к проращиванию.

Имеются данные для некоторых видов растений, семена которых не теряют жизнеспособности и прорастают даже через сотни лет. Для семян большинства видов растений оптимальна температура $+4^{\circ}\text{C}$ и влажность воздуха 32 %, а влажность семян при этом должна быть равна 4—6 % [6, с. 377]. Вопросы хранения семян клюквы в указанных условиях требуют исследования. В оптимальных условиях семена можно заготавливать в урожайные годы и хранить длительный срок для нужных целей.

В мае 1982 г. сделан посев исследуемых семян клюквы болотной на пробных площадках размером 2×2 м в Высоцком лесничестве Высоцкого лесхозага. Опытные посевы проводили на двух участках: в сосново-кустарничково-сфагновой ассоциации, пройденной низовым пожаром, и в травяно-кустарничково-сфагновой ассоциации с удаленным моховым очесом. Полевая всхожесть семян составила 39 ± 6 %. Низкая всхожесть отмечена и при посеве семян в 1983 г. на выработанном торфянике (в среднем около 24 ± 6 %). Такую всхожесть в естественных условиях некоторые исследователи [7] объясняют малой полнозернистостью семян. На наш взгляд, причина этого — погодные условия (сухость воздуха в период прорастания и низкая температура поверхности субстрата), а также образование поверхностной корки на выработанном торфянике. Семена лучше прорастают в воде дистиллированной, или снежной, чем в болотной с меньшим содержанием солей и при повышенной температуре $+(28-33)^{\circ}\text{C}$. Температура поверхности почвы весной в период прорастания семян клюквы на болоте значительно ниже этих величин даже в полуденное время, а наличие гуминовых кислот, видимо, также неблагоприятно воздействует на прорастание.

Выводы

1. Оптимальные условия прорастания семян клюквы — температура $+(28-33)^{\circ}\text{C}$ и высокая влажность субстрата.
2. Из испытанных способов подготовки семян перед проращиванием лучшие — выдерживание в снежной воде в течение суток при $+20^{\circ}\text{C}$ и кратковременная промывка дистиллированной водой при температуре $+40^{\circ}\text{C}$.
3. Свет оказывает большое стимулирующее воздействие на прорастание семян, полученных из свежих ягод в начале хранения.
4. Семена, полученные после холодной переработки ягод на противочасных машинах консервных цехов, сохраняют высокую всхожесть и могут применяться для создания культур клюквы посевом.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Бартон Л. Хранение семян и их долговечность.— М.: Колос, 1964.— 240 с.
- [2]. Беляев И. М. Клюквенная обыкновенная (*Oxycoccus palustris* Pers.).— В кн.: Записки Ленингр. плодоовощ. ин-та. Л., 1938, вып. 3, с. 125—181. [3]. Буткус В. Ф. Биологические особенности клюквы обыкновенной и введение ее в культуру. 2. Влияние некоторых факторов среды на прорастание семян.— Тр. АН ЛитССР. Сер. В, 1971, I (54), с. 123—133. [4]. Вильбасте Х. Г., Вильбасте Ю. П., Руус Э. А. Клюквенные ресурсы и возможность увеличения их в Эстонской ССР.— В кн.: Полезные растения Прибалтийских республик и Белоруссии. Вильнюс, 1973, с. 4. [5]. Горбунов А. Б. Особенности прорастания семян клюквы.— Растит. ресурсы, 1971, т. 7, вып. 1, с. 62—67. [6]. Жизнеспособность семян/ Пер. с англ. Н. А. Емельяновой; Под ред. М. К. Фирсовой.— М.: Колос, 1978.— 415 с. [7]. Козирацкий Л. А. Опыты семенного размножения дикорастущих на Житомирском Полесье.— В кн.: Дикорастущие ягодники и перспективы их изучения и введения в культуру. К., 1979, с. 60—62. (Науч. тр./ УСХА, вып. 229). [8]. Новиков Ю. В., Сайфутдинов М. М. Вода и жизнь на земле.— М.: Наука, 1981.— 184 с. [9]. Николаева М. Г. Физиология глубокого покоя семян.— Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1967.— 207 с. [10]. Овчаров К. Е. Физиология формирования и прорастания семян.— М.: Колос, 1976.— 256 с. [11]. Райко П. Н., Арещенко М. Я. К биологии прорастания семян клюквы четырехлепестной.— В кн.: Лесохозяйственная наука и практика. Минск: Урожай, 1972, вып. 22,

с. 54—58. [12]. Сабинин Д. А. Физиология развития растений.—М.: АН СССР, 1963.—195 с. [13]. Тараканов К. Н. Экологические этапы развития и типы приспособления некоторых видов растений.—В кн.: Растения и среда. Т. 2. М.—Л.: АН СССР, 1950, с. 48—75. [14]. Физиология и биохимия покоя и прорастания семян/ Пер. с англ. Н. А. Аскоченской, Н. А. Гумилевской, Э. Е. Хавкина; Под. ред. М. Г. Николаевой.—М.: Колос, 1982.—495 с. [15]. Шабарова С. И. Про варіабільність плодів та можливість насінневого поновлення видів з родини брусничних поширених на Українському Поліссі.—Укр. бот. журн., 1968, т. 25, № 3, с. 55—57. [16]. Шерстеникина А. В., Шарковский Е. К. Физиологические особенности роста и развития клюквы.—Минск: Наука и техника, 1981.—102 с.

Поступила 18 июня 1984 г.

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 629.11.012.851

О ТЕОРИИ ПОДВЕШИВАНИЯ
ЛЕСОВОЗНОГО АВТОМОБИЛЬНОГО РОСПУСКА

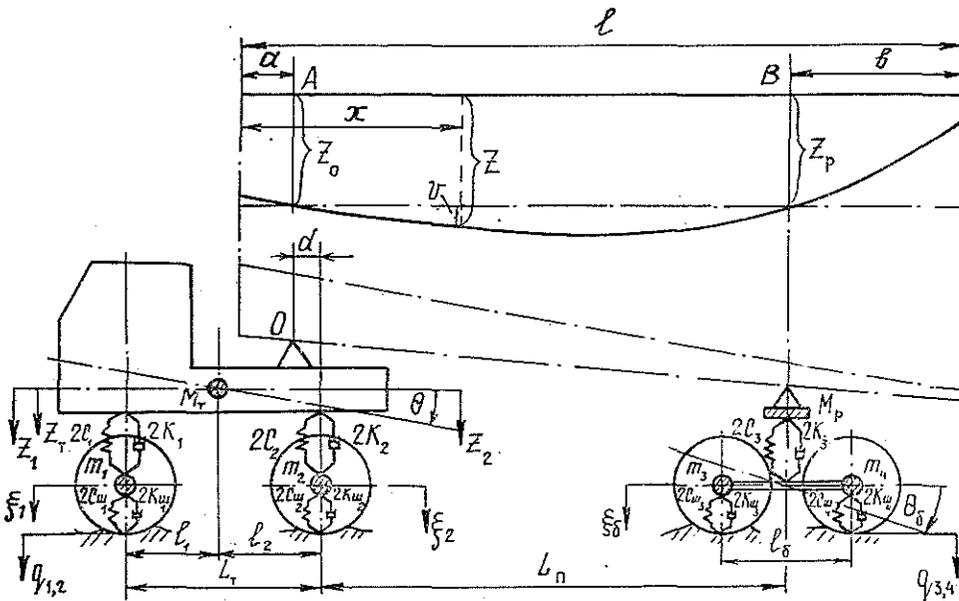
Т. Т. МАЛЮГИН, Г. К. ЛЕНЮК

Украинская сельскохозяйственная академия, УкрНПОбумпром

В ряде работ неоднократно уточняли динамическую модель лесовозного автопоезда, разработанную Б. Г. Гастевым [3]. Эти уточнения касались, в основном, учета неподдресоренных масс и нелинейности характеристик подвески [4, 5]. Ю. Д. Силуков рассмотрел также крутильные колебания трансмиссии тягача [10].

Во всех случаях авторы, следуя Б. Г. Гастеву, массу пакета заменяли тремя дискретными массами. Между тем дискретизация массы пакета, подобно представлению его многоступенчатой балкой кусочно-постоянной жесткости, ведет к снижению точности расчета, не позволяет правильно учесть взаимодействие тягача, пакета и роспуска, ответить на ряд спорных вопросов и построить теорию подвешивания прицепного состава [1].

Имеются попытки приближенного исследования динамики лесовозных автопоездов [8, 12], где автомобильный пакет рассматривается как балка постоянной жесткости с равномерно распределенной массой.



Расчетная колебательная система, эквивалентная лесовозному автопоезду двухосный тягач + двухосный роспуск в продольной вертикальной плоскости.

В данной работе предлагается динамическая модель автопоезда с непрерывно распределенной массой пакета и решаются некоторые вопросы теории подвешивания роспуска.

Многие экспериментальные исследования подвески грузовых автомобилей [13] показывают, что упругие характеристики рессор, шин и подвески в целом близки к линейным, а демпфирование по характеру пропорционально скорости. Важным аргументом в пользу линейности характеристик подвески является то, что только линейная система с постоянными [2] параметрами при стационарном входном воздействии обеспечит стационарность реакции. Последнее уже в достаточной мере проверено [9] методами статистической динамики.

Подвеска роспуска предполагается балансирной.

Расчетная колебательная система, эквивалентная лесовозному автопоезду двухосный тягач + двухосный роспуск, изображена на рисунке, где обозначено:

- M_T, M_P — подрессоренная масса тягача и роспуска;
- m_1, m_2, m_3, m_4 — непрорессоренные массы передней и задней осей тягача и роспуска;
- $2c_1, 2c_2, 2c_3$ — суммарные жесткости передних, задних рессор тягача и рессор роспуска;
- $2c_{ш1}, 2c_{ш2}, 2c_{ш3}, 2c_{ш4}$ — суммарные жесткости шин передней и задней осей тягача и роспуска;
- $2k_1, 2k_2, 2k_3$ — коэффициенты неупругого сопротивления вертикальным перемещениям в передней, задней подвесках тягача и подвеске роспуска;
- $2k_{ш1}, 2k_{ш2}, 2k_{ш3}, 2k_{ш4}$ — коэффициенты неупругого сопротивления шин передней и задней осей тягача и роспуска;
- z_T, z_P — вертикальные смещения центров тяжести подрессоренных частей тягача и роспуска, отсчитываемые от равновесного их положения;
- z_1, z_2, z_0 — вертикальные перемещения подрессоренной части тягача над осями колес и коника;
- Θ — угол поворота подрессоренной части тягача около центральной поперечной оси;
- ξ_1, ξ_2, ξ_0^* — вертикальные перемещения передних и задних колес тягача и оси качания балансирной подвески;
- Θ_0 — угол поворота балансира около оси качания;
- q_1, q_2, q_3, q_4 — текущие значения ординат поверхности дороги — возмущающей функции — в зоне контакта с колесами соответствующих осей автопоезда;
- z — абсолютное отклонение элемента пакета dx с абсциссой x ;
- v — динамический прогиб сечения x пакета;
- a, b, l — свес комлевой, вершинной части пакета и общая его длина;
- d — смещение оси коника вперед относительно оси заднего моста.

* Листовые рессоры подвески представим раздельно двумя элементами: упругой пружиной и жестким балансиром [13].

Остальные обозначения ясны из рисунка и представляют линейные размеры.

Кинетическая энергия пакета определится интегралом

$$T_n = \frac{1}{2} \int_0^l m(x) \dot{z}^2 dx, \quad (1)$$

где $m(x)$ — интенсивность массы пакета;

$$z = \frac{l-b-x}{l-a-b} z_0 + \frac{x-a}{l-a-b} z_p + v; \quad (2)$$

$$z_0 = \frac{d}{L_T} z_1 + \frac{L_T-d}{L_T} z_2. \quad (3)$$

Отношение $\frac{d}{L_T}$ для лесовозных автомобилей равно нулю ($d=0$) или мало отличается от нуля, например, у КраЗ-255Л это отношение меньше 2%. У автомобиля МАЗ-509 оно составляет около 7%, и с этим приходится считаться.

Динамический прогиб v любого сечения x пакета представим в нормальных [11] координатах

$$v = \phi_1 u_1 + \phi_2 u_2 + \phi_3 u_3 + \dots, \quad (4)$$

где ϕ_1, ϕ_2, \dots — нормальные координаты пакета, являющиеся функциями только времени t ;

u_1, u_2, u_3 — соответствующие координатам $\phi_1, \phi_2, \phi_3, \dots$ нормальные функции, являющиеся функциями только координаты x .

Вид этих функций зависит от способа закрепления концов и жесткости пакета. Методика определения нормальных функций автомобильных пакетов разработана [6].

Потенциальная энергия пакета является энергией изгиба и с учетом (4) может быть представлена в виде

$$\Pi_n = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{\infty} \phi_i^2 \int_0^l EI \left(\frac{d^2 u_i}{dx^2} \right)^2 dx. \quad (5)$$

Диссипативная функция пакета с учетом (4)

$$D_n = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{\infty} \dot{\phi}_i^2 \int_0^l 2hm(x) u_i^2 dx, \quad (6)$$

где h — коэффициент затухания колебаний пакета.

С помощью уравнений Лагранжа II рода с учетом выражений (1), (5), (6) и очевидных равенств $c_{ш3} = c_{ш4}$, $k_{ш3} = k_{ш4}$ получим уравнения движения автопоезда со смещенным коником тягача и двухосным роспуском:

$$\left. \begin{aligned} & \left(M_1 + \int_0^l m(x) \frac{(l-b-x)^2}{(l-a-b)^2} \frac{d^2}{L_T^2} dx \right) \ddot{z}_1 + \left(M_3 + \right. \\ & \left. + \int_0^l m(x) \frac{(l-b-x)^2}{(l-a-b)^2} \frac{d(L_T-d)}{L_T^2} dx \right) \ddot{z}_2 + \\ & \left. + \int_0^l m(x) \frac{(l-b-x)(x-a)}{(l-a-b)^2} \frac{d}{L_T} dx \right) \ddot{z}_p + \end{aligned} \right\}$$

$$\begin{aligned}
& + \sum_{i=1}^{\infty} \ddot{\Phi}_i \int_0^l m(x) \frac{l-b-x}{l-a-b} \frac{d}{L_T} u_i dx + 2k_1 \dot{z}_1 - \\
& \quad - 2k_1 \dot{\xi}_1 + 2c_1 z_1 - 2c_1 \xi_1 = 0; \\
& \left(M_2 + \int_0^l m(x) \frac{(l-b-x)^2}{(l-a-b)^2} \frac{(L_T-d)^2}{L_T^2} dx \right) \ddot{z}_2 + \\
& + \left(M_3 + \int_0^l m(x) \frac{(l-b-x)^2}{(l-a-b)^2} \frac{d(L_T-d)}{L_T^2} dx \right) \ddot{z}_1 + \\
& + \int_0^l m(x) \frac{(l-b-x)(x-a)}{(l-a-b)^2} \frac{L_T-d}{L_T} dx \ddot{z}_p + \\
& + \sum_{i=1}^{\infty} \ddot{\Phi}_i \int_0^l m(x) \frac{l-b-x}{l-a-b} \frac{L_T-d}{L_T} u_i dx + 2k_2 \dot{z}_2 - \\
& \quad - 2k_2 \dot{\xi}_2 + 2c_2 z_2 - 2c_2 \xi_2 = 0; \\
& \left(M_p + \int_0^l m(x) \frac{(x-a)^2}{(l-a-b)^2} dx \right) \ddot{z}_p + \\
& + \int_0^l m(x) \frac{(l-b-x)(x-a)}{(l-a-b)^2} \frac{d}{L_T} dx \ddot{z}_1 + \\
& + \int_0^l m(x) \frac{(l-b-x)(x-a)}{(l-a-b)^2} \frac{L_T-d}{L_T} dx \ddot{z}_2 + \\
& + \sum_{i=1}^{\infty} \ddot{\Phi}_i \int_0^l m(x) \frac{x-a}{l-a-b} u_i dx + 2k_3 \dot{z}_p - \\
& \quad - 2k_3 \dot{\xi}_3 + 2c_3 z_p - 2c_3 \xi_3 = 0; \\
& m_1 \ddot{\xi}_1 + (2k_1 + 2k_{m1}) \dot{\xi}_1 - 2k_1 \dot{z}_1 + (2c_1 + 2c_{m1}) \xi_1 - 2c_1 z_1 = \\
& \quad = 2c_{m1} q_1 + 2k_{m1} \dot{q}_1; \\
& m_2 \ddot{\xi}_2 + (2k_2 + 2k_{m2}) \dot{\xi}_2 - 2k_2 \dot{z}_2 + (2c_2 + 2c_{m2}) \xi_2 - \\
& \quad - 2c_2 z_2 = 2c_{m2} q_2 + 2k_{m2} \dot{q}_2; \\
& m_3 \ddot{\xi}_3 + (2k_3 + 2k_{m3} + 2k_{m4}) \dot{\xi}_3 - 2k_3 \dot{z}_p + (2c_3 + 2c_{m3} + 2c_{m4}) \xi_3 - \\
& \quad - 2c_3 z_p = 2c_{m3} q_3 + 2c_{m4} q_4 + 2k_{m3} \dot{q}_3 + 2k_{m4} \dot{q}_4; \\
& m_6 \rho_{y6}^2 \ddot{\Theta}_6 + (2k_{m3} + 2k_{m4}) \frac{l_6^2}{4} \dot{\Theta}_6 + (2c_{m3} + 2c_{m4}) \frac{l_6^2}{4} \Theta_6 = \\
& \quad = 2c_{m4} \frac{l_6}{2} q_4 - 2c_{m3} \frac{l_6}{2} q_3 + 2k_{m4} \frac{l_6}{2} \dot{q}_4 - 2k_{m3} \frac{l_6}{2} \dot{q}_3; \\
& \int_0^l m(x) u_i^2 dx \ddot{\Phi}_i + \int_0^l m(x) \frac{l-b-x}{l-a-b} \frac{d}{L_T} u_i dx \ddot{z}_1 + \\
& + \int_0^l m(x) \frac{l-b-x}{l-a-b} \frac{L_T-d}{L_T} u_i dx \ddot{z}_2 + \int_0^l m(x) \frac{x-a}{l-a-b} u_i dx \ddot{z}_p + \\
& + \int_0^l 2hm(x) u_i^2 dx \dot{\Phi}_i + \int_0^l EI \left(\frac{d^2 u_i}{dx^2} \right)^2 dx \Phi_i = 0, \\
& \quad (i=1, 2, 3, \dots)
\end{aligned} \tag{7}$$

где M_1, M_2, M_3 — приведенные массы:

$$M_1 = M_T \frac{l_2^2 + \rho_y^2}{L_T^2}; \quad M_2 = M_T \frac{l_1^2 + \rho_y^2}{L_T^2}; \quad M_3 = M_T \frac{l_1 l_2 - \rho_y^2}{L_T^2}; \quad (8)$$

ρ_y — радиус инерции поддресоренной части тягача относительно центральной поперечной оси;

m_6, ρ_{y6} — масса и радиус инерции балансирующей тележки относительно оси качания.

Уравнение, соответствующее нормальному i -тому колебанию пакета, в системе (7) имеет вид:

$$\ddot{\Phi}_i + 2h \dot{\Phi}_i + k_i^2 \Phi_i = \frac{\bar{\Phi}_i}{\int_0^l m(x) u_i^2 dx}, \quad (9)$$

где

$$k_i^2 = \frac{\int_0^l EI \left(\frac{d^2 u_i}{dx^2} \right)^2 dx}{\int_0^l m(x) u_i^2 dx},$$

а обобщенная сила $\bar{\Phi}_i$ является следствием кинематического возбуждения пакета в опорах, выражается через ускорения опорных сечений \ddot{z}_2 и \ddot{z}_p при отсутствии смещения коника тягача и через ускорения координат z_1, z_2, z_p при наличии смещения.

Задача определения колебаний пакета при заданном движении опор на основании уравнений (4) и (9) решается точно, соответствующее решение за неимением места не приводим.

Если смещение коника отсутствует, а коэффициент распределения масс

$$\varepsilon_y = \rho_y^2 / l_1 l_2 \quad (10)$$

близок к единице, что имеет место у современных автомобилей [13], то масса M_3 , определяемая по выражению (8), обращается в нуль, и из системы уравнений (7) выделяется независимая система двух уравнений:

$$\left. \begin{aligned} M_1 \ddot{z}_1 + 2k_1 \dot{z}_1 - 2k_1 \dot{\xi}_1 + 2c_1 z_1 - 2c_1 \xi_1 &= 0; \\ m_1 \ddot{\xi}_1 + (2k_1 + 2k_{ш1}) \dot{\xi}_1 - 2k_1 \dot{z}_1 + (2c_1 + 2c_{ш1}) \xi_1 - 2c_1 z_1 &= \\ &= 2c_{ш1} q_1 + 2k_{ш1} \dot{q}_1. \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

Эта система хорошо изучена [7] и означает независимость координат z_1 и z_2 , а также идеальные условия плавности хода по комфорту для водителя. В самом деле, вертикальные перемещения сидения водителя определяются выражением

$$z_B = \frac{l_2 + l_B}{L_T} z_1 + \frac{l_1 - l_B}{L_T} z_2, \quad (12)$$

где z_B — перемещение сидения;

l_B — расстояние сидения от центра тяжести поддресоренной массы автомобиля.

При максимальном вынесении сидения вперед, т. е. выполнении условия $l_1 \approx l_B$, изменения координаты z_2 не скажутся на координате z_B .

Смещение коника с целью распределения массы пакета на обе ведущие оси приведет к зависимости координаты z_1 не только от координаты z_2 , но, как следует из (7), от z_p и изгибных колебаний пакета, существенным образом ухудшая плавность хода. Это проявится особенно существенно на плохих участках дорог, где будут возбуждаться интенсивные колебания пакета.

Влияние пакета на колебания других масс проявляется различно. Прежде всего, пакет, независимо от его колебаний, увеличивает массу M_2 на постоянную величину:

$$\int_0^l m(x) \frac{(l-b-x)^2}{(l-a-b)^2} dx = \frac{I_B}{(l-a-b)^2}, \quad (13)$$

а массу M_1 — на постоянную величину

$$\int_0^l m(x) \frac{(x-a)^2}{(l-a-b)^2} dx = \frac{I_A}{(l-a-b)^2}, \quad (14)$$

где I_B и I_A — моменты инерции пакета относительно поперечных осей, проходящих через правое и левое опорные сечения.

Кроме того, из уравнений (7) следует, что пакет связывает координаты z_2 и z_p и динамическое воздействие друг на друга соответствующих масс пропорционально ускорениям \ddot{z}_2 , \ddot{z}_p и постоянной массе, равной при несмещенном конике:

$$\int_0^l m(x) \frac{(l-b-x)(x-a)}{(l-a-b)^2} dx = \frac{I_{AB}}{(l-a-b)^2}, \quad (15)$$

где I_{AB} — смешанный момент инерции пакета относительно поперечных осей, проходящих через правое и левое опорные сечения.

Это обстоятельство свидетельствует о том, что колебания масс роспуска M_p и автомобиля M_2 неразделимы, и изучение их в отдельности не представляется возможным.

В уравнении системы (7), соответствующем обобщенной координате z_p , выражающей перемещения подрессоренной массы роспуска, отсутствуют величины, характеризующие параметры упругого и неупругого сопротивления изгибу пакета, а имеется лишь набор инерционных членов, содержащих вторые производные координат, типа:

$$\ddot{\Phi}_i \int_0^l m(x) \frac{x-a}{l-a-b} u_i dx = \ddot{\Phi}_i \frac{I_{xA}}{l-a-b}, \quad (16)$$

где I_{xA} — смешанный момент инерции пакета относительно оси x , проходящей через центры тяжести опорных сечений, и поперечной оси, проходящей через левое опорное сечение.

Приходится критически огнестись к бытующему мнению о пакете как о хорошем упругом и гасящем элементе, способном заменить подвеску колесного прицепа. Отсутствие рессорного подвешивания у роспуска ведет к его нагружению в эксплуатационных условиях системой ударных сил, смягчаемых лишь шинами колес. Неверное представление о роли пакета в динамике роспуска создает, в частности, независимость колебаний галоупирования балансирной тележки, что следует из системы (7).

Смешанный момент инерции пакета I_{xA} с ростом порядка нормальной функции быстро убывает, а на вынужденных колебаниях пакета значительно сказывается затухание. Отсюда заключаем, что в практических целях достаточно рассмотреть лишь первые два-три главных колебания пакета, и потому заменим все бесконечные суммы в системе

уравнений движения конечными, состоящими из трех членов, а число уравнений, соответствующих главным колебаниям пакета, также сократим до трех.

Тогда рабочая система дифференциальных уравнений движения автопоезда, с учетом выделения уравнений (11) и уравнения галопирования балансирной тележки, сведется к системе семи уравнений.

Подвергнем рабочую систему преобразованию Лапласа и найдем передаточную функцию от микропрофиля дороги к прогибу рессор роспуска

$$W_{z_p, \xi_0}(p) = \frac{z_p(p) - \xi_0(p)}{q(p)}, \quad (17)$$

где $W_{z_p, \xi_0}(p)$ — передаточная функция от микропрофиля дороги к прогибу рессор роспуска;
 $z_p(p), \xi_0(p)$ — лапласовы изображения перемещений $z_p(t)$ и $\xi_0(t)$;
 $q(p)$ — изображение возмущения $q(t)$, действующего на входе системы.

Переходя к преобразованию Фурье, найдем амплитудную частотную характеристику $W_{z_p, \xi_0}(i\omega)$ и квадрат ее модуля $|W_{z_p, \xi_0}(i\omega)|^2$.

Параметр гасителя колебаний подвески роспуска определится следующим образом. Спектральная плотность дисперсии динамического прогиба рессор роспуска равна

$$S_{z_p, \xi_0}(\omega) = |W_{z_p, \xi_0}(i\omega)|^2 S_q(\omega), \quad (18)$$

где $S_q(\omega)$ — энергетический спектр возбуждения,
а дисперсия динамического прогиба рессор определится интегралом

$$\sigma_{z_p, \xi_0}^2 = 2 \int_0^{\infty} S_{z_p, \xi_0}(\omega) d\omega, \quad (19)$$

где σ_{z_p, ξ_0} — среднее квадратичное отклонение динамического прогиба.

Моделируя основные виды возмущения — энергетические спектры микропрофилей основных типов лесовозных автодорог, определим для различных эксплуатационных скоростей дисперсию динамического прогиба рессор (19) и вероятность пробивания подвески при заданном параметре гасителя с помощью неравенства Гаусса:

$$P \gg \frac{e^{-\frac{k^2}{2}}}{k \sqrt{2\pi}}, \quad (20)$$

где $k = \frac{(z_p - \xi_0)_d}{\sigma_{z_p, \xi_0}}, \quad k \gg 1; \quad (21)$

$(z_p - \xi_0)_d$ — конструктивный (максимальный) динамический прогиб рессор, допускаемый конструкцией;

σ_{z_p, ξ_0} — среднее квадратичное отклонение динамического прогиба при заданном параметре гасителя.

Гаситель должен обеспечить наименьшую вероятность (20).

Удовлетворительными можно считать значения $k \gg 2,5$, в частности, $k = 2,5$ соответствует вероятность 0,7 %.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Бидерман В. Л. Прикладная теория механических колебаний.—М.: Высш. школа, 1972. [2]. Вентцель Е. С. Теория вероятностей.—М.: Наука, 1969. [3]. Гастев Б. Г., Мельников В. И. Основы динамики лесовозного подвижного состава.—М.: Лесн. пром-сть, 1967. [4]. Жуков А. В. К вопросу о совершенствовании методики определения параметров вертикальных колебаний лесовозных автопоездов.—Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1975, № 5. [5]. Исследование вертикальной динамики лесовозного автопоезда МАЗ-509 + ТМЗ-803/ А. В. Жуков, Ю. Ю. Беленький, К. Б. Абрамович, А. И. Петрович.—Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1975, № 2. [6]. Лемюк Г. К.; Меншуткин Я. Г., Савченко Н. С. Нормальные функции и собственные частоты колебаний автомобильных пакетов.—Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1980, № 1. [7]. Ротенберг Р. В. Подвеска автомобиля, колебания и плавность хода.—М.: Машиностроение, 1972. [8]. Семенов В. М., Зельцер Е. А., Фаденков А. А. Выбор жесткости подвесок автопоездов — лесовозов.—Автомоб. пром-сть, 1982, № 4, с. 12—13. [9]. Силаев А. А. Спектральная теория подрессоривания транспортных машин.—М.: Машиностроение, 1972. [10]. Силуков Ю. Д. Исследование особенностей динамических процессов в основных агрегатах лесотранспортных колесных машин: Автореф. дис. ... докт. техн. наук.—М., 1973. [11]. Тимошенко С. П. Прочность и колебания элементов конструкций.—М.: Наука, 1975. [12]. Частоты собственных изгибных колебаний динамической системы пакет хлыстов — автопоезд/ Н. Ф. Бочаров, В. М. Семенов, Е. А. Зельцер, А. А. Фаденков.—Изв. высш. учеб. заведений. Машиностроение, 1981, № 9, с. 91—95. [13]. Яценко Н. Н. Колебания, прочность и форсированные испытания грузовых автомобилей.—М.: Машиностроение, 1972.

Поступила 26 июня 1984 г.

УДК 625.31.001.24

ДОПУСТИМЫЕ НЕРОВНОСТИ ОСИ РЕЛЬСОШПАЛЬНОЙ РЕШЕТКИ НА ЛЕСОВОЗНЫХ УЖД

М. В. ПОПОВ

Архангельский лесотехнический институт

Допустимая по условию нормальной эксплуатации температурно-напряженного железнодорожного пути сжимающая сила может быть определена двумя способами. Первый состоит в том, что сначала находят критическую силу, а затем уменьшают ее на коэффициент запаса. Во втором допустимую силу определяют из условия, что при ее действии поперечные перемещения рельсошпальной решетки не превышают некоторой наперед заданной величины (по условию нормальной эксплуатации температурно-напряженного железнодорожного пути). Для дорог широкой колеи на прямых участках пути рекомендуется принимать $f_d = 0,02$ см [1]. Ограничение поперечных деформаций сравнительно малой величиной предотвращает интенсивное накопление остаточных деформаций балласта, что обеспечивает стабильность пути.

Второй способ более предпочтителен, но применяется пока только в экспериментальных исследованиях. Метод аналитического определения допустимой сжимающей силы из условия ограничения поперечных перемещений рельсошпальной решетки величиной f_d рассмотрен в работе [2]. Расчетное уравнение имеет вид

$$f_0 = \frac{1}{P} \left[(q_0 \eta_1 + c f_d^a \eta_2) \frac{l^2}{4} + \frac{f_d \pi^2 EI}{l^2} - \frac{EI}{P} \eta_3 \right] - f_d, \quad (1)$$

где q_0 , c , a — параметры экспериментальной зависимости сопротивления балласта поперечному сдвигу $q = q_0 + c y^a$, в зависимости от поперечной деформации;

P — температурная сжимающая сила;

l — длина начальной неровности;

EI — жесткость рельсошпальной решетки относительно продольной оси;

ρ — радиус закругления; на прямых участках пути $\rho = \infty$;
 $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ — коэффициенты, определяются по выражениям, приведенным в работе [2].

При решении уравнения (1) для условий лесовозных железных дорог нельзя принимать $f_d = 0,02$ см, поскольку УЖД имеет свои особенности, в частности меньшее сопротивление продольно-поперечному изгибу, чем путь широкой колеи. Уточненное значение f_d определим на основании полученных нами экспериментальных данных о неровностях оси рельсошпальной решетки на действующих лесовозных УЖД.

Для определения соответствия фактического состояния рельсошпальной решетки условию ограничения ее поперечной деформации величиной f_d использовали поля распределений длин l и стрел их прогибов f_0 начальных неровностей на прямых участках узкоколейных железных лесовозных дорог. Методика измерения и определения начальных неровностей приведена в работе [3].

Построим поле распределений в системе координат l и f_0 (рис. 1), где каждая неровность изображена точкой. Для участка пути произвольной длины, имеющего некоторое количество начальных неровностей, на поле распределений получим совокупность точек, характеризующих ровность оси данного участка пути и выражающих некоторую статистическую закономерность распределения l и f_0 .

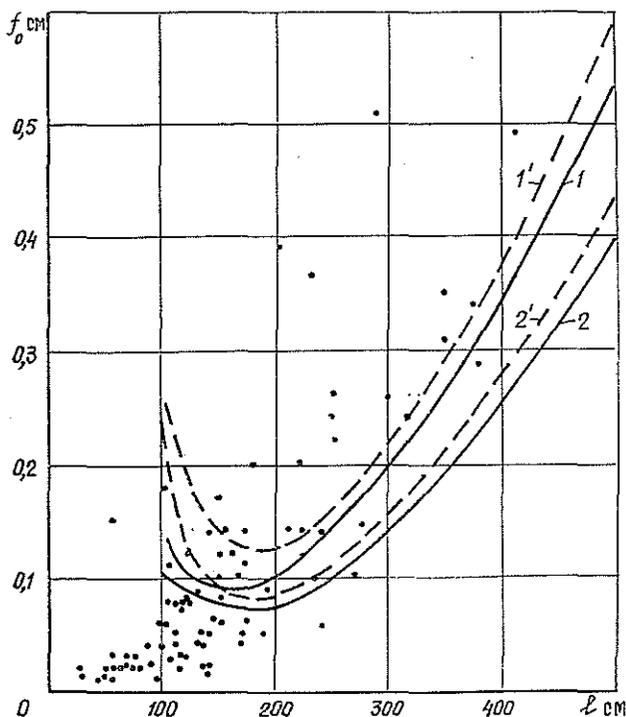


Рис. 1.

При сравнении экспериментальных данных с расчетными на поле распределений изобразим зависимость $f_0(l)$ по уравнению (1) при заданном значении f_d . Для неровностей, параметры которых характеризуются точками, расположенными ниже кривой, поперечные деформации рельсошпальной решетки не превысят f_d при данном значении

сжимающей силы. Если же точка лежит выше кривой $f_0(l)$, то поперечные перемещения больше f_d .

На рис. 1 приведено поле распределений для участков пути Концеворской УЖД, уложенных сварными рельсами длиной 40 м. Аналитические кривые построены при двух значениях температурной сжимающей силы: 480 кН ($\Delta t = 30^\circ\text{C}$, кривые 1 и 1') и 640 кН ($\Delta t = 40^\circ\text{C}$, кривые 2 и 2'). Сплошными линиями показаны кривые при $f_d = 0,02$ см, штриховыми — при $f_d = 0,04$ см. На других обследованных дорогах поля распределений имеют аналогичный вид.

Как видно из рисунка, экспериментальные точки расположены в основном ниже кривых $f_0(l)$. Количество таких неровностей, имеющих допустимые параметры, можно оценить в процентном отношении. Соответствующие данные по четырем дорогам, обследованным в 1979 г., приведены в таблице.

Температурная сила P_t , кН	f_d см	Количество допустимых неровностей, % для УЖД			
		Концеворской	Липаковской	Нюбской	Верховской
480	0,02	66	72	72	42
	0,04	81	84	81	54
640	0,02	55	60	72	33
	0,04	60	68	76	36

Данные таблицы показывают, что с увеличением допустимого прогиба f_d количество допустимых неровностей возрастает, а с повышением сжимающей силы — уменьшается.

На всех обследованных участках имеются неровности, параметры которых не обеспечивают заданного значения прогиба f_d . Особенно много их для $P_t = 640$ кН. Большинство таких неровностей имеют длину от 100 до 300 см и характеризуются значительными стрелами прогибов. Это свидетельствует, что верхнее строение пути не всегда имеет достаточную ровность в плане. При фактическом состоянии верхнего строения пути лесовозных УЖД поперечные деформации оси рельсошпальной решетки больше тех значений f_d , которые рекомендуются на железных дорогах широкой колеи.

Хотя, как отмечено выше, поперечные перемещения могут и превышать f_d , но это не означает, что рельсошпальная решетка на таких участках потеряет устойчивость. На момент выброса перемещения на отдельных неровностях составляют 0,2—0,3 см, что значительно больше f_d . Однако при больших перемещениях рельсошпальной решетки ухудшаются условия движения поездов, что приводит к ограничению скорости, возрастанию расстройств рельсошпальной решетки и, следовательно, затрат на ремонт и содержание верхнего строения пути.

Неровности оси пути в 1979 г. измеряли на участках пути, уложенных сварными рельсами длиной до 40 м. В 1981 г. были определены параметры неровностей оси рельсовой плети длиной 293 м. Поле распределения для этого участка, а также аналитические кривые $f_0(l)$ приведены на рис. 2. Обозначения кривых 1, 1', 2 и 2' — те же, что и на рис. 1.

По сравнению с участками, уложенными рельсами длиной до 40 м, на сварной плети наблюдается большая ровность оси пути. Например, при $P_t = 640$ кН и $f_d = 0,04$ см количество допустимых неровностей составляет 82 % от их общего числа, что значительно больше значений, приведенных в таблице. Однако и здесь имеются неровности, где пере-

мещения рельсошпальной решетки поперек пути f_d превышают (для $P_t = 640$ кН и $P_t = 480$ кН) 0,04 см. Критическая сила для рельсовой плети, определенная по методике [4], составляет 724 кН. Соответствующая ей стрела прогиба начальной неровности равна 0,31 см, т. е. перемещение оси пути больше, чем 0,02 и 0,04 см.

Очевидно, применение температурно-напряженного пути на лесовозных железных дорогах узкой колеи возможно при условии, когда $f_d > 0,04$ см, т. е. норма f_d , принятая для железных дорог широкой колеи, для узкой колеи неприемлема. Путь узкой колеи обладает меньшей жесткостью в поперечном направлении, поэтому его поперечное перемещение существенно больше.

Из сравнения экспериментальных данных с результатами аналитического расчета можно сделать также вывод, что наименее неблагоприятны неровности длиной от 100 до 200 см, которые, как правило, имеют большие стрелы прогиба. При содержании пути особое внимание следует обратить на предотвращение появления таких начальных неровностей оси пути, что должно улучшить температурно-деформационный режим рельсовой решетки.

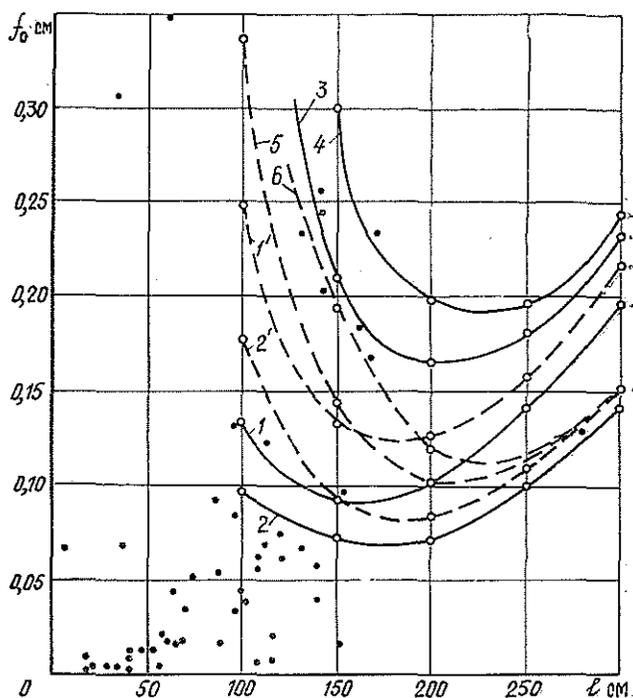


Рис. 2.

Сравнивая данные таблицы, можно отметить, что ровность оси рельсошпальной решетки можно существенно повысить. Это одно из основных направлений по созданию нормальных условий эксплуатации температурно-напряженного пути. Наиболее близко к нормальному состоянию сварной рельсовой плети на Конецгорской УЖД (рис. 2), хотя каких-либо особенных мер по повышению ровности оси пути не принималось. Состояние рельсошпальной решетки в этом случае можно считать нормальным, а данные о неровностях использовать для определения допустимого значения поперечного перемещения пути при изгибе.

На рис. 2 приведены кривые зависимости $f_0(l)$ при $f_d = 0,08$ см и $f_d = 0,12$ см для $P_t = 480$ кН (кривые 3 и 4) и $P_t = 640$ кН (кривые 5 и 6). Сравнение их с экспериментальными данными показывает, что при $P_t = 480$ кН значение f_d можно принять равным 0,08 см, а при $P_t = 640$ кН — 0,12 см.

Следовательно, допустимые поперечные перемещения оси рельсошпальной решетки температурно-напряженного пути при его продольно-поперечном изгибе зависят от действующих в рельсах температурных сжимающих сил. Так как силе $P_t = 640$ кН соответствует приращение температуры после укладки $\Delta t = 40$ °С, то для $f_d = 0,12$ см на 1 °С повышения температуры приходится приращение f_d на 0,003 см. В первом приближении можно принять, что это приращение стабильно, что позволяет просто определять f_d на прямых участках через Δt :

$$f_d = 0,003\Delta t. \quad (2)$$

На рис. 2 изображены аналитические кривые зависимости $f_0(l)$ при нескольких значениях температурной сжимающей силы и определении f_d по уравнению (2).

Из рисунка видно, что экспериментальные точки расположены ниже аналитических кривых, т. е. температурно-деформационный режим этого участка соответствует расчетным условиям.

Таким образом, допустимое значение поперечного смещения оси рельсошпальной решетки зависит как от уровня действующих сил, так и от параметров неровностей оси. При содержании верхнего строения пути лесовозных УЖД в соответствии с техническими условиями и определении f_d по уравнению (2) можно предположить, что температурно-напряженный путь на лесовозных УЖД будет достаточно устойчив и стабилен.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Бромберг Е. М. Бесстыковой путь.— М.: Трансжелдориздат, 1960.— 58 с.
 [2]. Морозов С. И. О допустимых начальных неровностях в плане оси температурно-напряженного пути.— Вестн. ВНИИЖТ, 1982, № 4, с. 44—46. [3]. Морозов С. И., Попов М. В. Начальные неровности рельсошпальной решетки.— Изв. высш. учеб. заведений, Лесн. журн., 1974, № 5, с. 57—61. [4]. Морозов С. И., Попов М. В. Квазилинейная модель температурно-напряженного железнодорожного пути.— Изв. высш. учеб. заведений, Лесн. журн., 1980, № 1, с. 29—34.

Поступила 19 августа 1983 г.

УДК 519.47.001.57

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАБОТЫ ЛЕСНЫХ МАШИН С ПОМОЩЬЮ ОБОБЩЕННЫХ ПОТОКОВ ЭРЛАНГА

Д. Л. ДУДЮК

Львовский лесотехнический институт

Исследование производственных операций лесной, деревообрабатывающей и других отраслей промышленности [1, 4, 6] показывает, что характер перемещения предметов труда в процессе производства, а также продолжительность их обработки на отдельных операциях имеют общие закономерности. Во-первых, потоки предметов труда и процесс их обработки имеют стохастический характер. Во-вторых, дисперсия S_r^2 числа предметов труда, поступающих на обработку и обрабатываемых за единицу времени, в подавляющем большинстве наблюдений не превышает средней величины r этого числа:

$$S_r^2 \leq \bar{r}. \quad (1)$$

В-третьих, дисперсия S_r^2 продолжительности производственных операций и интервалов времени между соседними предметами труда не превышает квадрата средней величины этой продолжительности \bar{t} :

$$S_t^2 \leq \bar{t}^2. \quad (2)$$

Любые реальные потоки с ограниченным последствием с любыми величинами математического ожидания и дисперсии при соблюдении условий (1) и (2) можно описать с помощью модели обобщенного потока Эрланга [5], т. е. потока, у которого промежутки времени T между событиями являются суммой случайных величин T_i , подчиняющихся показательному закону распределения с различными интенсивностями λ_i . Согласно общей формуле, плотность распределения суммы двух независимых случайных величин [2, 3]:

$$f(t) = \int_{-\infty}^{\infty} f_1(t_1) f_2(t-t_1) dt_1 \equiv \int_{-\infty}^{\infty} f_2(t_2) f_1(t-t_2) dt_2, \quad (3)$$

где $f_1(t_1)$, $f_2(t_2)$ — плотность распределения вероятностей слагаемых величин.

Для положительных значений двух элементов времени t_1 и t_2 , распределенных по экспоненциальному закону с параметрами соответственно λ_1 и λ_2 , плотность распределения имеет вид:

$$f_2(t) = \int_0^t \lambda_1 e^{-\lambda_1 t} \lambda_2 e^{-\lambda_2(t-t_1)} dt_1 = \frac{\lambda_1 \lambda_2 (e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t})}{\lambda_2 - \lambda_1}, \quad (4)$$

т. е. получаем обобщенный закон Эрланга второго порядка.

Обобщенный закон Эрланга n -го порядка для плотности распределения промежутков времени [2, 5] имеет вид

$$f_n(t) = \prod_{i=1}^n \lambda_i \sum_{i=1}^n \frac{e^{-\lambda_i t}}{\prod_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n (\lambda_j - \lambda_i)}, \quad t > 0. \quad (5)$$

Числовыми характеристиками для обобщенного закона Эрланга в общем виде являются:

математическое ожидание суммарной продолжительности времени

$$m_t = \sum_{i=1}^n \frac{1}{\lambda_i} = \sum_{i=1}^n \bar{t}_i; \quad (6)$$

дисперсия по закону сложения дисперсий [3]

$$D_t = \sum_{i=1}^n \frac{1}{\lambda_i^2} \approx \sum_{i=1}^n S_{it}^2 \quad (7)$$

и параметр Эрланга

$$K = \frac{m_t^2}{D_t} = \left(\sum_{i=1}^n \frac{1}{\lambda_i} \right)^2 / \sum_{i=1}^n \frac{1}{\lambda_i^2}. \quad (8)$$

Характерной особенностью обобщенных потоков Эрланга служит тот факт, что параметр K может принимать любые действительные значения $K \geq 1$. С такими примерами мы постоянно сталкиваемся при изучении процесса работы лесных машин. Обычные потоки Эрланга име-

ют только целые величины параметра $K = 1, 2, 3 \dots$. В частном случае, когда все n параметров λ_i равны, получаем характеристики распределения Эрланга n -го порядка, для которого параметр Эрланга равен целому числу:

$$f(t) = \frac{K! (K\lambda)^{K-1}}{(K-1)!} e^{-K\lambda t}, \quad (9)$$

где $K\lambda = \lambda_i$, $t \geq 0$.

Таким образом, для описания моделью потоков Эрланга реальных продолжительностей технологических операций и интервалов времени между соседними предметами труда необходимо определить числовые характеристики — среднее число предметов труда \bar{r} или среднюю продолжительность интервала времени между ними \bar{t} , дисперсии этих величин и параметр Эрланга K . Дробные величины параметра K рекомендуется [5] округлять в большую сторону до ближайшего целого значения.

Из сказанного также следует, что при сложении независимых элементов времени T_i , распределенных по экспоненциальному закону, их сумма распределяется по закону Эрланга с соответствующими параметрами. Сложение эрланговски распределенных элементов времени можно представить как сложение соответственно составляющих их экспоненциально распределенных величин. Поэтому сумма независимых продолжительностей элементов времени, распределенных по закону Эрланга, распределяется по этому же закону, но с более высоким значением параметра K .

При сложении постоянной составляющей времени T_0 с переменной T_i , подчиняющейся закону Эрланга (9) с плотностью $f_i(t_i)$, плотность распределения суммы $T = T_0 + T_i$ определяем из выражения:

$$f_{\Sigma}(t) = f_i[\psi(t)] |\psi'(t)|, \quad (10)$$

где $\psi(t) = t - T_0$ — обратная функция [2].

Так как

$$f_{\Sigma}(t) = \frac{(K\lambda)^K (t - T_0)^{K-1}}{(K-1)!} e^{K\lambda(T_0 - t)}, \quad (11)$$

то при $t \geq T_0$ получим то же распределение Эрланга, сдвинутое вправо на величину постоянной составляющей T_0 . Из выражения (10) также следует, что умножение случайной величины, распределенной по закону Эрланга или экспоненциальному, на постоянный множитель не влияет на характер распределения произведения.

Теперь можно сделать обобщающий вывод о том, что линейная функция от нескольких независимых случайных величин T_i , распределенных по закону Эрланга или экспоненциальному:

$$T = \sum_{i=1}^n a_i T_i + T_0 \quad (12)$$

(где a_i , T_0 — постоянные величины) распределяется по закону Эрланга с параметрами

$$\begin{aligned} m_t &= \sum_{i=1}^n a_i m_{ti} + T_0; \\ D_t &= \sum_{i=1}^n a_i^2 D_{ti}. \end{aligned} \quad (13)$$

Следовательно, сложение независимых экспоненциально и эрланговски распределенных элементов времени между собой и с постоянными составляющими дает общую продолжительность временных интервалов, распределенную по закону Эрланга с соответствующими параметрами.

Число предметов труда, поступающих на обработку и обрабатываемых за единицу времени, имеет дискретный характер. Плотность распределения суммы двух независимых дискретных случайных величин

$$R = R_1 + R_2$$

определяется по формуле [3]

$$P(r) = \sum_{r_1=0}^r P_1(r_1) P_2(r-r_1) \equiv \sum_{r_2=0}^r P_2(r_2) P_1(r-r_2), \quad (14)$$

где $P_1(r_1)$, $P_2(r_2)$ — плотность распределения соответственно первой и второй случайных величин.

Для двух независимых величин, распределенных по закону Пуассона с параметрами λ_1 и λ_2 , получим:

$$P(r) = \sum_{r_1=0}^r \frac{\lambda_1^{r_1}}{r_1!} e^{-\lambda_1} = \frac{\lambda_2^{r-r_1}}{(r-r_1)!} e^{-\lambda_2} = \frac{(\lambda_1 + \lambda_2)^r}{r!} e^{-(\lambda_1 + \lambda_2)}, \quad (15)$$

т. е. распределение Пуассона с параметрами $\lambda_1 + \lambda_2$. По индукции этот результат можно распространить на любое число слагаемых.

Распределение числа предметов труда для потоков Эрланга с параметрами K_i , λ_i представляет собой K_i -кратную композицию распределения Пуассона с параметром $\lambda_{\Sigma} = K_i \lambda_i$. Теперь сложение независимых случайных чисел предметов труда, распределенных по закону Эрланга, с параметрами K_i , λ_i , можно представить как сложение независимых случайных величин, распределенных по закону Пуассона с параметром $K_i \lambda_i$. В результате получим K_{Σ} -кратную композицию того же распределения Пуассона, т. е. распределение Эрланга с параметрами:

интенсивность

$$\lambda_{\Sigma} = \sum_i \lambda_i,$$

дисперсия

$$D_{r\Sigma} = \sum_i \frac{\lambda_i}{K_i}, \quad (16)$$

параметр Эрланга

$$K_{\Sigma} = \left(\sum_i \frac{\lambda_{oi}}{K_i} \right)^{-1},$$

где $\lambda_{oi} = \lambda_i / \lambda_{\Sigma}$.

Таким образом, обобщенная модель потока Эрланга позволяет описывать количественно процесс поступления предметов труда и их обработки в любых производственных системах с произвольными параметрами (от чисто случайных до детерминированных). В этом заключается универсальность модели процесса Эрланга и ее практическая значимость.

В качестве примера рассмотрим расчет параметров распределения интервалов выпуска заготовок на лесной машине при заданных параметрах времени цикла и простоя и следующих исходных данных. Продолжительность цикла распределяется по закону Эрланга с параметром $K = 8$. Продолжительность простоя имеет экспоненци-

альное распределение ($K = 1$). Средние величины цикла и простоя соответственно равны 0,6 и 0,4 мин.

В соответствии с выражениями (6) и (13), средняя продолжительность интервала выпуска составляет 1 мин. Из зависимостей (8) и (16) получаем параметр Эрланга для распределения интервалов выпуска

$$K = \left(\sum_i \frac{t_{0i}^2}{K_i} \right)^{-1} = \left[\frac{(0,6/1)^2}{8} + \frac{(0,4/1)^2}{1} \right]^{-1} = 4,88,$$

где t_{0i} — среднее относительное время цикла и простоя.

Следовательно, интервалы выпуска со средней продолжительностью 1 мин распределяются по обобщенному закону Эрланга [5] с параметром $K = 4,88$.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Батин И. В., Дудюк Д. Л. Основы теории и расчета автоматических линий лесопромышленных предприятий.— М.: Лесн. пром-сть, 1975.— 176 с. [2]. Вентцель Е. С., Овчаров Л. А. Теория вероятностей.— М.: Наука, 1973.— 368 с. [3]. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике.— М.: Наука, 1974.— 832 с. [4]. Редькин А. К. Управление операциями на лесных складах.— М.: Лесн. пром-сть, 1979.— 208 с. [5]. Тараканов К. В., Овчаров Л. А., Тырышкин А. Н. Аналитические методы исследования систем.— М.: Сов. радио, 1974.— 240 с. [6]. Турлай И. В., Ковалев Н. Ф. Исследование лесозаготовительных систем с простейшими процессами методом статистического моделирования на ЭВМ.— Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1975, № 6, с. 128—131.

Поступила 16 января 1985 г.

УДК 681.269

СИСТЕМА УЧЕТА ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ НА ЛЕСОВОЗНОМ ТРАНСПОРТЕ

А. И. БАБИН, Ю. И. ДРОН

Уральский лесотехнический институт

Операции, связанные с учетом лесоматериалов, занимают особое место в технологическом процессе лесопромышленных предприятий. Большое внимание уделяется учету хлыстов, деревьев или сортиментов на вывозке леса. Для снижения занятости на этой операции разрабатываются и внедряются различного рода автокубатурники.

В Уральском лесотехническом институте разработано и испытано в условиях Кыштымского ЛПХ устройство для учета лесоматериалов в хлыстах непосредственно на автолесовозном транспорте. Оно позволяет определять полезную нагрузку на автопоезд, которая в дальнейшем переводится в объем.

Существует ряд устройств для определения полезной нагрузки на автотранспорте (крановые, платформенные весы и т. д.). Однако они не нашли широкого применения в лесной промышленности. Они позволяют измерить точно вес лесоматериалов, перевозимых на автопоезде, в стационарных условиях (нижний склад ЛПХ) и не дают возможности контролировать загрузку транспортного средства. Предлагается система, позволяющая определять объем лесоматериалов весовым методом при различных углах наклона осей транспортного средства, а также контролировать равномерность загрузки каждого колеса.

Схема установки элементов системы на автомобиль показана на рис. 1. Чувствительные электрические элементы — тензометрические датчики 2 крепятся на свободные поверхности коренных листов рессор 3 и нижние поверхности балансиров роспуска транспортного средства. Двухкоординатные гироскопические датчики положения 1 устанавливают на оси 6 под рессоры и на балансиры, что позволяет опре-

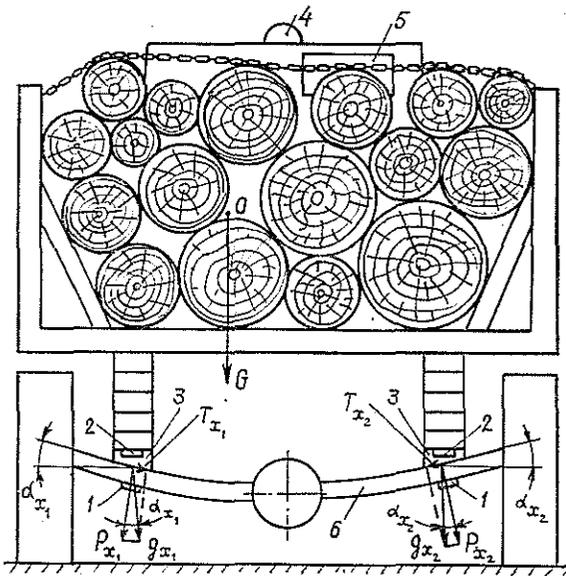


Рис. 1. Схема распределения нагрузки на полуоси автопоезда.

делить углы наклона полуосей в поперечном и продольном направлениях. Регистрирующий прибор 5 и устройство световой сигнализации о предельно допустимой нагрузке на каждое колесо вмонтированы в приборную панель в кабине водителя. Устройство световой сигнализации 4 (для машиниста погрузчика) блока оповещения о полной загрузке автопоезда установлено на крыше кабины.

Блок-схема системы учета изображена на рис. 2. Тензометрические датчики 2 и датчики положения 1 подключены к корректирующему блоку 3. Выходы блока коррекции 3 подсоединены к дешифратору 4, который через усилитель 5 подключен к показывающему прибору 6, отградуированному в единицах веса и объема. К выходам показывающего прибора параллельно подключены световые блоки оповещения 7, 8, 9, 10 о предельной нагрузке на каждое колесо и блок оповещения 11

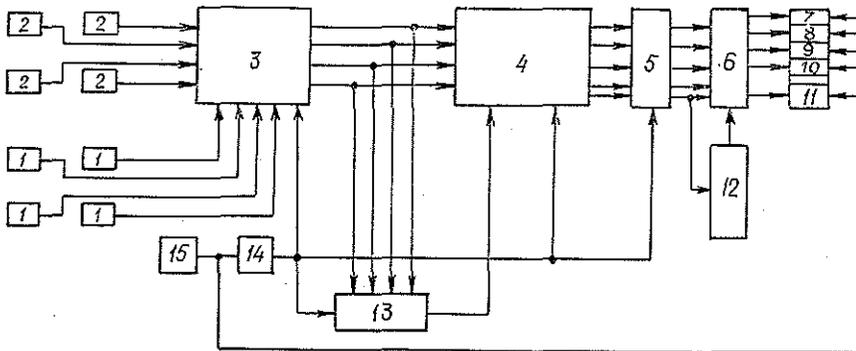


Рис. 2. Блок-схема системы учета лесоматериалов на лесовозном транспорте.

о пределе полной загрузки автопоезда. Блок 13 представляет собой сумматор, который подключен к выходам блока коррекции 3. Выход сумматора 13 связан с дешифратором 4. Блоки 3, 4, 5 получают питание от аккумуляторной батареи 15 через стабилизатор напряжения 14, а блоки 7, 8, 9, 10 и 11 — прямо от аккумуляторной батареи.

Блок 12 представляет собой корректирующее устройство, которое позволяет задать определенный переводной коэффициент для перевода веса пакета лесоматериалов в объем в зависимости от сезона вывозки, породы лесоматериалов и т. п.

При погрузке автопоезда на горизонтальной площадке (рис. 1) система работает следующим образом.

Сила тяжести груза через рессоры 3 передается на ось 6, концы которой при существенном изгибе поворачиваются на некоторые углы α_{x_1} и α_{x_2} . Силы g_{x_1} и g_{x_2} можно разложить на две составляющие: касательные к оси T_{x_1} и T_{x_2} и нормально направленные P_{x_1} и P_{x_2} . Значения углов α_{x_1} и α_{x_2} , которые возникают от действия сил P_{x_1} и P_{x_2} , зависят от положения центра тяжести O груза. Удлинения поверхностей коренных листов в результате их изгиба от действия сил P_{x_1} и P_{x_2} фиксируются в виде электрических сигналов, поступающих с тензорезисторов. Выражения зависимости прогиба f рессоры различного типа от действующей на нее силы P_{x_i} можно получить из таблицы 10 [2]

$$f = f_{\text{ст}} + f_i, \quad (1)$$

где $f_{\text{ст}}$ — прогиб коренного листа при ненагруженном автопоезде, м;
 f_i — прогиб рессоры от действия нагрузки, м.

В формуле (1) переменной величиной является прогиб f_i , зависящий от нагрузки, действующей на рессору. Аналитическая формула, которая выражает зависимость f_i от удлинения поверхности коренного листа рессоры, имеет вид:

$$f_i = \alpha_1 \left(R + \frac{a}{2} \right) \left(\cos \frac{\alpha_1 - \frac{2 \cdot 360 \Delta l}{\pi a}}{2} - 1 \right), \quad (2)$$

где Δl — абсолютное удлинение поверхности коренного листа, на которую наклеены тензодатчики, м;

R — радиус кривизны коренного листа при ненагруженном автопоезде, м;

α_1 — угол загиба коренного листа при ненагруженном автопоезде, град;

a — толщина коренного листа, м.

Аналогично можно разложить силу g_{x_i} , действующую на балансир. Из-за иной геометрической формы, размеров, упругости зависимость между удлинением нижней поверхности балансира и действующей на него силой P_{x_i} выразится формулой другого вида [1]

$$P_{x_i} = 2EF\varepsilon \sqrt{\frac{\varepsilon}{\varepsilon + 1}}, \quad (3)$$

где E — модуль упругости балансирной стали, Н/м²;
 F — площадь поперечного сечения балансира в том месте, где наклеены тензодатчики, м²;
 $\varepsilon = \Delta l/l$ — относительное удлинение нижней поверхности балансира (Δl — абсолютное удлинение нижней поверхности балансира, м; l — длина балансира, м).

Таким образом, информация о силах P_{x_1} и P_{x_2} известна. Значение углов α_{x_1} и α_{x_2} фиксируют датчики положения и преобразуют их в электрические сигналы. Зная силу P_{x_i} и угол α_{x_i} для конкретного i -того конца оси, силу, действующую на этот конец, а следовательно, на соответствующее колесо, можно определить по формуле:

$$g_{x_i} = \frac{P_{x_i}}{\cos \alpha_{x_i}}. \quad (4)$$

Электрические сигналы от тензометрических датчиков поступают на корректирующий блок 3 (рис. 2). Он представляет собой устройство, которое осуществляет поправку сигналов, поступающих с тензометрических датчиков, в зависимости от сигналов, поступающих с датчиков положения, т. е. по существу реализует формулу (4). Затем информация о точном весе в виде электрического сигнала через дешифратор 4 поступает на усилитель 5, а с него — на показывающий прибор 6. Последний регистрирует нагрузку на каждое колесо, а также полную нагрузку на автопоезд в единицах веса и объема. Отсюда сигналы поступают на блоки оповещения 7, 8, 9, 10 о перегрузке каждого колеса. Если нагрузка на какое-либо колесо превысит допустимую, то в кабине водителя срабатывает соответствующий световой сигнал. В блоке 13 суммируются все сигналы, поступающие с блока коррекции 3. Суммарный сигнал подается на дешифратор 4, отсюда — на усилитель 5, а затем — на показывающий прибор, где видна степень загрузки автопоезда. Кроме этого, сигнал показывающего прибора поступает на блок оповещения 11 о степени загрузки автопоезда, который содержит световое устройство 4 (рис. 1) для машиниста погрузчика.

Перевести полезную нагрузку на автопоезд в объем перевозимых лесоматериалов позволяет корректирующий блок 12, в котором задается переводной коэффициент.

При погрузке на неровной поверхности (погрузочная площадка) автопоезд испытывает крены в поперечном и продольном направлениях, что вносит дополнительные погрешности в измерения существующими устройствами. В этом случае электрические сигналы тензометрических датчиков поступают на блок 3. Ранее отмечено, что датчики положения I являются двухкоординатными гироскопическими, т. е. могут измерять продольный β_{x_i} и поперечный α_{x_i} углы наклона осей транспортного средства. Зная эти углы и нормальную составляющую силу P_{x_i} для конкретного i -того конца какой-либо оси, можно определить силу g_{x_i} , действующую на этот конец, т. е. на соответствующее колесо:

$$g_{x_i} = P_{x_i} \sqrt{\operatorname{tg}^2 \alpha_{x_i} + \operatorname{tg}^2 \beta_{x_i} + 1}. \quad (5)$$

Выражение (5) реализуется в корректирующем блоке 3. Видно, что если продольный угол наклона β_{x_i} i -той оси равен нулю, то выражение (5) преобразуется в формулу (4).

Дальнейшая работа системы осуществляется, как описано ранее. Таким образом, использование системы для учета лесоматериалов на автопоезде позволит уменьшить износ и выход из строя деталей (рессор, балансиров, полуосей и т. п.) за счет нормализации загрузки и распределения нагрузки на каждое колесо автопоезда, а также уменьшить затраты времени на определение объема вывезенных лесоматериалов как на нижних складах ЛПХ, так и на погрузочных площадках на лесосеках.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Беляев Н. М. Сопротивление материалов.— 15-е изд., перераб.— М.: Наука, 1976. [2]. Пархиловский И. Г. Автомобильные листовые рессоры: Теория, расчет, испытания.— М.: Машиностроение, 1978.

Поступила 21 января 1985 г.

УДК 621.876

ВЛИЯНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МЕХАНИЗМА ПОДЪЕМА НА ДИНАМИЧЕСКУЮ НАГРУЖЕННОСТЬ ГИДРОМАНИПУЛЯТОРА

А. С. ПИСКУНОВ, П. И. ПОПКОВ

Воронежский лесотехнический институт

Совершенство конструкции манипуляторов во многом зависит от достоверности сведений о нагрузках, преодолеваемых в процессе работы. Типичная схема манипулятора приведена на рис. 1.

Стрела OM вращается вокруг шарнира O . Гидроцилиндр привода шарнира закреплен проушинами в точках A и B . На конце стрелы в точке M расположена перемещаемая масса груза m . Более сложные схемы манипуляторов можно свести к приведенной на рис. 1 простейшей схеме, приложив в точке M силу, действующую на стрелу при наличии рукояти и других элементов.

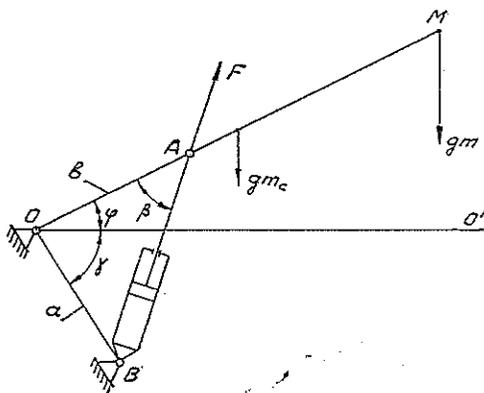


Рис. 1. Схема механизма подъема гидроманипулятора.

Поворот стрелы происходит под действием силы F , создаваемой гидроцилиндром. Поскольку вращение стрелы неравномерно, сила F складывается из статической и динамической составляющих:

$$F = F_{ст} + F_{дин}. \quad (1)$$

Угол поворота стрелы φ отсчитывается от горизонтали OO' . Для начального нижнего положения стрелы $\varphi = \varphi_0$, для верхнего $\varphi = \varphi_{max}$. Текущее расстояние между проушинами гидроцилиндров $AB = S$, минимальная величина его — S_0 . При заданных φ_0 , φ_{max} , S_0 , S_{max} положение шарнира B в плоскости вращения стрелы однозначно определяется расстояниями $OA = b$ и $OB = a$ и характеризуется угловыми координатами φ и γ .

В [2] приведена методика поиска оптимального положения точки A крепления гидроцилиндра к стреле. Задача решена в статическом варианте и сводится к поиску минимума функции

$$F_{ст} = F_{ст}(b).$$

В [1] для учета динамики процесса движения рекомендуется силы и моменты, полученные в статическом расчете, увеличивать введением коэффициента динамичности K_d :

$$F = F_{ст} K_d, \tag{2}$$

откуда с учетом (1) получим

$$K_d = \frac{F_{дин}}{F_{ст}} + 1. \tag{3}$$

По экспериментальным данным [1], значение K_d зависит от массы груза и направления вращения стрелы. Для хлыстов объемом 0,3—1,5 м³ при подъеме $K_d = 1,15—1,5$, при опускании $K_d = 2,0—2,9$ (меньший K_d соответствует большему весу груза). Конкретизация значений K_d при проектировании манипулятора позволила бы избежать ненужного утяжеления конструкции.

Ниже излагается решение задачи об определении потребного усилия F на штоке гидроцилиндра с учетом динамических составляющих. Решение составлено для случая движения с постоянной скоростью штока V , т. е. при подаче в гидроцилиндр постоянного расхода и без учета сжимаемости жидкости и податливости магистралей [3].

Дополнительно обозначим $OM = l$, угол $OAB = \beta$, момент инерции стрелы — I_c , вес стрелы — gm_c (сила gm_c приложена на половине длины стрелы).

Уравнение вращения стрелы имеет вид

$$(I_c + ml^2) \ddot{\varphi} + lg(m + 0,5m_c) \cos \varphi = Fb \sin \beta. \tag{4}$$

Текущее значение длины гидроцилиндра

$$S = S_0 + Vt \tag{5}$$

(отсчет времени t ведется от начала движения штока).

Связь углов β и φ устанавливается по теореме синусов из треугольника OAB

$$\frac{a}{\sin \beta} = \frac{S_0 + Vt}{\sin (\gamma + \varphi)}. \tag{6}$$

Для отыскания зависимости $F = F(t)$ рассмотрим предварительно деформацию треугольника OAB при повороте стрелы на малый угол $d\varphi$ (рис. 2), когда точка A переместится в положение A' .

Точку A поворотом отрезка BA вокруг точки B можно перенести в положение A'' на линии $A'B$, тогда

$$AA'' = A'B - A''B = dS = Vdt,$$

дуга

$$AA' = OAd\varphi = bd\varphi.$$

С точностью до малых величин второго порядка криволинейный треугольник $AA'A''$

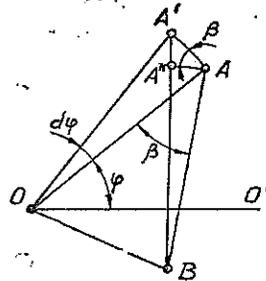


Рис. 2. К определению кинематических параметров механизма подъема.

можно заменить линейным прямоугольным треугольником, в котором углы $A'A''$ и OAB равны β . Тогда

$$A'A'' = AA' \sin \beta \text{ или } dS = bd\varphi \sin \beta, \quad (7)$$

С учетом (6) из (7) получим выражение для угловой скорости

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt} = \frac{(S_0 + Vt)V}{ab \sin(\gamma + \varphi)}. \quad (8)$$

Интегрируя (8), получим уравнение для определения угла φ :

$$\cos(\gamma + \varphi) = \cos(\gamma + \varphi_0) - \frac{Vt}{ab} \left(S_0 + \frac{Vt}{2} \right), \quad (9)$$

дифференцируя (8) — выражение для углового ускорения:

$$\varepsilon = \frac{d^2\varphi}{dt^2} = \frac{V^2 - (S_0 + Vt)Vab \cos(\gamma + \varphi)\omega}{a^2b^2 \sin^2(\gamma + \varphi)}. \quad (10)$$

Подстановка (6), (8), (9), (10) в (4) дает весьма громоздкое уравнение.

Для практических проектировочных расчетов удобнее применить численное решение. Для этого в диапазоне заданных значений φ_0 , φ_{max} , S_0 , S_{max} , соответствующих промежутку времени от $t_0 = 0$ до $t_{max} = \frac{S_{max} - S_0}{V}$, следует задаться рядом значений t с определенным шагом.

Для каждого момента времени по формуле (9) определяют угол поворота стрелы φ , по (8) — угловую скорость стрелы ω , по (10) — угловое ускорение ε .

Полученные данные используют для определения из (4) значения F в данный момент времени.

Максимальное усилие F_{max} в процессе движения стрелы учитывается при выборе рабочего давления в гидросистеме и определении размеров гидроцилиндра.

Если в уравнении (4) положить $\frac{d^2\varphi}{dt^2} = 0$, то получим зависимость статического усилия $F_{ст}$ по времени. Очевидно, что расчетная величина динамического коэффициента:

$$K_d = \frac{F_{max}}{F_{стmax}}. \quad (11)$$

Предлагаемая методика расчета апробирована при оптимизации схемы манипулятора погрузчика-штабелера КЛ-4 со следующими характеристиками: $m = 1500$ кг, $m_c = 400$ кг, $I_c = 4000$ кг·м², $l = 6,2$ м, $\varphi_0 = -13^\circ$, $\varphi_{max} = 65^\circ$, $S_0 = 0,88$ м, $S_{max} = 1,38$ м, $V = 0,1$ м/с. Время движения от S_0 до S_{max} равно 5 с. Рассмотрены варианты, когда $b = 0,4; 0,45; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9$ м. Координаты шарнира B для этих случаев: $\gamma = 49, 74, 81, 90, 89,5, 83,5^\circ$, $a = 1,17; 1,01; 0,94; 0,82; 0,71; 0,615; 0,53$ м соответственно.

Для примера в табл. 1 приведены результаты расчета варианта при $b = 0,5$ м. Полученные данные позволяют судить об изменении кинематических и силовых параметров манипулятора в процессе подъема стрелы. Величина K_d в этом варианте равна 1,53.

Следует обратить внимание на еще один интересный результат расчета — максимальное значение угловой скорости ω_{max} . При средней угловой скорости подъема стрелы во всех вариантах $\omega_{ср} = 0,272$ с⁻¹ максимум ω_{max} почти вдвое больше. При торможении стрелы с грузом в момент ω_{max} кинетическая энергия движущихся масс

Таблица 1

Параметры	Значения параметров при t с					
	0	1	2	3	4	5
φ град	-13	-1,2	11,4	25,5	42,1	65
ω с ⁻¹	0,203	0,212	0,23	0,262	0,311	0,526
ϵ с ⁻²	0,00696	0,0137	0,0237	0,0425	0,0845	0,4916
$F_{ст}$ кН	204	219	233	244	248	230
$F_{дин}$ кН	0,81	1,67	3,14	6,41	15,15	149
F кН	205	221	236	250	263	379

$$\mathcal{E}_{кmax} = (I_c + ml^2) \frac{\omega_{max}^2}{2} \quad (12)$$

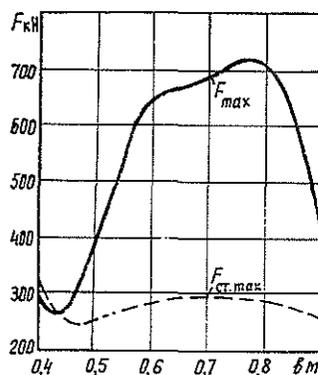
будет израсходована на сжатие жидкости в гидросистеме и может привести к опасному забросу давления. Поэтому величину $\mathcal{E}_{кmax}$ следует учитывать при оценке варианта манипулятора.

В табл. 2 приведены сравнительные данные по всем вариантам.

Таблица 2

Параметры	Значения параметров при b м						
	0,4	0,45	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
$F_{стmax}$ кН	321	249	248	279	287	284	254
F_{max} кН	302	283	379	645	682	708	412
K_d	0,94	1,14	1,53	2,31	2,38	2,49	1,62
$\mathcal{E}_{кmax}$ кДж	2,94	6,56	7,96	12,9	13,2	13,5	8,08

Рис. 3. Зависимости усилий в гидроцилиндре от кинематических параметров.



Зависимости $F_{стmax}(b)$ и $F_{max}(b)$ показаны на рис. 3. Каждая из кривых имеет минимум: $F_{стmax}$ при $b = 0,47-0,48$ м, F_{max} при $b = 0,42-0,43$ м.

Полученные результаты дают, по крайней мере, два дополнительных аргумента в пользу рекомендаций (1) о необходимости оптимизации положения точки крепления гидроцилиндра к стреле. Во-первых, отход от оптимума чреват не только ростом статических нагрузок на 15—30 %, но и более значительными — до 150 % — добавками за счет динамических составляющих. Во-вторых, отход от оптимума сопряжен с увеличением примерно вдвое максимума кинетической энергии по-

движных частей, т. е. угрожает вдвое большим забросом давления в системе гидропривода при торможении.

Принятые при решении допущения (нулевые сжимаемость жидкости и податливость магистралей, постоянная скорость движения штока) представляются достаточно корректными на всех режимах, за исключением начала движения стрелы, когда давление в гидроцилиндре существенно нарастает.

Достоверность предлагаемой методики расчета подтверждается тем фактом, что на серийных машинах с несомненно оптимальным расположением гидроцилиндра получены [1] экспериментальные величины K_d , практически совпадающие с расчетными K_d , для зоны оптимума в исследованном примере.

Изложенные соображения позволяют рекомендовать данную методику расчета для определения и оптимизации нагрузки на гидроцилиндр манипулятора при любых комбинациях конструктивных параметров (b , l , φ_0 , φ_{max} , S_0 , S_{max} , m , I_c и др.). Изменение давления в системе гидропривода во времени можно исследовать, составив уточненное решение с привлечением материалов [3].

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Проектирование и расчет специальных лесных машин / М. И. Зайчик, С. Ф. Орлов, А. М. Гольдберг и др. — М.: Лесн. пром-сть, 1976. [2]. Нартов П. С., Попиков П. И. Гидропривод лесохозяйственных машин. — Воронеж: ВГУ, 1978. [3]. Попиков П. И., Пискунов А. С., Буховец Е. Г. Определение величины упругой податливости магистралей гидропривода лесных машин в динамическом режиме. — В кн.: Машины и орудия для механизации лесозаготовок и лесного хозяйства. Л.: ЛТА, 1981, с. 101—105. (Межвуз. сб. науч. тр.; Вып. 10).

Поступила 15 октября 1984 г.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 65.011.56 : 674.817-41

ЦЕЛЕВАЯ ФУНКЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ
И ЕЕ ДЕКОМПОЗИЦИЯ В ИНТЕГРИРОВАННОЙ АСУ
ПРОИЗВОДСТВОМ ДРЕВЕСНЫХ ПЛИТ

Л. В. ЛЕОНОВ, Р. П. РЯЙККЕНЕН

Московский лесотехнический институт

Интенсификация режимов в производстве древесных плит, повышение требований к качеству выполнения технологических операций, растущая роль обслуживающих подсистем, резкое увеличение объемов информации с акцентом на содержательную ее часть, а также повышенные роли экономических критериев при оценке эффективности работы предприятия — все это усложняет разработку и реализацию оптимальных управляющих систем, требует применения более совершенных методов управления.

Уровень развития теории и техники управления создает предпосылки для реализации качественно новых управляющих систем — интегрированных автоматизированных систем управления (ИАСУ). Они объединяют в единый комплекс задачи оперативного управления и некоторые задачи оперативного планирования, обеспечивающие нормальный ход основного производства. Из-за функциональной и структурной сложности ИАСУ для оценки эффективности функционирования автоматизированного технологического комплекса требуется ввести несколько показателей: управляемости U , информативности I и надежности R .

Использование в контурах управления человеческого звена операторов обуславливает необходимость введения еще одного показателя эффективности — психологическую загрузку оператора P_0 . Этот показатель используют и для оценки оптимальности всей системы в целом

$$P_0 = \min_{U, I, R \rightarrow \text{extr}} \quad (1)$$

Показатель эффективности (1) используется при синтезе подсистем ИАСУ, относящихся к классу эргатических систем, и способствует распределению и согласованию функций управления между человеческим звеном и технической частью системы с учетом психологических возможностей оператора.

Недостаточность рекомендаций по составу и содержанию математических моделей, ограниченный объем памяти мини- и микро-ЭВМ, используемых в контурах управления ИАСУ, предопределяют следующую направленность исследований: на основе функционального и структурного анализа производства разработать методы имитационного моделирования технологических процессов с выходом на алгоритмические модули, способствующие оптимизации автоматизированного технологического комплекса (АТК).

В этой связи к функции цели — критерию оптимальности ИАСУ — разумно предъявить требования универсальности, простоты составления и оптимизации соответствующей математической модели с использованием на отдельных участках производства локальных (частных) критериев оптимальности. Реализация локальных критериев не проти-

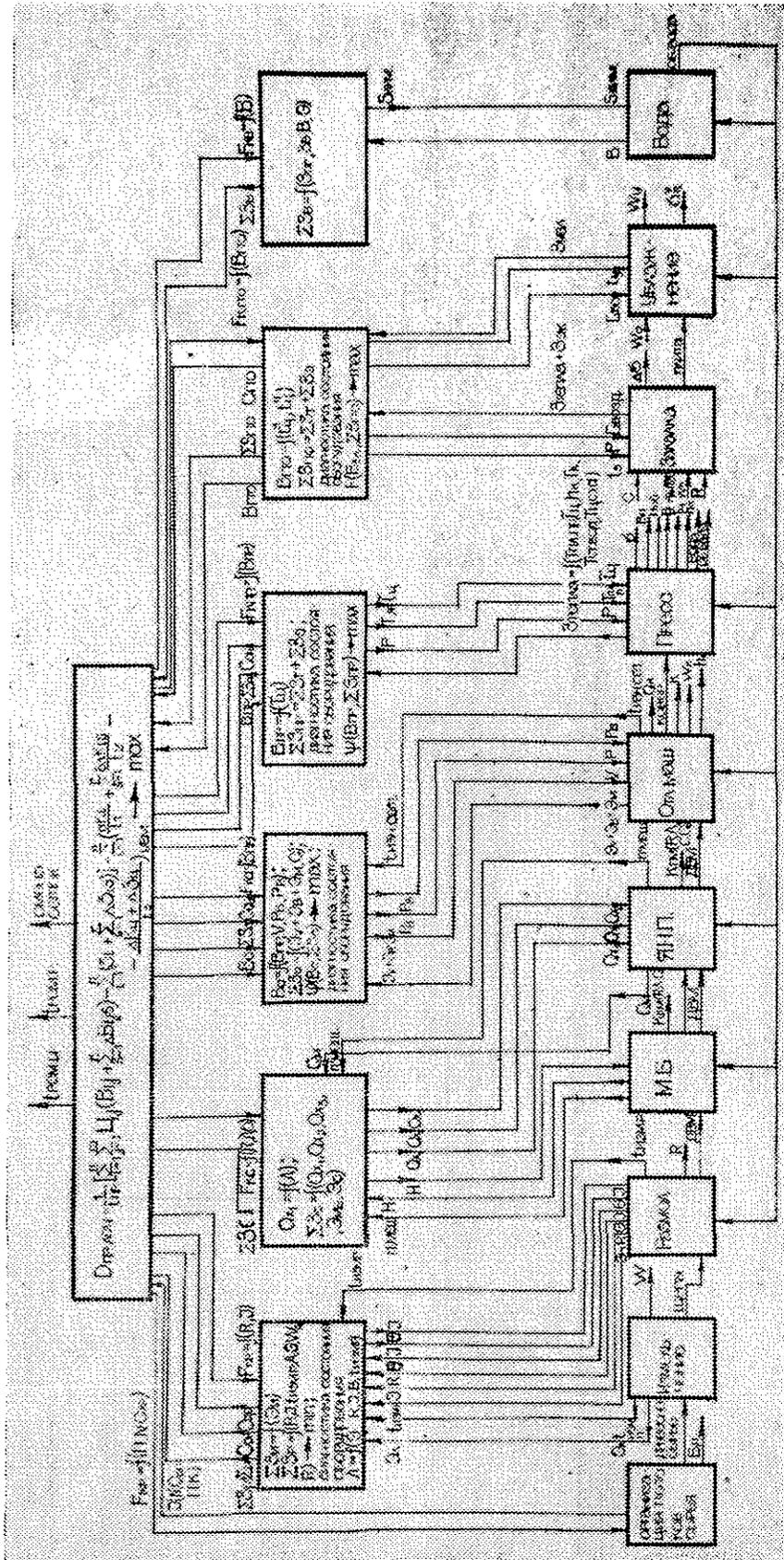
воречит достижению цели, а лишь изменяет определенную группу составляющих общей целевой функции. Критерий, допускающий определенную гибкость при реализации частных управленческих задач,— максимальный приведенный доход предприятия:

$$D_{\text{пр. АСУ}} = \frac{1}{t_{\text{пр}}} \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \Pi_j (B_{ij} + \sum_{s=1}^r \Delta B_{ijs}) - \sum_{i=1}^n \left(\mathcal{Z}_i + \sum_{s=1}^r \Delta \mathcal{Z}_{is} \right) \right] - \sum_{i=1}^n \left(\frac{aK_i}{t_1} + \sum_{s=1}^r \frac{b\Delta K_{is}}{t_2} \right) - \left(\frac{\Delta K_{\text{н}} + \Delta \mathcal{Z}_{\text{н}}}{t_3} \right)_{\text{УВМ}} \rightarrow \max. \quad (2)$$

Целевая функция (2) сопоставляет прибыль $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \Pi_j (B_{ij} + \sum_{s=1}^r \Delta B_{ijs}) - \sum_{i=1}^n (\mathcal{Z}_i + \sum_{s=1}^r \Delta \mathcal{Z}_{is})$, полученную от внедрения s -алгоритмических модулей, с эксплуатационными $\sum_{i=1}^n (\mathcal{Z}_i + \sum_{s=1}^r \Delta \mathcal{Z}_{is})$ и капитальными $\sum_{i=1}^n \left(\frac{aK_i}{t_1} + \sum_{s=1}^r \frac{b\Delta K_{is}}{t_2} \right)$ затратами, необходимыми для реализации этих модулей, а также затратами $\left(\frac{\Delta K_{\text{н}} + \Delta \mathcal{Z}_{\text{н}}}{t_3} \right)_{\text{УВМ}}$ на функционирование

УВМ верхнего уровня при решении организационных и обеспечивающих задач. В формуле (2) обозначено:

- i — количество производственных потоков по изготовлению плит;
- j — количество выпускаемых сортов плит, определяемое номенклатурой изделий;
- s — количество типовых технических решений (алгоритмических модулей, реализуемых в проектируемой управляющей системе);
- Π_j — цена единицы продукции j -того сорта;
- B_{ij} — объем продукции j -того сорта, выпускаемой с i -того производственного потока без элементов контроля и управления;
- ΔB_{ijs} — ожидаемое приращение объема продукции, выраженное через прирост «средней» по сорту продукции от внедрения s -того алгоритмического модуля (величина, учитывающая эффекты от повышения качества, т. е. перевода продукции из низших сортов в высшие, и уменьшение брака);
- \mathcal{Z}_i — затраты на сырье и эксплуатационные затраты по производству продукции на i -том потоке без элементов контроля и управления;
- $\Delta \mathcal{Z}_{is}$ — увеличение эксплуатационных затрат от встраивания в i -тый поток элементов контроля и оперативного управления;
- K_i — капиталовложения на технологическое оборудование i -того производственного потока;
- ΔK_{is} — увеличение капиталовложений от встраивания в i -тый поток элементов контроля и управления в связи с реализацией s -того алгоритмического модуля;
- a, b — нормативные коэффициенты эффективности капиталовложений соответственно для технологического оборудования и элементов оперативного управления и контроля;



Трёхуровневая иерархическая система управления производством ДВП.

t_1, t_2 — периоды работы соответственно технологического оборудования и элементов оперативного управления в рассматриваемом интервале времени $t_{пр}$;

$t_{пр}$ — рассматриваемый (чаще всего плановый) период.

Разумная декомпозиция соотношения (2) с выходом на частные критерии оптимизации способствует стабилизации групп переменных, что значительно упрощает структуру систем управления и уменьшает величину затрат на проектирование, создание и внедрение подсистем ИАСУ в производстве древесноволокнистых плит (ДВП).

В результате декомпозиции целевой функции должны быть выделены задачи каждого уровня иерархически организованной многоуровневой ИАСУ. Уровни системы связываются между собой соответствующим образом организованными потоками информации. Требуется найти задачи, которые могли бы быть поставлены перед выше- и нижестоящими решающими элементами так, чтобы выполнялись следующие принципы совместности:

1) только нижний уровень системы находится в непосредственном контакте с управляемым процессом; общую задачу оптимизации можно достичь только через действия нижестоящих подсистем;

2) задачи управления, решаемые на нижнем уровне, должны координироваться относительно общей задачи оптимизации, т. е. должно быть такое воздействие вышестоящего уровня на нижестоящий, которое заставляет все подсистемы нижестоящего уровня действовать согласованно, содействуя достижению цели вышестоящего уровня.

Необходимость координации вызвана тем обстоятельством, что в реальном технологическом процессе все его подпроцессы заключаются во взаимодействии и каждый из решающих элементов подсистемы локального управления не обладает информацией о состоянии и решениях, принятых решающими элементами других подсистем.

Координация нижестоящих уровней вышестоящим производится с помощью координирующих сигналов одним из двух возможных способов:

1) путем изменения целей нижестоящих уровней;

2) путем изменения ограничений.

Рассмотрим возможность и проблемы декомпозиции целевой функции — приведенного дохода — на примере трехуровневой иерархической системы управления производством ДВП (см. рис.).

Оптимизация всего технологического процесса с целью достижения максимума обобщенной целевой функции производится на верхнем уровне ИАСУ. Непосредственно в память этого уровня вводится информация о ценах и нормативах. Для расчета значений обобщенной целевой функции и поиска ее оптимума используется информация о суммарных затратах ΣZ на сырье, электроэнергию, пар, воду, химикаты на разных этапах производства плит, о производительности B и состоянии оборудования каждого процесса.

Эта информация содержится в моделях второго уровня — оптимизации по локальным целям. Такими целями могут быть: минимум затрат на получение промежуточного продукта, например на прессование плит $\Sigma Z_{пр}$, или максимум производительности оборудования соответствующего процесса, например прессования $B_{пр}$. На этом уровне производятся и расчеты по моделям необходимых для оптимального управления технологических и экономических показателей, не измеряемых непосредственно: оперативное определение компонентного состава древесного сырья (процент лиственных пород L , %), диагностика состояния оборудования и т. п.

Информацию о состоянии оборудования используют на всех уровнях ИАСУ: для планирования оргтехмероприятий (ремонта оборудова-

ния и смены дисков, сеток) и адаптации и коррекции моделей всех уровней системы в соответствии с реальным состоянием технологического процесса.

Координирующие сигналы $F_{кр}$, $F_{кс}$, $F_{ка}$, $F_{кпр}$, $F_{кв}$, $F_{кгто}$ передают на уровень локальной оптимизации информацию, необходимую для постановки задач локальной оптимизации и (или) наложения ограничений.

Координирующие сигналы верхнего уровня содержат информацию об ограничениях, которые требуется наложить на параметры режима и качественные показатели полуфабрикатов при локальной оптимизации соответствующего процесса с точки зрения оптимизации по обобщенной целевой функции.

На нижнем уровне производится стабилизация параметров режима и управление качественными показателями продукта — древесноволокнистых плит. На этот уровень с уровня оптимизации по локальным целям поступают координирующие сигналы-задания требуемых значений и допусков на стабилизируемые параметры и управляемые качественные показатели. Например, как показано на рисунке, участок размола получает координирующие сигналы в виде заданий оптимальных температуры пропарки щепы Θ и частоты вращения подающего шнека I , определяющего производительность процесса. В алгоритмах этого уровня участвует информация о текущих значениях технологических параметров, собираемая системой генерации данных (сбора и предварительной обработки данных).

Часть этой информации используется уровнем оптимизации по локальным целям. Для участка размола к таким показателям относятся текущие значения суммарной нагрузки на электродвигатели размольных агрегатов (дефибратора и рафинатора) \mathcal{E} , температуры пропарки щепы Θ и частоты вращения подающего шнека I . Каждый участок нижнего уровня ИАСУ, как показано на рисунке, постоянно обменивается информацией соответствующего процесса с уровнем оптимизации по локальным целям.

Алгоритмы уровня управления технологическими параметрами реализуются всегда в реальном масштабе времени (в темпе технологического процесса). Они обычно не занимают большого объема памяти управляющей вычислительной машины (УВМ), но требуют значительного быстродействия всех звеньев от процессора до устройства связи с объектом (УСО) и могут быть реализованы на микро-ЭВМ типа «Электроника-60».

Алгоритмы двух уровней оптимизации в зависимости от структуры и функций конкретной системы можно реализовывать как в темпе процесса, так и с большей периодичностью. Их параметры не склонны к частым изменениям. Однако решение задач оптимизации обычно требует значительного объема памяти УВМ, что характерно для машин типа СМ-4.

Поступила 9 января 1985 г.

УДК 674.06.001.2

ОПТИМИЗАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ СИСТЕМ

Е. Н. РЫКОВ, А. П. ГУСЕВ

Луцкий филиал Львовского политехнического института

При оптимизации технологической системы и механизированного технологического процесса обработки деталей принимаем следующие допущения:

- 1) имеется группа станков $CT_1, CT_2, \dots, CT_6, \dots, CT_k$; между каждой парой станков располагаются накопители $H_2, H_3, \dots, H_6, \dots, H_k$;
- 2) начало обработки — станок CT_1 , окончание обработки — CT_k ;
- 3) технологический процесс обработки каждой детали состоит из k операций;
- 4) после обработки на первом станке заготовка с помощью разгрузочного устройства попадает в накопитель или в следующий станок для дальнейшей обработки;
- 5) после обработки заготовки на станке CT_k деталь передается на склад готовой продукции;
- 6) осуществляется принцип «блокировки»: если ко времени окончания обработки заготовки на предыдущем станке последующий станок свободен, то осуществляется ее загрузка в этот станок; если последующий станок занят, то заготовка поступает в накопитель; если заняты и последующий станок, и накопитель, то заготовка остается в предыдущем станке до тех пор, пока не освободится место в накопителе;
- 7) детали обрабатываются партиями; типы деталей и число их в партии определены производственной программой;
- 8) все станки работают без отказов оборудования системы (линии).

Для формализации процесса обработки заготовок приняты следующие обозначения:

- T — число типоразмеров обрабатываемых деталей;
- K — число станков системы (линии);
- N_b — вместимость накопителя b ($b = 1, 2, \dots, k$);
- D_i — число деталей определенного типоразмера i ($i = 1, 2, \dots, T$), подлежащего обработке;
- n_1, n_2, \dots, n_T — отношение числа деталей номенклатуры T ;
- $n = \sum_{i=1}^T n_i$ — число деталей в партии;
- $\gamma = \frac{D_i}{n_i}$ — число партий;
- t_i^b — время обработки i -той заготовки на станке b ($i = 1, 2, \dots, n$; $b = 1, 2, \dots, k$);
- $O_{j,i}^b$ — время завершения обработки i -той заготовки j -той партии на станке b ($i = 1, 2, \dots, n$; $b = 1, 2, \dots, k$; $j = 1, 2, \dots, l$);
- $B_{j,i}^b$ — начальное время обработки i -той заготовки j -той партии на станке b ($i = 1, 2, \dots, n$; $b = 1, 2, \dots, k$; $j = 1, 2, \dots, l$).

Время $B_{j,i}^b$ равно времени завершения обработки i -той заготовки j -той партии на предыдущем станке

$$B_{j,i}^6 = O_{j,i}^{6-1}. \quad (1)$$

Графическое выражение этой зависимости приведено на рис. 1, А. Время начала обработки i -той заготовки равно времени завершения обработки $(i-1)$ -й заготовки j -партии (рис. 1, Б)

$$B_{j,i}^6 = O_{j,i-1}^6. \quad (2)$$

Время начала обработки i -гой заготовки равно времени ожидания в состоянии «блокировки» $(i-1)$ -й заготовки j -той партии на станке Б (рис. 1, В и 1, Г)

$$B_{j,i}^6 = \max \left\{ O_{j,i-2}^{6+1} - N_{6+1}, O_{j,i-3}^{6+2} + N_{6+2} - N_{6+3}, \dots, O_{j,i-(a-6+1)}^k - \sum_{j=6+1}^k N_j \right\}. \quad (3)$$

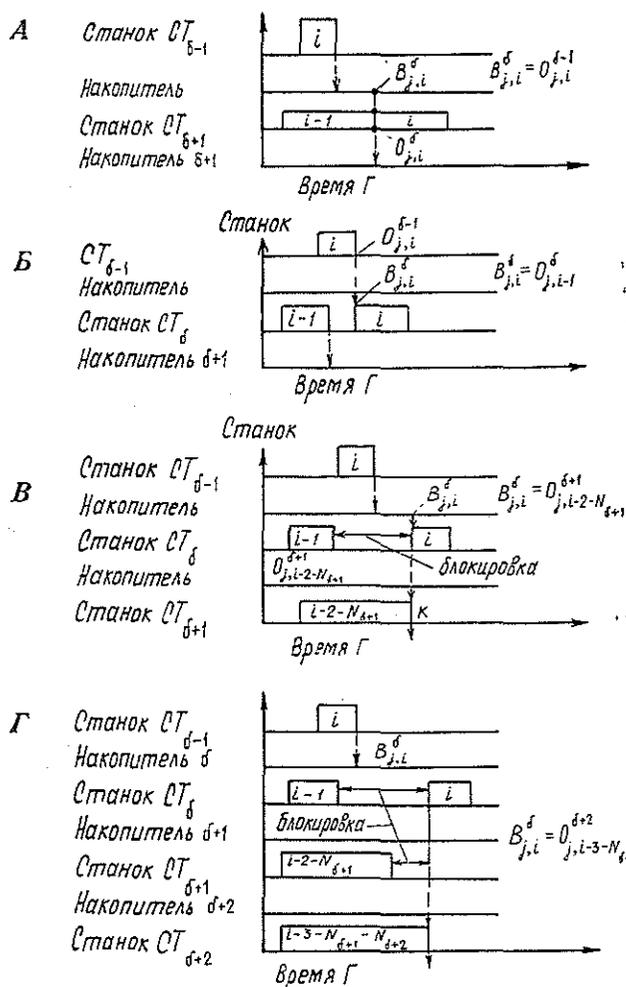


Рис. 1.

А — первый случай анализа момента начала обработки j -той заготовки i -той партии деталей; Б — второй случай; В и Г — третий случай.

На рис. 1 обозначено: $CT_{\delta-1}$, CT_{δ} , $CT_{\delta+1}$ — станки; H_{δ} , $H_{\delta+1}$, $H_{\delta+2}$ — накопители; Γ — время.

Из уравнений (1) — (3) определяем

$$B_{j,i}^{\delta} = \max \left\{ O_{j,i}^{\delta-1}, O_{j,i-1}^{\delta}, O_{j,i-2}^{\delta+1} - N_{\delta+1}, \dots, O_{j,i-(k-\delta+1)}^k - \sum_{j=\delta+1}^k N_i \right\} \quad (4)$$

($i = 1, 2, \dots, n$; $\delta = 1, 2, \dots, k$; $j = 1, 2, \dots, l$),

$$\text{где } O_{j,i-1-\varphi}^{\delta} = \begin{cases} O & \text{для } \varphi > n_1 \\ O_{j-[\varphi/n]-1, n+[\varphi/n]-\varphi}^{\delta} & \text{для } \varphi < n_1 \end{cases}$$

$$(\delta = 1, 2, \dots, k; j = 1, 2, \dots, l);$$

$$O_{j,i}^{\Gamma} = 0 \quad (\Gamma \leq 0; i = 1, 2, \dots, k);$$

$$O_{j,\psi}^{\delta} = 0 \quad (\psi \leq 0; \delta = 1, 2, \dots, k).$$

Кроме того,

$$O_{j,i}^{\delta} = B_{j,i}^{\delta} + E_i^{\delta} \quad (5)$$

($i = 1, 2, \dots, n$; $\delta = 1, 2, \dots, k$; $j = 1, 2, \dots, l$).

Так как $O_{j,i-1-N_{\delta+1}}^{\delta} \leq O_{j,i-1}^{\delta}$, то уравнение (4) перепишем:

$$B_{j,i}^{\delta} = \max O_{j,i}^{\delta-1}, O_{j,i-1}^{\delta}, B_{j,i-1-N_{\delta+1}}^{\delta+1}. \quad (6)$$

При проектировании автоматизированной технологической системы рассматривают четыре фактора: число обрабатывающих станков, вместимость накопителя, распределение переходов и определение последовательности запуска деталей в партии. Подбор оптимального состояния всех этих факторов представляет определенные трудности [2], так как факторы зависят один от другого; поэтому главное внимание уделяется минимизации числа станков и вместимости накопителя. Для этого необходимы исследования оптимальных уровней запасов заготовок в накопителях.

Если $X_{j,i}^{\delta}$ определяет операцию обработки i -той заготовки j -того ряда заготовок на загрузочном устройстве или в накопителе j -той партии на станке K , то узел его определяет операцию, а стрелка — время обработки.

В полном графе a — первая партия, b — L -тая партия. Длина критического пути от $X_{j,i}$ до X_E на этом графе представляет наименьшее время, необходимое для полной обработки всех деталей (рис. 2, Б).

Заготовки a -партии периодически обрабатываются в последовательности, например $I_A, I_B, I_C, \dots, I_n$ до изготовления необходимого числа деталей.

Из графа (рис. 2, В) определяем обработки одной партии деталей, где обозначено:

- A — станок;
- B — обработка партии деталей;
- X_i^{δ} — узел, представляющий собой операцию обработки i -той детали на станке δ ($i = 1, 2, \dots, n$); $\delta = 1, 2, \dots, k$;
- T_s^{δ} — левый узел в однопартийном графе, из которого стрелка идет непосредственно к узлу X_i^{δ} ($s = 1, 2, \dots, N_{\delta+1}$);
- $T_s^{\delta+1}$ — то же, что и T_s^{δ} , только в следующей партии;

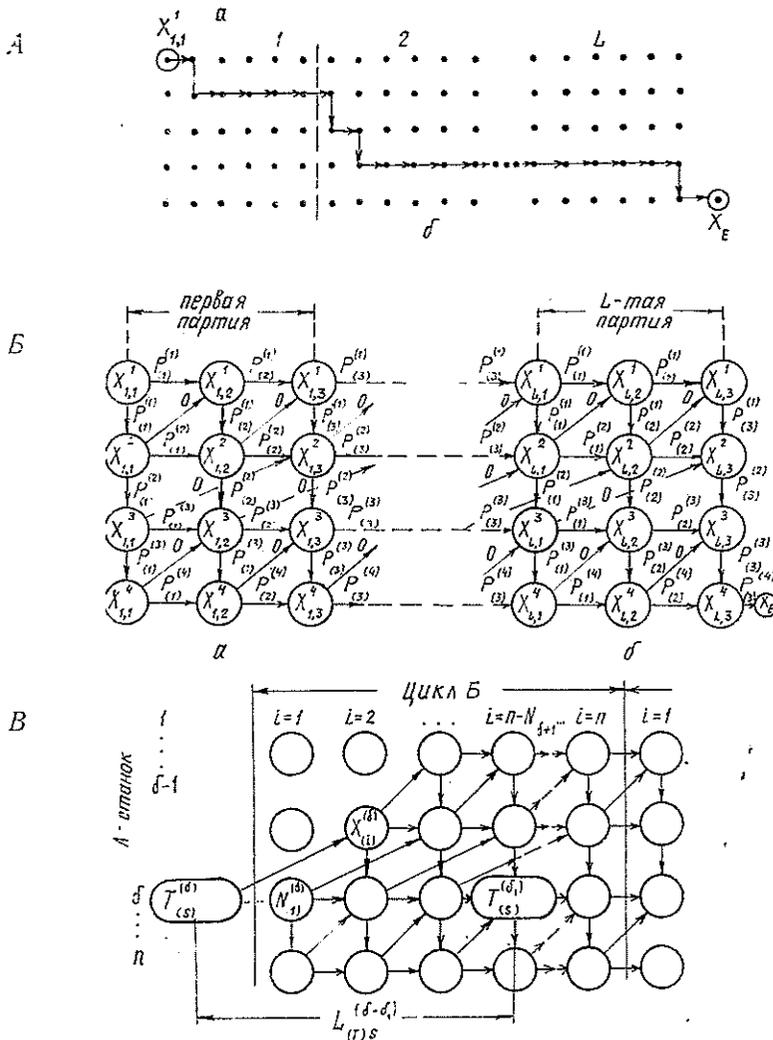


Рис. 2.

А — оптимальный маршрут обработки партии деталей; Б — полный граф длины критического пути и наименьшего времени полной обработки деталей; В — граф обработки партии деталей.

$L(T_s^{(6)} - t_{61})$ — длина критического пути от $T_s^{(6)}$ до $T_s^{(6)}$;
 s — комплект $T_s^{(6)}$ (для $b = 1, 2, \dots, k, s = 1, 2, \dots, N_{b+1}$).

Алгоритм оптимального запуска заготовок для обработки при минимизации L_{max} , с целью решения задачи выбора числа обрабатывающих станков, имеет следующие обозначения:

- $\Phi_{пл}$ — планируемый период времени обработки;
- T_{ib} — время выполнения перехода b на детали i ($i = 1, 2, \dots, n$; $b = 1, 2, \dots, b_i$), где b_i — число переходов на детали i .

Задачу выбора числа станков решали для распределения переходов обработки на K станках таким образом, чтобы все времена R_b ($R_b = \sum_{i=1}^n p_i P_i^b, b = 1, 2, \dots, K$) были бы близкими по величине,

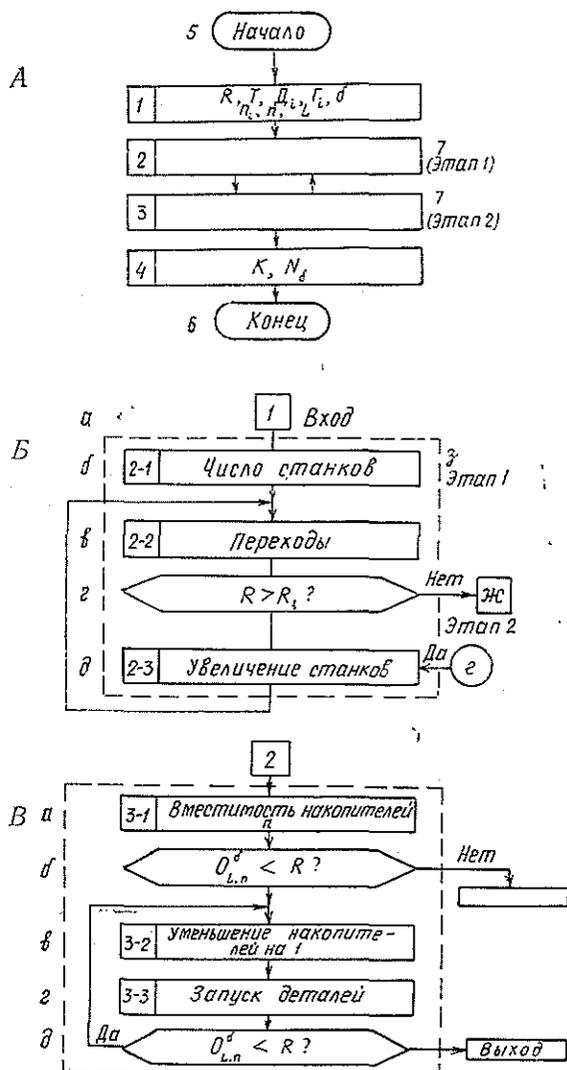


Рис. 3.

А — алгоритм проектирования системы; Б — блок-схема минимизации числа станков системы; В — блок-схема определения вместимости накопителей и планирования запуска деталей на обработку.

как и все P_i^{σ} ($\sigma = 1, 2, \dots, K$). Верхний предел $R_{\text{в}}$, номинальное значение $R_{\text{н}}$ и нижний предел R_0 времени связаны следующим образом:

$$R_{\text{в}} = \frac{R}{L}; \quad R_{\text{н}} = \sum_{l=1}^T \sum_{\sigma=1}^{C(i)} \Gamma_{i\sigma} n_i k,$$

где C_i — число переходов на детали i ;

$$R_0 = R_{\text{н}} - (R_{\text{в}} - R_{\text{н}}) = 2R_{\text{н}} - R_{\text{в}}.$$

Если $R_0 > R_{\text{в}}$, то необходимое время для обработки требуемого числа заготовок больше планового R . Если K определяет число станков, на которых планируются переходы по обработке данной заготовки, то

$$\Gamma_i'' = \sum_{b \in b_i} n_i/k \quad (i = 1, 2, \dots, K),$$

где b_i — набор переходов, не распределенных на станки для обработки данной заготовки ($i = 1, 2, \dots, K$). Последний переход обработки заготовки i обозначен W_i .

При составлении алгоритма проектирования механизированной (автоматизированной) технологической системы можно использовать двухэтапную схему проектирования (рис. 3, А). Здесь 1 — исходные данные (вычисление); 2 — определение числа станков и распределение по ним переходов; 3 — определение вместимости накопителя и планирование запуска заготовок; 4 — выходные данные: план запуска деталей, распределение переходов; 5 — начало; 6 — конец; 7 — этап.

На первом этапе определяется число станков и распределяются переходы. Блок-схема этого алгоритма приведена на рис. 3, Б, где a — вход; b — определение необходимого числа станков; c — распределение переходов; Γ_c — существует ли положение, при котором $R_b > R_v$; d — увеличение числа станков на один; e — да; $ж$ — нет; $з$ — этап.

Необходимое число станков n_{min} , при котором возможна обработка заготовок:

$$n_{min} = \left[\frac{\sum_{i=1}^T \sum_{b=1}^{C(i)} \Gamma_{ib} D_i}{R} \right] = \left[\frac{\sum_{i=1}^T \sum_{b=1}^{C(i)} \Gamma_{ib} n_i}{R/L} \right]. \quad (7)$$

На рис. 3, В приведена блок-схема алгоритма определения вместимости накопителя и планирования запуска деталей на обработку. Здесь a — вместимость всех накопителей устанавливается равной n ; b — существуют планы запуска деталей, обеспечивающие условие $R_{L,n}^k < R$; N — вместимость всех накопителей уменьшается на единицу; $г$ — решение задачи планирования запуска деталей с учетом емкости накопителей; d — для оптимального запуска; e — выход; $ж$ — да; $з$ — нет. В случае невыполнения условия b происходит возврат на первый уровень и число станков увеличивается на один. Если условие выполняется, то число станков, определенное на первом уровне, фиксируется и является минимально возможным. Следовательно, работа алгоритма строится так, что сначала минимизируется число станков, а затем на его основе вместимость накопителей.

При практической реализации алгоритмов для обработки задней, передней ножек и проножек гнутого стула [1] получен оптимальный маршрут (критический путь) обработки (рис. 2, А); здесь: a — партия; b — оптимальный маршрут. После уменьшения накопителей с 6 до 5:

$$O_{300,6} = 710863,6с < R = 720\ 000$$

$$\text{при } B = 2; Q_1 = 36\ 000; Q_2 = 12\ 000; Q_3 = 24\ 000 \text{ шт./мес.}$$

$$\text{Время установки и снятия детали — 15 с; } n_1 : n_2 : n_3 = 2 : 6 : 3; n = \sum_{i=1}^T n_i$$

Из зависимости (7) $n_{L,min} = 5$ станков; из них 2 станка КПА-50; 2 — шлифовальных, 1 — токарный.

$$L = Q/n_1 = 1\ 440; R_B = 240; R_H = 225; R_0 = 210 \text{ с.}$$

Время Γ_2'' и переходы W :

$$\Gamma_1'' = 46; \Gamma_2'' = 34; \Gamma_3'' = 48 \text{ с; } W_1 = 30; W_2 = 32; W_3 = 40 \text{ с.}$$

В случае $b > 3$

$$L_{max} = 240 \text{ с и } O^5 = 710\ 836,6 \text{ с}$$

при последовательности запуска деталей 1—2—2—3—3—3.

В случае $b = 2$

$$L_{max} = 2578,4 \text{ с и } O_{300,6}^5 = 735\,072,6 \text{ с}$$

при последовательности 1—3—2—3—2—3.

Таким образом, оптимальное решение задачи: число станков КПА — 2, шлифовальных — 2, токарный — 1, вместимость показателей — 5, оптимальная последовательность запуска деталей в партии 1—2—3—2—3—3.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Рыков Е. Н. Автоматизированные загрузочные устройства для деталей усложненной формы.— Львов: Высш. школа, 1980. [2]. Hitomi K., Yuga K. Optimization analysis of automatic transfer-type multi-item manufactured systems.— Dearborn, Mich., 1981, 553—560.

Поступила 1 октября 1984 г.

УДК 674.047.9

ВОПРОСЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДРЕВЕСИНЫ С ВЛАГОЙ

Г. С. ШУБИН

Московский лесотехнический институт

Строение древесины различных пород влияет на размещение в ней влаги и на механизм ее переноса.

В экспериментальном исследовании [12], выполненном усовершенствованным методом ртутной порометрии, приведены показатели распределения пор в полостях и стенках клеток. Наиболее интересны данные об абсолютной парциальной пористости P_{0i} (отношение объема пор данного размера в древесине в абсолютно сухом состоянии к общему объему древесины) и относительной пористости P'_{0i} (отношение P_{0i} к общей, полной пористости тела P_0). Из составленной нами по этим данным таблицы видно, что в древесине мягких хвойных пород (сосна) в сухом состоянии объем пустот в стенках клеток (микрокапилляры, $r < 10^2$ нм) весьма невелик (для заболони $P_{0i} = 1,8$ и $P'_{0i} = 2,9$ %, для ядра $P'_{0i} = 3,3$ %). Это практически совпадает с имеющимися в литературе данными (получены при определении плотности древесинного вещества [13]) о том, что в сухой древесине микрокапилляров практически нет. Наоборот, в древесине плотных пород количество постоянных, неусыхающих микрокапилляров ($r < 10^2$ нм) весьма существенно: для дуба $P'_{0i} = 39,4$, для бука — 10,2, для бонгосси —

Порода	Плотность		Пористость P_0 , %	P'_{0i} %	P_{0i} %	P'_{0i} %	
	сухой древесины ρ_0 , кг/м ³	древесинного вещества $\rho_{д.в.}$, кг/м ³				Микропоры ($r < 10^2$ нм)	Мезопоры ($r = 10^2 - 10^3$ нм)
Сосна (заболонь)	564	1520	62,0	2,9	1,8	6,5	90,6
Сосна (ядро)	—	1480	—	3,3	—	10,3	86,4
Бук	660	1480	55,4	10,2	5,55	11,0	78,8
Дуб	840	1460	42,5	39,4	16,8	33,9	26,7
Бонгосси	1117	1490	24,9	55,8	13,9	10,4	33,8

55,8 %. Соответственно этому уменьшается, по сравнению с древесиной хвойных пород, объем макропор ($r > 10^3$ нм); у сосны (заболонь), бука и дуба их количество соответственно равно 90,6; 78,8 и 26,7 %.

Ртутная порометрия — распространенный, но не единственный и, возможно, не абсолютно точный метод выявления распределения пор по радиусам.

Однако применительно к древесине мы не обнаружили больше ни одной работы, кроме обсуждаемой, в которой исследовался бы этот вопрос. Метод, основанный на формуле Томсона, пригоден только для области капиллярно-конденсационной влаги. Поэтому применение метода ртутной порометрии к древесине в качестве первого приближения вполне правомерно. Значения плотности древесинного вещества $\rho_{д.в.}$, полученной в работе [12] методом ртутной порометрии для древесины дуба и бука, имеющих микропустоты в стенках клеток, и значения плотности древесинного вещества для сосны и ели, практически не имеющих макропор в сухой древесине, совпадают с величинами $\rho_{д.в.}$, полученными в других работах методом заполнения пустот инертными газами (например, в работе [13]), который считается общепринятым. Это подтверждает надежность работы [12] и, следовательно, выводов, вытекающих из нее. Как следует из работы [11], кривые распределения пор по радиусам, полученные для древесного угля методами ртутной порометрии и по изотермам адсорбции, оказались близкими между собой.

Гипотезу о существовании в абсолютно сухой клеточной стенке взаимосвязанной системы тончайших капилляров высказал Ю. М. Иванов [1]. Такой вывод можно сделать и из данных о плотности клеточных стенок, приведенных в работе [4].

Вместе с тем очевидно, что при наличии в стенках клеток постоянных микропустот в них возможны капиллярные явления, в частности, конденсация влаги в объеме, а не только на внутренних поверхностях полостей клеток [6, 7], в переносе влаги — эффузионный механизм и др. [9].

Конденсация влаги в микрокапиллярах, с учетом толщины адсорбционного слоя, равной 2,5 нм при $\varphi = 1$ и $t = 20^\circ\text{C}$ [7], возможна, следовательно, лишь в капиллярах, имеющих диаметр больший, чем $2 \times 2,5 = 5$ нм = $0,5 \times 10^{-6}$ см. Это должно внести коррективы в представления о влиянии плотности древесины на предел ее гигроскопичности [9].

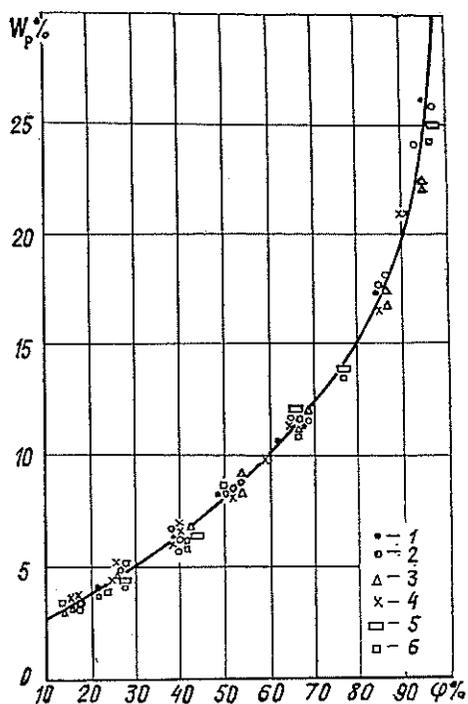


Рис. 1. Изотермы сорбции древесины разных пород.

1 — дуб ($\rho_y = 656$ кг/м³); 2 — береза ($\rho_y = 513$); 3 — сосна ($\rho_y = 457$); 4 — сосна ($\rho_y = 350$); 5 — ель ($\rho_y = 370$); 6 — бук ($\rho_y = 533$ кг/м³).

Предел гигроскопичности $W_{п.г}$ складывается из максимального количества адсорбционной W_a и конденсационной W_k влаги. В древесине различной плотности (разных пород) значения W_a практически одинаковы [6], что подтверждается также кривыми сорбции древесины разных пород, полученными нами [8] (рис. 1) на динамической сорбционной установке ИТМО АН БССР ($t = 42,4$ °С). Различия в величине $W_{п.г}$ определяются, таким образом, разным количеством конденсационной влаги. Чем плотнее древесина, тем толще стенка ее клетки и, следовательно, меньше внутренняя поверхность ее полости, в микроуглублениях которой, в соответствии с гипотезой Б. С. Чудинова [6, 7], только и происходит капиллярная конденсация. Не подвергая сомнению указанную гипотезу, которая оказалась применимой для древесины, не имеющей в сухом состоянии свободных микрокапилляров, отметим, что при их наличии вопрос о влиянии плотности древесины на $W_{п.г}$ становится неоднозначным. Действительно, весьма плотная древесина, например, дуб может иметь размеры площади полостей (в опытах работы [12] P_{oi} для капилляров, имеющих $r > 10^{-5}$ см, получилось 25, 75, а у сосны — 60,2 %), что уменьшает количество конденсируемой влаги. Оно, однако, может быть увеличено за счет большей конденсации влаги в микрокапиллярах стенок клеток (у дуба $P_{oi} = 16,8$, у сосны — 1,8 % [12]).

Соотношение между плотностью древесины и количеством конденсируемой влаги дано в работе [6] (принято, что в сухой древесине нет постоянных микрокапилляров) в виде графика (рис. 2), где по оси абсцисс отложена условная поверхность F'_y , на которую нужно умножить количество конденсационной влаги для эталонного тела $W_{к.эт}$ ($\rho_0 = 600$ кг/м³, $F'_y = 1,3$), а по оси ординат — плотность сухой древесины ρ_0 . Полагая, что из общего количества гигроскопической влаги в 30 % при $t = 20$ °С W_a составляет 22,5 %, а W_k для эталонного тела — 7,5 %, предел гигроскопичности древесины, имеющей отличную от эталонного тела плотность, предложено определять из выражения [12]:

$$W_{п.г} = 22,5 + (7,5/1,3)F'_y = 22,5 + 5,76F'_y, \quad (1)$$

где F'_y — принимают из графика рис. 2 непосредственно по ρ_0 .

Оценим эффект капиллярной конденсации на основании модели клетки, имеющей микрокапилляры в стенках. При одинаковой плот-

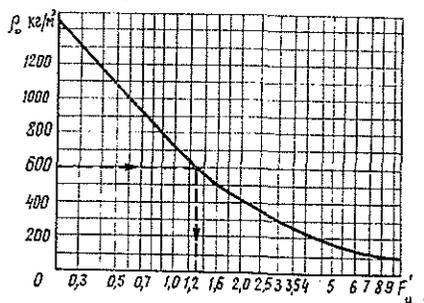


Рис. 2. Зависимость условной поверхности F'_y внутренних стенок клеток древесины от ее плотности ρ_0 в сухом состоянии (по данным Б. С. Чудинова [6]).

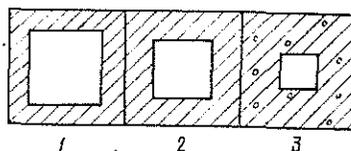


Рис. 3. Структурная модель древесины разной плотности (разрез поперек волокон).

1 — древесина с низкой плотностью (стенки тонкие); 2, 3 — древесина с одинаковой плотностью (более высокой, чем в случае 1); 2 — стенка без микропор; 3 — стенка с микропорами.

ности сухой древесины ρ_0 стенка клетки, в которой имеются микрокапилляры, толще, чем стенка, не имеющая пустот в сухом состоянии (рис. 3). Соответственно этому полость клетки, в стенках которой имеются пустоты, меньше. Если индексом 1 обозначить объем V , диаметр D и другие параметры полости, не имеющей пустот, а индексом 2 — параметры полости, имеющей пустоты, то можно записать:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{D_2^2}{D_1^2} = 1 - \Pi_{\text{о.с}}, \quad (2)$$

где $\Pi_{\text{о.с}}$ — абсолютная парциальная пористость стенки клетки (в долях единицы).

Конденсация в микроуглублениях полостей происходит на поверхности, а не в объеме. Поэтому отношение площадей имеет вид

$$\frac{F'_{y_2}}{F'_{y_1}} = \frac{D_2}{D_1} = \sqrt{1 - \Pi_{\text{о.с}}}, \quad (3)$$

отсюда

$$F'_{y_2} = F'_{y_1} \sqrt{1 - \Pi_{\text{о.с}}}. \quad (4)$$

Следовательно, на основании формулы (4) можно установить, насколько уменьшится поверхность полостей клеток в случае, если стенки клеток имеют микропустоты.

Оценим количество влаги, способное сконденсироваться в постоянных микрокапиллярах стенок клеток, понимая, что конденсация происходит здесь во всем объеме капилляра, а не на его поверхности. Абсолютную парциальную пористость клеточных стенок можно записать в виде

$$\Pi_{\text{о.с}} = \frac{V_{\text{пус.с}}}{V_{\text{сух.др}}}, \quad (5)$$

где $V_{\text{пус.с}}$ — объем пустот в стенках клеток;

$V_{\text{сух.др}}$ — объем сухой древесины.

При заполнении объема $V_{\text{пус.с}}$ водой получим выражение

$$\Pi_{\text{о.с}} = \frac{V_{\text{пус.с}}}{V_{\text{сух.др}}} = \frac{V_{\text{в}}}{V_{\text{сух.др}}} = \frac{G_{\text{в}}}{\rho_{\text{в}} V_{\text{сух.др}}} = \frac{G_{\text{в}} \rho_0}{\rho_{\text{в}} G_{\text{сух}}} = \frac{W_{\text{с}} \rho_0}{100 \rho_{\text{в}}}, \quad (6)$$

где $W_{\text{с}}$ — влажность, соответствующая заполнению микропустот в стенках клеток;

$G_{\text{сух}}$ — масса сухой древесины;

$\rho_{\text{в}}$ — плотность воды.

Отсюда максимальное количество влаги, которое можно разместить в объеме микропустот,

$$W_{\text{с}} = \frac{100 \Pi_{\text{о.с.эф}} \rho_{\text{в}}}{\rho_0}. \quad (7)$$

(Это количество влаги максимально, так как в реальных условиях часть микропор может быть закрытой, в связи с чем конденсация влаги в них практически исключена).

В формуле (7) $\Pi_{\text{о.с.эф}}$ — эффективная, с точки зрения конденсации, парциальная пористость клеточной стенки, которая несколько меньше, чем $\Pi_{\text{о.с}}$, вследствие того, что на стенках микропустот происходит адсорбция влаги.

В общем случае предел гигроскопичности древесины, имеющей определенную плотность и пористость клеточной стенки, можно представить в виде:

$$W_{п.г} = W_{а.эт} + W_{к.эт} F'_y \sqrt{1 - \Pi_{о.с}} + \frac{100 \Pi_{о.с.эф} \rho_B}{\rho_0} \quad (8)$$

Здесь индекс «эт.» относится к эталонному телу, которым может считаться древесина с $\rho_0 = 600 \text{ кг/м}^3$ (условная поверхность конденсации на внутренней поверхности полости клетки $F'_y = 1,3$), принятая в работах [6, 7]. При конкретных значениях [6] $W_{а.эт} = 22,5$ и $W_{к.эт} = 7,5 \%$ (при $F'_y = 1,3$) формула приобретает вид

$$W_{п.г} = 22,5 + 5,76 F'_y \sqrt{1 - \Pi_{о.с}} + \frac{100 \Pi_{о.с.эф} \rho_B}{\rho_0} \quad (9)$$

Из формул (8) и (9) видно, что наличие микропустот, с одной стороны, увеличивает количество конденсационной влаги (третий член в формулах), с другой стороны, — уменьшает ее (второй член в формулах).

Из уравнений (8) и (9) получается выражение В. С. Чудинова для расчета $W_{п.г}$, когда предполагается, что стенки клеток в сухом состоянии не имеют микропустот.

Для того, чтобы по формуле (9) рассчитать предел гигроскопичности, необходимо располагать данными о величинах $\Pi_{о.с}$. Косвенно с этой величиной можно связать плотность клеточной стенки $\rho_{к.с}$.

Связь между плотностью клеточной стенки $\rho_{к.с}$, плотностью древесинного вещества $\rho_{д.в}$, общей пористостью Π_0 и пористостью клеточной стенки $\Pi_{о.с}$ выражается в виде:

$$\rho_{к.с} = \rho_{д.в} \frac{1 - \Pi_0}{1 - (\Pi_0 - \Pi_{о.с})} \quad (10)$$

и

$$\Pi_{о.с} = \left(\frac{\rho_{д.в}}{\rho_{к.с}} - 1 \right) (1 - \Pi_0). \quad (11)$$

Если известна $\rho_{к.с}$ или $\Pi_{о.с}$, то другую величину легко можно определить.

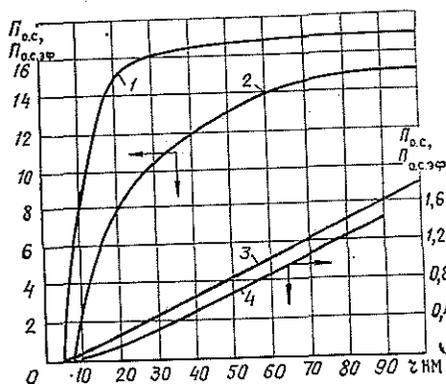


Рис. 4. Парциальная пористость стенок клеток $\Pi_{о.с}$ древесины дуба (кривая 1) и сосны (кривая 2) по данным работы [12] и эффективная парциальная пористость стенок клеток $\Pi_{о.с.эф}$ с учетом адсорбции влаги в них (кривая 2 — для дуба, кривая 4 — для сосны).

На рис. 4 приведены данные по пористости клеточной стенки (по отношению к общему объему сухой древесины) из работы [12] для сосны и дуба.

С точки зрения общей пористости стенок клеток, характер кривой $\Pi_{о.с} = f(r)$ не имеет значения (важна цифра $\Pi_{о.с}$ при $r = 10^2 \text{ нм}$). Но если учитывать адсорбцию на стенках микрокапилляров, то вид кривой может иметь некоторое значение. Для каждой породы экспериментальная кривая из рис. 4 была нами обработана по участкам, с целью учета адсорбции в микрокапиллярах. При этом кривую $\Pi_{о.с} = f(r)$ разбивали на отдельные участки по радиусам Δr , на которых капилляр среднего в этом диапазоне радиуса уменьшался в диаметре на $2 \times 2,5 = 5 \text{ нм}$. Это позволило

получить кривые эффективной, с точки зрения капиллярной конденсации, парциальной пористости клеточных стенок, а располагая ими, вычислить средневзвешенную эффективную пористость.

$$P_{\text{о.с.эф}} = \frac{\sum \Delta r_i P_{\text{о.с.}i}}{\Delta r_{\text{общ}}} \quad (12)$$

По этой методике построены кривые $P_{\text{о.с.эф}} = f(r)$, приведенные на рис. 4.

Для сосны $P_{\text{о.с.эф}} = 0,0073$, бука — 0,045, дуба — 0,123, бонгосси — 0,12. Полученные данные позволили подсчитать по формуле (7) значения W_c и, следовательно, $W_{\text{п.г}}$:

для сосны

$$\begin{aligned} W_{\text{п.г}} &= 22,50 + 5,76 \cdot 1,40 \sqrt{1,000 - 0,018} + 0,0073 \cdot 100 \cdot 1000/564 = \\ &= 22,50 + 8,05 + 1,30 = 32,3 \% \end{aligned}$$

для бука

$$\begin{aligned} W_{\text{п.г}} &= 22,50 + 5,76 \cdot 1,15 \sqrt{1,00 - 0,05} + 0,045 \cdot 100 \cdot 1000/660 = \\ &= 22,5 + 6,5 + 6,8 = 35,8 \% \end{aligned}$$

для дуба

$$\begin{aligned} W_{\text{п.г}} &= 22,50 + 5,76 \cdot 0,80 \sqrt{1,000 - 0,168} + 0,123 \times \\ &\times 100 \cdot 1000/840 = 22,5 + 4,2 + 14,6 = 41,3 \% \end{aligned}$$

для бонгосси

$$\begin{aligned} W_{\text{п.г}} &= 22,50 + 5,76 \cdot 0,48 \sqrt{1,00 - 0,14} + 0,12 \cdot 100 \times \\ &\times 1000/1117 = 22,5 + 2,6 + 10,7 = 35,8 \% \end{aligned}$$

Цифры $W_{\text{а.эт}} = 22,5$ и $W_{\text{к.эт}} = 7,5$ % нельзя считать окончательно установленными. В последнее время, с одной стороны, появилось мнение, что $W_a = 26$ [7], с другой, что $W_a = 20$ % [2]. Более низкие цифры больше согласуются с экспериментальными данными по сорбции древесины различных пород [8] (рис. 1) и с данными по разбуханию древесины, полученными в последнее время Б. Н. Уголевым. Если взять другие значения $W_{\text{а.эт}}$ и $W_{\text{к.эт}}$, то это мало повлияет на $W_{\text{п.г}}$. Так, например, при $W_{\text{а.эт}} = 26$ и $W_{\text{к.эт}} = 4$ % предел гигроскопичности $W_{\text{п.г}}$ получится равным для сосны 31,65, для бука — 36,3, для дуба — 42,25 %, а при $W_{\text{а.эт}} = 20$ и $W_{\text{к.эт}} = 10$ % соответственно — 32,1; 35,6 и 40,2 %. Следует отметить, что при $t = 20$ °С $W_{\text{п.г}}$ может быть выше традиционных 30 %. В литературе отмечается [5], что полученные в опытах значения $W_{\text{п.г}}$ занижены вследствие трудности получения высокой степени насыщенности среды порядка 0,990—0,995. Тем не менее, по Скаару (цитируется по работе [7]) среднее значение $W_{\text{п.г}}$, полученное в опытах на 18 породах, составляет 35,33 %. По данным работы Фейста и Таркова [7], получают несколько более высокие значения $W_{\text{п.г}}$, чем найденные расчетом в работе [7], хотя характер кривых в этих работах совпадает.

Из приведенных выше расчетных данных по $W_{\text{п.г}}$ видно, что вклад конденсации в микрокапиллярах стенок клеток в сосне составляет 1,3 %, буке — 6,8, дубе — 14,6 и бонгосси — 12,6 %. Расчетные значения $W_{\text{п.г}}$ близки к имеющимся экспериментальным данным для этих пород. В частности, для дуба, по данным Стиллвелла и Мартля [3], $W_{\text{п.г}}$ составляет 37 % при $t = 30$ °С и, следовательно, при темпе-

ратуре 20 °С, для которой произведен расчет, на 1—2 % выше. По нашим данным [8] (рис. 1), при $t = 42,4$ °С и $\varphi = 0,96$ влажность дуба равна 33 % (при $t = 20$ °С она была бы примерно на 2—3 % выше), при этом в диапазоне после $\varphi = 0,95$ кривая $W_p = f(\varphi)$ резко поднимается вверх. Для бука экспериментальная величина $W_{п.г}$ составляет 36 % [10].

На наш взгляд, наличие микропустот в стенках клеток может объяснить разноречивые взгляды о влиянии плотности на $W_{п.г}$. В полученных ранее экспериментальных данных по сорбции (рис. 1) разброс точек для древесины разных пород при высокой степени насыщенности среды казался нам бессистемным, так как древесина имела влажность не обратно пропорциональную ее плотности. Приведем эти данные ($\varphi = 0,96$): для дуба ($\rho_{усл} = 656$ кг/м³) $W = 33$ %, для березы ($\rho_{усл} = 513$) $W = 26$ %, для ели ($\rho_{усл} = 370$) $W = 25$ %, для бука ($\rho_{усл} = 533$) $W = 24$ %, для сосны ($\rho_{усл} = 457$ кг/м³) $W = 22,5$ %. Такое распределение точек закономерно. Дуб, несмотря на наибольшую плотность, имеет самую высокую влажность, так как стенки его клеток наиболее пористы; влажность ели больше, чем сосны, так как она имеет меньшую плотность при отсутствии микропор; влажность бука, как и в наших расчетах, выше влажности сосны, что объясняется наличием в буке микропор. Нет данных (исходящих из того же источника, что и для дуба, бука и сосны [12]) о пористости стенок березы, которая при плотности, большей, чем для сосны и ели, имеет более высокую влажность. Такое положение можно объяснить косвенно, обратившись к данным работы Джойме и Краузе, приведенным в работе [4]. Из них следует, что плотность клеточной стенки березы меньше ($\rho_{к.с} = 1,12—1,18$), чем бука ($\rho_{к.с} = 1,21—1,22$) и, особенно, сосны ($\rho_{к.с} = 1,29$ г/см³), что свидетельствует о большей пористости ее стенок и, следовательно, большей конденсации влаги в ней (данные о фактических величинах $\rho_{к.с}$ следует рассматривать как приближенные, однако в сравнительном плане они представляют интерес). С учетом этого положение березы на графике вполне объяснимо.

Таким образом, экспериментальные данные надежно подтверждают представления о наличии микропустот в стенках клеток ряда пород древесины (преимущественно плотных), так и вытекающие отсюда следствия. В частности, подтверждается известное представление о влиянии плотности на $W_{п.г}$ лишь в чистом виде, т. е. без микропустот (сравните $W_{п.г}$ сосны и ели, имеющих разную плотность). В целом же, как отмечалось выше, микропустоты вносят коррективы, в результате которых зависимость между $W_{п.г}$ и ρ_0 нарушается. Принятое закономерным уменьшение $W_{п.г}$ с увеличением ρ_0 существенно лишь при относительно низких плотностях древесины, а при ρ_0 более 500 кг/м³ практически не изменяется. Из экспериментальной кривой Фейста и Таркова следует, что, например, в распространенном диапазоне $\rho_0 = 500—800$ кг/м³ величина $W_{п.г}$ снижается лишь на 1 % (от 35,5 до 34,5 %).

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Иванов Ю. М. О процессах пропитки древесины с целью защиты от гниения и возгорания.—Тр. Ин-та лесохозяйств. проблем и химии древесины, 1961, т. 23, с. 3—18. [2]. Колосовская Е. А. Термический анализ и ЯМР спектроскопия воды в древесине: Автореф. дис. ... канд. техн. наук.—Красноярск, 1983.—22 с. [3]. Любимов Н. Н. Теория и практика сушки дерева.—М.: Гослестехиздат, 1932.—368 с. [4]. Полубояринов О. И. Плотность древесины.—М.: Лесн. пром-сть, 1976.—160 с. [5]. Стамм А. Поверхностные свойства целлюлозных материалов/ Пер. с англ.—В кн.: Химия древесины, 1960, т. 11. [6]. Чудинов В. С., Андреев Н. Д. Вода в

- клеточной стенке древесины.— Ин-т леса и древесины СО АН СССР, Красноярск, 1978.— 44 с. [7]. Чудинов Б. С. Вода в древесине.— Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1984.— 270 с. [8]. Шубин Г. С., Чемоданов А. В. Влияние породы на равновесную влажность древесины.— Науч. тр., МЛТИ, 1981, вып. 117, с. 61—65. [9]. Шубин Г. С. О влагопереносе в древесине.— Науч. тр., МЛТИ, 1983, вып. 149, с. 36—39. [10]. Ammer U. Holz als Roh-u. Werkstoff, 1963, 21, s. 465—473. [11]. Joynes L. G., Barrett E. P., Skold R. I.— Amer. Chem. Soc., 1951, 73, 3155. [12]. Schneider A., Wagner L.— Holz als Roh-u. Werkstoff, 1974, 6, s. 216—224. [13]. Skaar Ch. Water in Wood.— N.-I., 1972.— 218 p.

Поступила 21 мая 1984 г.

УДК 630*812:674.031.11

ОСОБЕННОСТИ ДЕФОРМАЦИИ АНАТОМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ДРЕВЕСИНЫ ДУБА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ ТЕРМООБРАБОТКИ

К. Ф. ДЬЯКОНОВ, Т. К. КУРЬЯНОВА, Н. Е. КОСИЧЕНКО

Воронежский лесотехнический институт
ЦНИИ лесной генетики и селекции

Ранее [3] установлено, что тепловая обработка древесины дуба при температурах выше 50 °С и влажности воздуха около 80 % приводит к усушке, которая по значению превосходит усушку при атмосферной сушке. Увеличение усушки при более жестких режимах можно предположительно объяснить развитием коллапса (сплющиванием клеток до полного исчезновения их полости), оседанием волокон и, наконец, разрушением элементов древесины. Имеющиеся по этому вопросу сведения не полные и не дают целостного представления об особенностях деформации различных анатомических элементов, так как в большинстве случаев изучение физических свойств древесины не сопровождалось исследованием ее структуры. В связи с этим нами изучен характер деформации анатомических элементов дуба при различных режимах термообработки.

Исследования проведены на древесине дуба *Quercus robur* L., произрастающего в Шиповом лесу Воронежской области. Древесину высушивали по режимам: 1) температура $t = 20$ °С, относительная влажность воздуха $\varphi = 52,5$ %, продолжительность сушки $\tau = 430$ ч; 2) $t = 50$ °С, $\varphi = 80$ %, $\tau = 31$ ч; 3) $t = 80$ °С, $\varphi = 80$ %, $\tau = 9$ ч. Размеры образцов $30 \times 15 \times 5$ мм (последний вдоль волокон), плотность древесины $0,74$ г/см³, содержание поздней древесины 70,6 %. Образцы сушились от начальной влажности 65—70 % до конечной около 12 %. После сушки из древесиныготавливали микросрезы (толщиной 20—25 мкм) на микротоме с замораживающим столиком, что дает возможность сохранить структуру древесины. Микросрезы окрашивали сафранином, нафтоловым зеленым, обезвоживали в серии спиртов возрастающей концентрации, дифференцировали окраску и помещали в пихтовый бальзам. Дифференцированное окрашивание микросрезав позволило отличать под микроскопом лигнифицированные слои клеточных стенок, которые окрашиваются в зеленый цвет, от лигнифицированных слоев, окрашивающихся в красный цвет. Микросрезы исследовали под микроскопом Ergaval, микрофотографирование осуществляли с применением микрофотонасадки МФН-12.

Древесина дуба имеет сложное анатомическое строение. В ее состав входит много элементов, выполняющих различные функции. Основные элементы древесины дуба, легко различимые под световым микроскопом: сосуды, трахеиды, либриформ, древесная паренхима и лучи. Древесина дуба кольцесосудистая, в ранней части годичного слоя в 1—3 ряда располагаются крупные сосуды (диаметром до 200—300 мкм) с простой перфорацией. Сосуды поздней древесины мелкие, диаметром 30—50 мкм, вместе с трахеидами они образуют извилистые трапециевидные участки, основанием обращенные к сосудам ранней древесины. Между участками проводящих элементов древесины располагается механическая ткань — либриформ. В ранней зоне годичного слоя древес-

ная паренхима большей частью приурочена к сосудам, в поздней зоне она располагается в виде однорядных цепочек между лучами — мета-трахеальная паренхима. Сердцевинные лучи древесины дуба двух типов: узкие однорядные и широкие многорядные (до 20 рядов клеток) [1].

При изучении гистологического состава древесины дуба с применением точечного интеграционного окуляра [6] нами получено следующее содержание тканей: сосуды — 23 %, трахеиды — 20, древесные волокна — 33, древесная паренхима — 8, лучи — 16 %. В древесине дуба имеются разновидности либриформа или трахеид — желатинозные волокна; их доля в древесине зависит от условий роста (наклоны стволов, действие ветра). По данным Г. Хостера и Х. Шпринг [6], эти волокна в древесине наклонно растущих деревьев дуба составляют до 19—22 %.

В настоящей работе желатинозные волокна обнаружены при визуальном исследовании по интенсивной окраске желатинозных слоев клеточных стенок сафранином. В таких клетках внутренний слой вторичной оболочки значительно ослизнен и хорошо виден под микроскопом. Слой S_3 во вторичной оболочке, а иногда и слой $S_2 + S_3$ имеют свойственную целлюлозе структуру и не содержат лигнина. Целлюлозный матрикс этих клеток имеет крупноволокнистую структуру, и его строение очень близко к кристаллическому, элементарные фибриллы ориентированы в направлении оси. Оболочка с желатинозным слоем очень гигроскопична и, высыхая, значительно изменяется в объеме [5].

При сушке древесины при температуре 20 °С на микросрезях не обнаружено каких-либо деформаций анатомических элементов (рис. 1, 2).

Строение древесины, высушенной при температуре 50 °С, представлено на рис. 3. Видно, что большинство элементов древесины сохранило первоначальную форму, и только желатинозные волокна 1 начали разрушаться. Желатинозный слой вторичной оболочки при этом сильно сжимается, в нем появляется один или несколько разрывов.

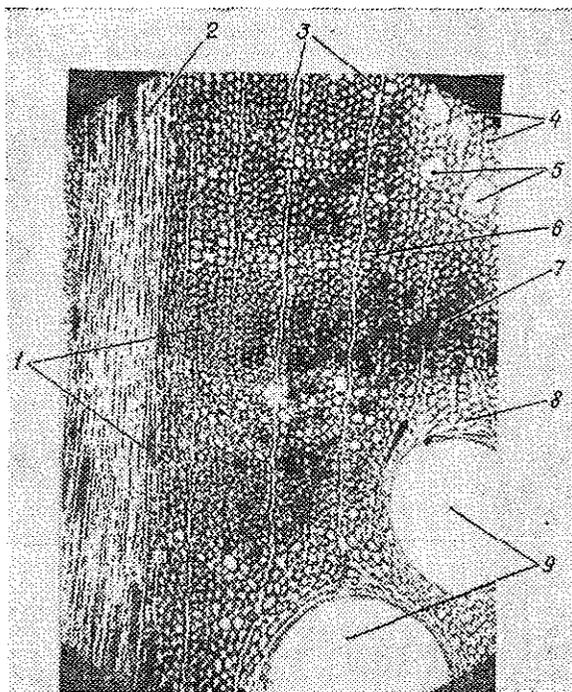


Рис. 1. Микростроение древесины дуба при режиме сушки: $t = 20$ °С, $\varphi = 52.5$ % (увелич. в 15 раз).

1 — волокна либриформа; 2 — широкие сердцевинные лучи; 3 — узкие сердцевинные лучи; 4 и 8 — трахеиды; 5 — мелкие сосуды; 6 — древесная паренхима; 7 — желатинозные волокна; 9 — крупные сосуды.

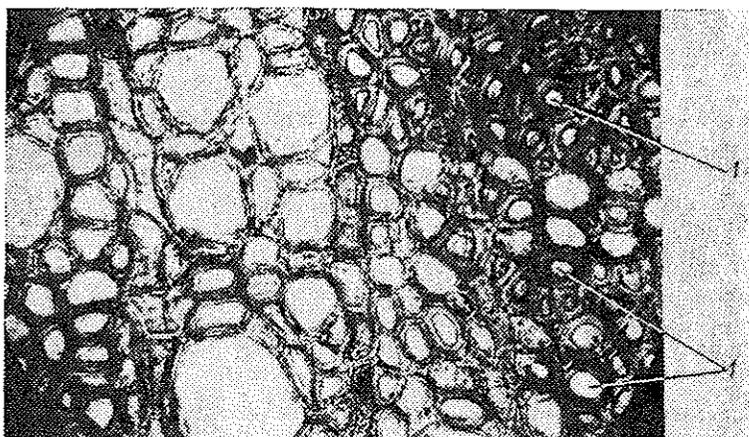


Рис. 2. Микростроение древесины дуба при режиме сушки: $t = 20$ °С, $\varphi = 52,5$ % (увелич. в 60 раз).

1 — желатинозные волокна.

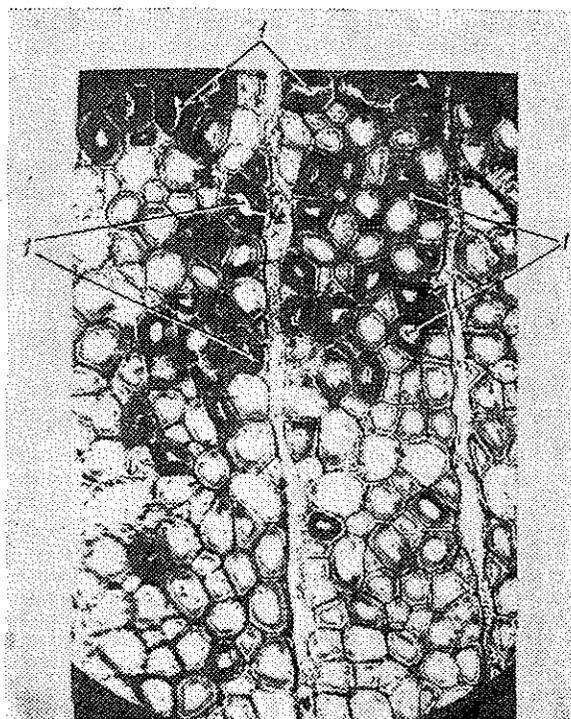


Рис. 3. Микростроение древесины дуба при режиме сушки: $t = 50$ °С, $\varphi = 80$ % (увелич. в 60 раз).

1 — желатинозные волокна.

На рис. 4 и 5 представлены микросрезы древесины, высушенной при температуре 80 °С. Здесь деформированы все элементы древесины, однако в различной степени.

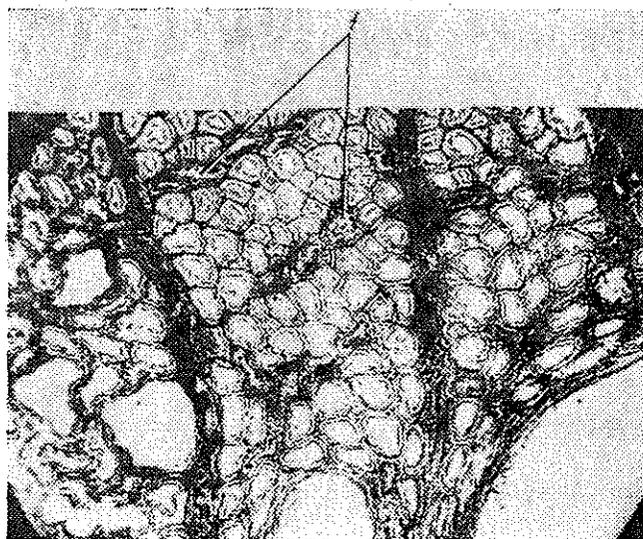


Рис. 4. Микростроение древесины дуба при режиме сушки: $t = 80^\circ\text{C}$; $\varphi = 80\%$ (увелич. в 60 раз).

1 — древесная паренхима.

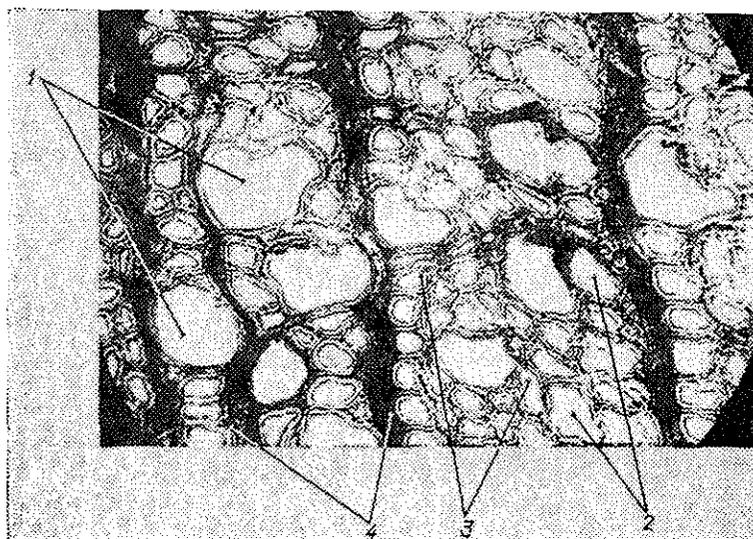


Рис. 5. Микростроение древесины дуба при режиме сушки: $t = 80^\circ\text{C}$, $\varphi = 80\%$ (увелич. в 60 раз).

1 — мелкие сосуды; 2 — трахеиды; 3 — волокна либриформа; 4 — узкие сердцевинные лучи.

Наиболее сильной деформации подвергнуты клетки древесной паренхимы (рис. 4), которые находятся в состоянии почти полного коллапса. Протопласт клеток разрушается, клеточные стенки сильно сплюсциваются в радиальном направлении и в отдельных местах выпячиваются в полость клетки, которая в ряде случаев полностью закрывается.

Значительной деформацией отличаются также трахеиды и мелкие сосуды. В некоторых местах их оболочки отходят друг от друга и выпячиваются внутрь полости, межклеточное вещество разрушается, и в этих местах возникают микротрещины. В большей степени деформации подвержены радиальные стенки клеток, вследствие чего сосуды и трахеиды приобретают радиально вытянутую форму (рис. 6). Данный процесс затрагивает и крупные сосуды ранней древесины, хотя в значительно меньшей мере.

Деформация оболочек наблюдается также и в мелкоклеточном толстостенном либриформе (рис. 5), хотя это явление здесь менее выражено, чем у трахеальных элементов. Во многих местах наблюдаются трещины в межклеточном слое и во вторичной оболочке, выпячивания оболочек в полость клеток.

Исследование сердцевинных лучей показало, что их оболочки довольно пластичны и менее подвержены деформациям, чем другие элементы древесины. Оболочки узких однорядных лучей редко отслаиваются. Однако на границе с широкими лучами и в самом широком луче появляются трещины и выпячивание оболочек в полость клеток.

При сушке воздухом низкой температуры древесина высыхает медленно. Структура ее остается жесткой, и при удалении свободной влаги из полостей клеток последние не деформируются, коллапс не наблюдается. Если сырая древесина дуба высыхает при высокой температуре и высокой степени насыщенности агента и длительное время находится под действием этих факторов, то ее жесткость снижается, древесина становится пластичной. Древесину пластифицирует вода. Ее влияние проявляется только при нагревании сырой древесины в течение определенного времени, которое зависит от температуры.

Энергетическое взаимодействие молекул воды с активными группами целлюлозы представляет собой процесс сольватации. Дезориентированные участки макромолекулы волокна, сорбируя влагу с энергией связи, большей, чем у самой воды, образуют сольватные слои [4]. В присутствии нагретой воды в древесине ослабевают структурные связи, сольватные слои становятся более подвижными, возникает деструкция целлюлозного волокна, и стенки клеток становятся пластичными. Такая пластифицированная структура значительно теряет жесткость и при удалении свободной влаги способна деформироваться. Этому в значительной степени способствует и тот факт, что воздух не успевает проникнуть в клетки вместо испарившейся влаги. В ней создается разрежение, способствующее возникновению дополнительных деформаций.

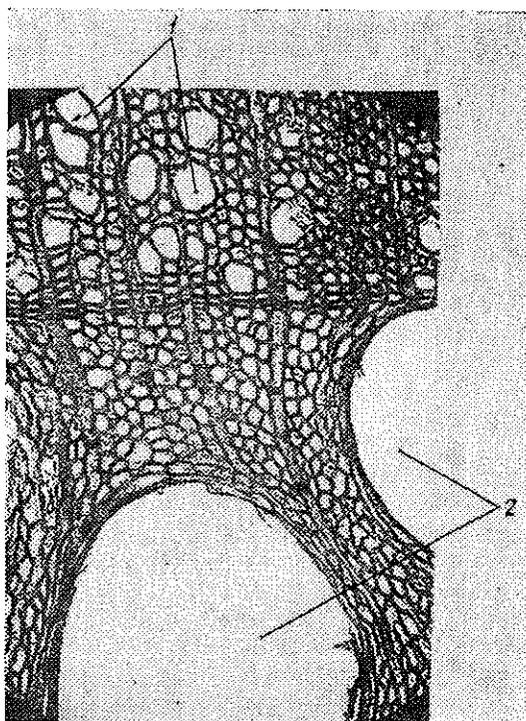


Рис. 6. Изменение формы сосудов древесины дуба при режиме сушки: $t = 80^\circ\text{C}$, $\varphi = 80\%$ (увелич. в 30 раз).

1 — мелкие сосуды; 2 — крупные сосуды.

Сжатие, деформирование клеток можно предположительно объяснить и тем, что периферийные и внутренние слои клеточных стенок, а желатинозных волокон особенно, состоят из различного количества основных компонентов (целлюлоза, гемицеллюлоза и лигнин). В первичной оболочке скапливается, в основном, лигнин, а во внутренних слоях — целлюлоза и гемицеллюлоза. Гидрофильность целлюлозы и гемицеллюлозы выше, чем лигнина. Поэтому внутренние слои усыхают гораздо сильнее, чем периферийные. Это различие в усушке компонентов стенки клетки вызывает развитие растягивающих напряжений во внутренних слоях клетки и может вызвать ее деформацию. Кроме того, В. Д. Дышловой [2] установлено, что сначала высыхают и стремятся изменить свои размеры внутренние слои, граничащие с полостью клетки, через которую воздух может наиболее легко проникнуть в оболочку. Отдавая влагу, третичный слой и прилегающие к нему ламеллы вторичного слоя стремятся сократиться, но этому препятствуют периферийные слои, которые еще не начали усыхать. Это вызывает растягивающие напряжения во внутренних слоях. Когда же начнут высыхать внешние слои, то внутренние, высохнувшие в растянутом состоянии, будут, в свою очередь, сопротивляться усушке внешних слоев и вызовут в них растягивающие напряжения. Во внутренних же слоях появятся сжимающие напряжения, которые деформируют полости клеток, вызывают микротрещины и увеличивают общую усушку клетки и образца в целом.

При сушке воздухом повышенной температуры и высокой степени насыщенности данное явление, т. е. неравномерность высыхания стенки клетки и ее дополнительная деформация, проявляется значительно, чем при атмосферной сушке.

Таким образом, сушка сырой древесины дуба в условиях, когда температура агента 50 °С и выше при степени насыщенности его около 80 %, приводит к деформации и разрушению анатомических элементов древесины. Разрушение элементов древесины дуба начинается с желатинозных волокон. Наименьшая температура, при которой обнаружено их разрушение, равна 50 °С. Остальные анатомические элементы дуба деформируются и разрушаются при сушке воздухом при температуре 80 °С и выше. Степень деформации анатомических элементов различна: сильнее деформируется древесная паренхима, меньше — трахеиды, мелкие сосуды, волокна либриформа, узкие сердцевинные лучи.

Для получения высококачественного материала с полным сохранением структуры всех анатомических элементов сырую древесину дуба в начальный период обработки необходимо сушить воздухом при температуре 40—45 °С и степени насыщенности около 80 %. Для сохранения структуры основных анатомических элементов, выполняющих механическую функцию, сырую древесину дуба рекомендуется сушить при температуре агента в области 65—70 °С и степени насыщенности около 80 %.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Вихров В. Е. Строение и физико-механические свойства древесины дуба. — М.: Изд-во АН СССР, 1954. [2]. Дышловая В. Д. Механизм усушки внутренних слоев оболочек поздних трахенд ели. — В кн.: Науч. тр. ЦНИИМОДа, вып. 21, Архангельск, 1969. [3]. Дьяконов К. Ф., Курьянова Т. К. Усадка дубовых заготовок при различных способах сушки. — В кн.: Сушка древесины. Архангельск, 1975. [4]. Никитин Н. И. Химия древесины и целлюлозы. — М.—Л.: Изд-во АН СССР, 1962. [5]. Эсау К. Анатомия растений. — М.: Мир, 1969. [6]. Höster H.-R., Spring Ch. Zur Bestimmung von Zellartenanteilen in Holzgewebe. — *Mikroskopie*, 1971, Bd 27.

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 678.6

**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ
ЛИГНОКАРБАМИДОФОРМАЛЬДЕГИДНЫХ СМОЛ
С УЛУЧШЕННЫМИ
ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ***В. И. АЗАРОВ, И. Н. КОВЕРНИНСКИЙ, Г. В. ЗАЙЦЕВА*

Московский лесотехнический институт

В качестве связующих и клеев в деревообрабатывающей промышленности широко применяют карбамидоформальдегидные смолы [3]. Но наряду с ценными технологическими свойствами — высокой адгезией и скоростью отверждения, простотой и удобством применения — они обладают и рядом отрицательных свойств: малой стабильностью растворов при хранении, большой хрупкостью и отсутствием водостойкости.

Имеется положительный опыт использования в качестве наполнителя и модифицирующей добавки в карбамидоформальдегидные смолы сульфитно-спиртовой барды [2, 3], которую вводят в количестве до 30 % от массы смолы. Модифицированные бардой смолы нашли применение в клеевых композициях при изготовлении фанеры с холодной подпрессовкой пакетов. Но главный недостаток соединений на таких клеях — снижение и без того низкой водостойкости их.

В настоящей работе поставлена задача — улучшить свойства карбамидоформальдегидных смол, используя лигнинные вещества сульфатного метода производства целлюлозы. При анализе литературных данных и лабораторной проверке различных лигнинных веществ выяснилось, что наибольшим положительным эффектом обладает щелочной (сульфатный) лигнин. Хорошие результаты дали также лигносульфаты, но клеевые соединения на их основе по водостойкости не превосходят обычные смолы.

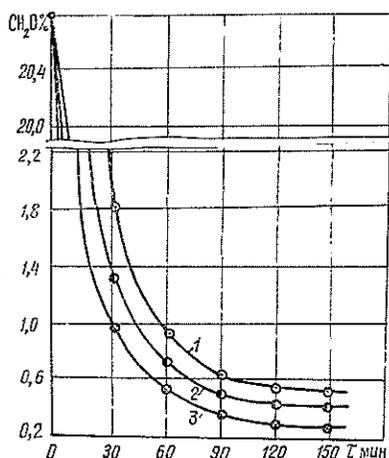
Известно, что основной способ получения карбамидоформальдегидных смол — конденсация исходных мономеров в условиях переменного значения pH сначала в нейтральной или слабощелочной среде, где происходит образование метилольных производных карбамида, а затем в кислой, где образуются олигомерные продукты [1, 5].

Первую стадию синтеза лигнокарбамидоформальдегидной смолы проводили при pH 9,0—9,5. Исходное значение pH обусловлено свойствами щелочного лигнина, образующего устойчивые растворы при pH 9 и более.

Полученные данные по изменению содержания свободного формальдегида в процессе синтеза смол (см. рис.) показали, что процесс взаимодействия карбамида и щелочного сульфатного лигнина с формальдегидом до установления равновесия протекает практически за 90 мин. Это время определяет продолжительность первой стадии синтеза.

Вторую стадию синтеза вели в кислой среде при pH 5,6—6,0 в течение 60 мин.

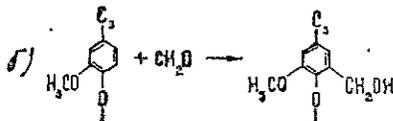
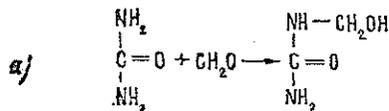
Литературные сведения [4] о том, что щелочной лигнин реагирует с формальдегидом, фурфуролом и другими альдегидами, подтвердились проведенными исследованиями. Так, из кинетических данных по снижению формальдегида в процессе получения модифицированных смол



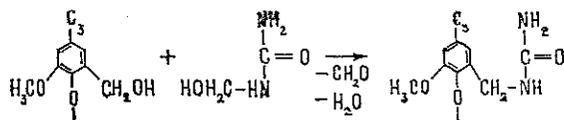
Изменение содержания свободного формальдегида CH_2O при конденсации лигнокарбаминоформальдегидных смол во времени τ .

1 — $T = 75$; 2 — 85; 3 — 95 °C. Соотношение компонентов карбамид: формальдегид = 1:1,8, щелочной лигнин — 30% от общей массы карбамида и формальдегида.

В щелочной среде (на первой стадии синтеза) возможно протекание следующих реакций:



Повышение содержания свободного формальдегида в смоле при дальнейшей поликонденсации в кислой среде можно объяснить взаимодействием метилольных производных карбамида и лигнина с выделением воды и свободного формальдегида



при различных температурах и одинаковом содержании модификатора (см. рис.) видно, что температура процесса оказывает большое влияние на реакцию поликонденсации. С наибольшей скоростью свободный формальдегид расходуется на реакцию при повышении температуры синтеза до 95 °C. При этом образуются сложные смолообразные продукты, которые содержат меньше свободного формальдегида и быстрее отверждаются. В дальнейшем лигнокарбаминоформальдегидные смолы синтезировались при температуре 95 °C.

Из результатов, представленных на рисунке, видно, что связывание формальдегида происходит с большей скоростью на первой стадии синтеза, чем впоследствии; на второй стадии содержание свободного формальдегида несколько увеличивается, что связано с выделением его в результате протекания реакций между метилольными производными карбамида и лигнина.

Смолы, синтезированные по единому технологическому режиму при температуре 95 °С, анализировали по ГОСТу 14231—78. Физико-механические показатели модифицированных карбамидоформальдегидных смол в зависимости от соотношения компонентов представлены в таблице. Для сравнения приведены показатели контрольной смолы.

Соотношение компонентов карбамид (К) : формальдегид (Ф) (с массовой долей сухого остатка 65 %)	Физико-механические показатели смолы						
	pH	Вязкость по ВЗ-4, с	Содержание свободного CH_2O , %	Длительность желатинизации при 100 °С с 1 % NH_4Cl , с	Стабильность при хранении, мес.	Водостойкость при кипячении в воде, мин	Водостойкость при 67 °С по методу DIN, мин
1 : 1,8	7,5	25	2,10	40	1—2	—	15
1 : 1,8; лигнин — 5 % от (К + Ф)	7,5	27	0,85	42	4—5	15	50
1 : 1,8; лигнин — 10 % от (К + Ф)	7,5	30	0,62	50	5—6	30	150
1 : 1,8; лигнин — 20 % от (К + Ф)	7,5	40	0,46	74	6—7	25	120
1 : 1,8; лигнин — 30 % от (К + Ф)	7,5	50	0,31	95	7—8	20	100

Установлено, что введение щелочного сульфатного лигнина существенно снижает содержание свободного формальдегида: 0,31 против 2,1 % в контрольной смоле.

Вязкость модифицированных карбамидоформальдегидных смол и длительность желатинизации при 100 °С возрастают с увеличением содержания лигнина в смолах.

Были проведены испытания на водостойкость клеевых соединений фанеры, для этого образцы выдерживали в водяной бане при температуре 100 и 67 °С [6]. Установлено, что применение модифицированных щелочным сульфатным лигнином карбамидоформальдегидных клеев для фанеры придает клеевому соединению стойкость к действию горячей и даже кипящей воды.

Следовательно, щелочной сульфатный лигнин является активным компонентом карбамидоформальдегидных смол, обеспечивающим улучшение физико-механических свойств олигомеров и полимеров.

Разработанные лигнокарбамидоформальдегидные смолы обладают низкой токсичностью, высокой стабильностью при хранении, а клеевые соединения на их основе имеют повышенную водостойкость по сравнению с карбамидоформальдегидными смолами промышленных марок КФ-Ж, КФ-МТ, КФ-Б. Модификация смол лигнином экономически выгодна, так как уменьшается расход на единицу продукции карбамида и формальдегида и снижается себестоимость смолы.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Вирша З., Бжезинский Я. Аминопласты.— М.: Химия, 1973.— 343 с.
 [2]. Галюк Л. Г. Фанера и плиты.— М.: ВНИПИЭИлеспром, 1974, № 12, с. 7—8.
 [3]. Дорони Ю. Г., Свиткина М. М., Мирошниченко С. Н. Синтетические смолы в деревообработке.— М.: Лесн. пром-сть, 1979.— 207 с. [4]. Золдернс Ю. А. Исследование процесса образования лигнинформальдегидных новолачных смол: Автореф. дис. ... канд. хим. наук.— Рига, 1968. [5]. Николаев А. Ф. Синтетические полимеры и пластические массы на их основе.— 2-е изд.— М.—Л.: Химия, 1966.— 768 с.
 [6]. Фанера клееная. Требования к качеству.— DIN 68705, ч. 1—68.

Поступила 21 сентября 1984 г.

УДК 630*813

**ВАРКА ЛИСТВЕННИЦЫ
БЕССЕРНИСТЫМИ ЩЕЛОЧНЫМИ СПОСОБАМИ
С ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ЭКСТРАКЦИЕЙ
ВОДОРАСТВОРИМЫХ ВЕЩЕСТВ**

Э. И. ГЕРМЕР, В. С. КУДРЯВЦЕВ

Ленинградский технологический институт ЦБП

Проблема переработки лиственницы на целлюлозные полуфабрикаты остается актуальной.

Авторы данной работы считают, что, независимо от вида и назначения получаемого полуфабриката, варку лиственницы практически любыми способами желательно проводить после предварительной экстракции водорастворимых веществ (ВРВ) при их содержании около 8 % и более от массы абс. сухой древесины (а. с. д.). Обычно же ВРВ удаляют только при получении целлюлозы для химической переработки [3].

Извлечение ВРВ желательно как с точки зрения последующего получения из экстракта широкой гаммы ценнейших соединений, используемых для получения кормовых добавок, витаминов, лекарств и т. д., так и с точки зрения существенного повышения качества получаемой целлюлозы и снижения расхода химикатов на варку.

Относительно низкие прочностные свойства щелочной целлюлозы из лиственницы обусловлены не только толщиной стенок и жесткостью ее трахеид, но, по-видимому, и необычно высоким содержанием в ней ВРВ (арабогалактана), требующих на нейтрализацию продуктов гидролиза избытка щелочи, который до нейтрализации воздействует на клетчатку и гемицеллюлозы, снижая выход и прочность получаемой целлюлозы и увеличивая расход щелочи на варку.

Настоящее исследование выполнено с предварительной экстракцией из лиственницы ВРВ одним из испытанных способов: традиционным водным предгидролизом щепы или ее обработкой в поле механических колебаний в роторно-пульсационном аппарате (РПА)*.

Предварительная экстракция ВРВ, например предгидролизом, приводит к стабилизации полисахаридов, некоторой деструкции лигнина и его частичному растворению, разрыхлению древесной ткани [5]. Эти процессы способствуют последующей щелочной делигнификации с той лишь оговоркой, что предгидролиз должен быть проведен по режиму, исключающему значительное развитие конденсационных процессов в лигнине [3].

Использовали шепу сибирской лиственницы *Larix sibirica* Ldb., содержащую 16,68 % ВРВ. Водным предгидролизом (67 мин при 150 °С, гидромодуль 5) удаляли 12,94 % ВРВ. Одноступенчатой водной экстракцией в РПА (7 с при 20 °С с частотой пульсации среды 850 Гц и гидромодуле 15) удаляли 10,41 % ВРВ. Условия щелочных варок: 170 °С, гидромодуль — 4,5, расход активной щелочи в ед. Na₂O — 14 и 18 % от массы а. с. д. соответственно для полуфабрикатов высокого выхода и целлюлозы. При натронно-содовых варках соотношение NaOH:Na₂CO₃ = 7:3; при сульфатных варках сульфидность — 25 %, добавка антрахинона (АХ) — 0,2 % от массы а. с. д. Показатели механической прочности и степень делигнификации полуфабрикатов определяли по действующим ГОСТам, прочие анализы — по общепринятым методам [1].

* Авторы благодарят А. А. Барама, Б. А. Любарского за помощь в проведении опытов по экстракции лиственничной щепы в РПА.

№ п/п	Способ предварительной экстракции волокон: водорастворимых веществ	Добавка АХ, % от массы а. с. д.	Варка на конечной температуре, мин	Выход целлюлозы, % от массы а. с.		Степень деликатности по перманганатному числу	Разрывная длина, м	Спрогивание			pH ₂₅ отб. тан. ного целлюлоза	Расход щелочи на варку (в ед. Na ₂ O, % от массы а. с. д.)	
				древесины	экстракта			из. лому, ч.д.л.	раздирно, МН	продавливо, кПа			
Натронные варки													
1	ПГ	—	40	55,0	63,2	178	5700	160	947	226	12,7	11,4	
			90	42,1	48,4	95,2	5650	310	1051	216	12,9	12,6	
2	РПА	—	30	53,9	61,9	163	4600	58	746	167	12,7	11,1	
			82	41,4	47,5	99,8	5050	135	932	187	12,8	12,9	
3	ПГ	0,2	14	49,3	56,6	122	5900	430	1167	255	12,2	10,8	
		0,2	35	41,5	47,7	65,7	7850	1060	1089	334	12,4	12,4	
4	РПА	0,2	10	49,9	57,4	115	6400	180	839	285	12,3	10,5	
		0,2	30	41,5	47,7	63,7	7200	520	1148	304	12,5	11,7	
Натронно-содовые варки													
5	ПГ	—	80	61,6	70,8	231	3750	13	711	118	9,7	9,6	
			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
6	РПА	—	70	54,5	62,9	206	3600	7	458	103	11,0	9,3	
			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Сульфатные варки													
7	ПГ	—	40	37,3	42,8	43,8	6650	1180	1059	314	12,3	10,5	
			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
8	»	0,2	13	38,8	44,6	40,1	7650	2030	1158	392	12,5	10,2	
			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
9	РПА	—	15	40,9	47,0	73,4	7400	440	986	324	12,3	9,4	
			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
10	»	0,2	10	42,7	49,1	71,1	7700	540	1064	363	12,3	8,4	
			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

Примечание, ПГ — предгидролиз.

В таблице приведены данные для полуфабрикатов высокого выхода (числитель дроби) и для жесткой целлюлозы (знаменатель дроби) после предварительной экстракции ВРВ.

Из таблицы видно, что даже посредством обычной натронной варки из лиственницы можно получить полуфабрикат высокого выхода (варка 1) с вполне приемлемыми для полуцеллюлозы показателями (выход нормальной целлюлозы из лиственницы с аналогичным содержанием ВРВ составляет около 44 % от массы а. с. д.). По прочностным свойствам такой полуфабрикат практически не уступает полуцеллюлозам, полученным из лиственницы наиболее приемлемыми для этой цели бисульфитным [6], нейтрально-сульфитным [4, с. 375] и сульфатным [7] способами.

Следует отметить, что для правильной характеристики полуфабрикатов высокого выхода (полуцеллюлоза, ЦВВ) достаточно наличия двух, редко трех показателей физико-механической прочности, особен-

но, если известен вид готовой продукции, в композиции которой предполагается использовать полуфабрикат. При характеристике по всем традиционным четырем прочностным показателям можно признать негодным вполне качественный волокнистый материал.

При добавке АХ качество натронной полуцеллюлозы заметно повышается (сравнить варки 1 и 3, 2 и 4 в таблице). Так, сопротивление излому возрастает в 2,7—3,1 раза. В определенной степени это связано с получением несколько более проваренного полуфабриката [7] и сопровождается некоторым снижением выхода.

Добавка АХ при варке, которой предшествовала экстракция ВРВ в РПА, показала, по сравнению с предгидролизом, несколько худшие результаты (см. таблицу), что в определенной степени объясняется неоптимальными условиями предварительной обработки в РПА. При экстракции в РПА после добавки АХ все показатели прочности (кроме сопротивления раздиранию, которое и так велико) возросли на 15—50 %. Вероятно, это связано с тем, что под влиянием АХ стабилизация полисахаридов в фибриллированных волокнах, частично поврежденных при прохождении щепы в прорези ротора и статора РПА, сказывается на увеличении прочностных свойств полуфабриката более заметно, чем стабилизация неповрежденных волокон после традиционного предгидролиза, находящихся в более плотной упаковке в составе лигноуглеводной матрицы.

Однако не исключено, что обнаруженный эффект связан с несколько большим остаточным содержанием ВРВ после экстракции в РПА — 6,3 % по сравнению с 3,8 % от массы а. с. д. после предгидролиза. Эти вещества, легко гидролизуются на ранней стадии варки в простые сахара, способствуют восстановлению нерастворимого АХ в растворимый антрогидрохинон (или семихинон) и, тем самым, могут ускорить вступление АХ в каталитический цикл, обуславливающий ускорение делигнификации и повышение стабильности углеводов древесного остатка [2]. Если это предположение верно, то, следовательно, полная предварительная экстракция легкогидролизуемых ВРВ нежелательна в случае натронно-антрахиноновых варок лиственницы; некоторое их количество (по-видимому, 3—5 % от массы а. с. д.) лучше сохранить.

Сравнение результатов варок 1 и 5, 2 и 6 в таблице однозначно показывает, что при натронно-содовой варке, даже при предварительной экстракции ВРВ, получается полуфабрикат, который по скорости делигнификации и прочностным показателям значительно уступает натронному. Из таблицы (опыт 1) видно, что, используя предварительную экстракцию ВРВ, из лиственницы обычным натронным способом удается получить также целлюлозу приемлемого качества (кроме величины сопротивления излому), пригодную для производства различных бумаг.

Положительное влияние на качество получаемой целлюлозы и скорость делигнификации оказывает небольшая добавка АХ (сравнить опыты 1 и 3, 2 и 4).

Сравнение результатов опытов 3 и 5 показывает, что добавка АХ приводит к получению натронным способом целлюлозы, которая по прочностным свойствам даже несколько выше сульфатной при практически одинаковой скорости делигнификации. При переходе от обычной натронной варки к натронно-антрахиноновой скорость делигнификации возрастает примерно в 3 раза, разрывная длина — на 40 %, сопротивление излому — в 3,6 раза, раздиранию — на 15 %, продавливанию — в 1,55 раза. При сульфатной варке аналогичная добавка АХ дает заметно меньшее, хотя и вполне ощутимое улучшение (сравнить в таблице опыты 7 и 8, 9 и 10).

Как видно из данных таблицы, для экстракции ВРВ можно использовать оба упомянутых способа. Применение РПА, по сравнению с тра-

диционным водным предгидролизом, привело к снижению прочностных показателей, однако отрицательное воздействие экстракции в этом случае можно уменьшить путем ступенчатой обработки, обработки в поле механических колебаний, передаваемых через экстрагент, оптимизации конструкции РПА и режима экстракции в нем и т. д. Применение РПА имеет и существенные преимущества: малые габариты аппарата, снижение продолжительности экстракции почти в 600 раз, уменьшение расхода энергии в 70 раз, повышенная сохранность ценных водоэкстрактивных веществ.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Варка сульфитной целлюлозы. Ч. 2. Методические указания к лабораторным работам/ Под ред. Ю. Г. Бутко.— Л., 1980.— 57 с. [2]. Гермер Э. И., Галузин Н. Г. Действие антрахинона на основных стадиях натронно-антрахинонной варки.— Химия древесины, 1982, № 5, с. 31—35. [3]. Косая Г. С. Древесина лиственницы как сырье для получения сульфатной целлюлозы для химической переработки.— В кн.: Применение лиственницы в качестве сырья для целлюлозно-бумажной промышленности. Л., 1971, с. 48—58. [4]. Лендье П., Морвай Ш. Химия и технология целлюлозного производства/Пер. с нем.— М.: Лесн. пром-сть, 1978.— 544 с. [5]. Миронова Т. Я. Окислительно-щелочной способ делигнификации древесины: Дис. ... канд. техн. наук.— Л., 1980.— 20 с. [6]. Пен Р. З., Менчер Э. М., Пискун Т. А. Целлюлоза из древесины лиственницы. Свойства бисульфитной полуцеллюлозы из лиственничной и смешанной хвойной древесины.— Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1971, № 5, с. 93—97. [7]. Пен Р. З., Хаустова Л. Г., Иоффе Г. М. Целлюлоза из древесины лиственницы. Сульфатная варка даурской лиственницы.— Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1970, № 5, с. 85—89.

Поступила 20 февраля 1985 г.

УДК 630*867.5

АКТИВНЫЕ УГЛИ ИЗ ЛЕСОСЕЧНЫХ ОТХОДОВ ХВОЙНЫХ ПОРОД СИБИРИ

В. Н. ВАХТЕЛЬ, В. С. ПЕТРОВ

Сибирский технологический институт

Цель настоящей работы — получить активные угли из лесосечных отходов ели, сосны, пихты и лиственницы и изучить их физико-химические характеристики и параметры пористой структуры для установления возможности переработки лесосечных отходов на некоторые марки активных углей при совместном присутствии перечисленных хвойных пород.

В табл. 1. представлена характеристика угля-сырца, который получили по технологии, описанной в работе [1].

Из данных табл. 1 следует, что уголь-сырец из лесосечных отходов хвойных Сибири обладает достаточно высоким содержанием нелетуче-

Таблица 1

Порода древесины	Характеристика угля-сырца					Суммарная пористость по воде V_{Σ} , см ³ /г
	Содержание летучего углерода, %	Количество общей золь, %	Активность по йоду, %	Осветляющая способность		
				по метиленовому голубому, мг/л	по мелассе, %	
Ель	84,10	1,97	22,20	20,40	4,00	2,50
Сосна	83,30	1,10	24,60	14,50	6,00	2,85
Пихта	91,10	2,20	23,90	12,60	4,00	2,20
Лиственница	89,30	1,90	25,07	9,80	5,00	2,05

Таблица 2

Порода древесины	Вид угля	Обгар, %	Удельный объем пор, см ³ /г				Удельная поверхность переходных пор S_y , м ² /г	Структурные характеристики	
			V _{ДН₂O}	V _{SC₂H₆}	V _{микро}	V _{мезо}		V _{макро}	W ₀ , см ³ /г
Лиственница	Сырец активированный	—	2,05	0,12	0,11	0,01	10,5	—	—
	»	10	3,08	0,23	0,15	0,08	50,2	0,17	0,67
	»	32	3,37	0,36	0,18	0,18	110,0	0,20	0,74
Ель	Сырец активированный	—	2,57	0,14	0,09	0,05	28,6	—	—
	»	12	3,01	0,30	0,17	0,13	84,7	0,20	0,67
	»	32	3,28	0,38	0,20	0,18	117,4	0,25	0,73
Пихта	Сырец активированный	—	2,20	0,13	0,10	0,03	16,9	—	—
	»	11	2,52	0,25	0,16	0,09	62,9	0,19	0,57
	»	33	2,72	0,34	0,19	0,15	96,7	0,22	0,69
Сосна	Сырец активированный	49	2,91	0,44	0,22	0,22	147,5	0,26	0,75
	»	13	4,32	0,30	0,19	0,11	75,8	0,22	0,47
	»	34	4,60	0,40	0,23	0,17	106,5	0,27	0,52
	»	50	4,93	0,49	0,24	0,25	152,0	0,30	0,85

Примечание. W₀ — предельный адсорбционный объем пор; B — константа, характеризующая косвенным образом размеры микропор.

го углерода, небольшой зольностью, значительной суммарной пористостью по воде и слабой сорбционной способностью при сорбции из растворов.

Уголь-сырец дробили и рассевали на сите, для приготовления активных углей брали фракцию 2—5 мм. Активацию проводили при температуре 850 ± 20 °С водяным паром до различных обгаров. Для исследования структуры и сорбционных свойств полученных углей использовали пикнометрический, ртутнопорометрический и сорбционный методы [3—8].

В табл. 2 приведена характеристика пористой структуры углей. Показатели дают основание отнести исследуемую серию углей к тонкопо-

ристым адсорбентам. Как известно, степень активирования углей определяется величиной обгара. Прогрессивное повышение степени активирования приводит к увеличению объемов микро-, мезо- и макропор.

Из данных табл. 2 видно, что при увеличении степени активирования объемы микропор у углей из лиственницы и пихты возрастают в 1,5 раза при достижении обгаров 10—11 % и почти в 2 раза у углей из ели по сравнению с углем-сырцом. У углей из лиственницы объем мезопор увеличивается в 8 раз, а у углей из ели и пихты — в 3 раза при тех же обгарах.

Активирование до 32—34 % обгара приводит к увеличению объема микропор всех образцов на 0,03—0,04 см³/г. Объем мезопор продолжает расти у углей из лесосечных отходов всех хвойных, более значительно — у углей из лиственницы. При обгарах 48—50 % объем микропор достигает размеров 0,22—0,24 см³/г у углей из всех перечисленных хвойных. Объем мезопор наибольший у углей из лиственницы — 0,28 см³/г, наименьший у углей из пихты — 0,22 см³/г.

Удельные поверхности переходных пор углей в процессе прогрессивного увеличения степени активирования закономерно возрастают, достигая размеров 148—157 м²/г, и при обгарах 48—50 % практически мало отличаются друг от друга.

Данные распределения объемов пор активных углей с обгарами 48—50 % по эквивалентным радиусам, полученные методом вдавливания ртути, представлены в табл. 3.

Таблица 3

Интервал радиусов, Å	Объем пор углей, см ³ /см ³ , из лесосечных отходов породы			
	ели (обгар 49 %)	сосны (обгар 50 %)	пихты (обгар 49 %)	лиственницы (обгар 48 %)
184 580—92 290	0,032	0,229	0,048	0,101
92 290—17 640	0,334	0,357	0,278	0,364
17 640—1484	0,245	0,166	0,303	0,228
1484—94	0,055	0,039	0,012	0,046
94—30	0,079	0,046	0,009	0,025

Как следует из данных табл. 3, преобладающий радиус макропор у ели, сосны и лиственницы находится в интервале 92 290—17 640 Å. Максимальный объем пор в области эквивалентных радиусов 1484—30 Å обнаружен у ели.

Предельные сорбционные объемы пор неактивированных углей практически одинаковы. По мере увеличения степени активирования углей от 0 до 50 % суммарная пористость и предельные сорбционные объемы углей возрастают и при близких обгарах предельные сорбционные объемы углей незначительно отличаются друг от друга. Развитие суммарного объема пор в единице объема углей в процессе прогрессирующего активирования, как свидетельствуют данные табл. 2, происходит за счет роста предельного объема сорбционного пространства и в меньшей степени за счет объема макропор. Сорбционное пространство увеличивается вследствие развития объемов микро- и мезопор, причем объем микропор в единице объема углей более активно развивается при активировании до обгаров 32 %, а объем мезопор развивается в большей степени в интервале обгаров 32—50 %.

Наибольшей суммарной пористостью и объемом макропор обладают угли из лесосечных отходов сосны, а наибольший предельный объем сорбционного пространства имеют угли из лесосечных отходов ели.

Константа B с увеличением степени активирования увеличивается для исследуемых образцов от $0,47 \cdot 10^{-6}$ до $0,85 \cdot 10^{-6}$.

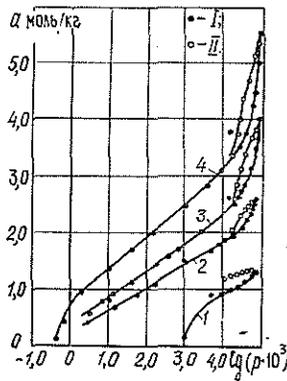


Рис. 1. Изотермы сорбции паров бензола при 20 °С углями из лесосечных отходов лиственницы.

1 — углем-сырцом; 2 — активированным углем с обгаром 10 %; 3 — то же с обгаром 32 %; 4 — то же с обгаром 48 %; I — адсорбция; II — десорбция; α — удельная сорбция бензола; p — парциальное давление бензола.

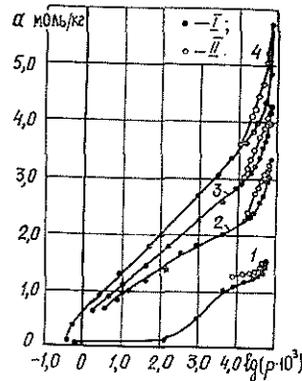


Рис. 2. Изотермы сорбции паров бензола при 20 °С углями из лесосечных отходов ели.

1 — углем-сырцом; 2 — активированным углем с обгаром 12 %; 3 — то же с обгаром 32 %; 4 — то же с обгаром 49 %; I — адсорбция; II — десорбция.

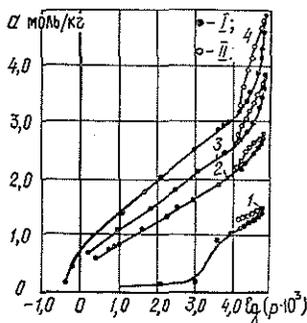


Рис. 3. Изотермы сорбции паров бензола при 20 °С углями из лесосечных отходов пихты.

1 — углем-сырцом; 2 — активированным углем с обгаром 11 %; 3 — то же с обгаром 33 %; 4 — то же с обгаром 49 %; I — адсорбция; II — десорбция.

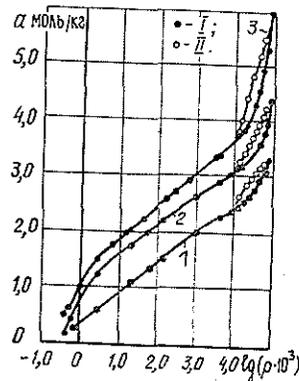


Рис. 4. Изотермы сорбции паров бензола при 20 °С углями из лесосечных отходов сосны с обгарами.

1 — 13 %; 2 — 34 %; 3 — 50 %; I — адсорбция; II — десорбция.

Предельный адсорбционный объем W_0 в процессе прогрессирующего активирования возрастает и при обгарах 48—50 % достигает 0,30 см³/г угля из лесосечных отходов ели и сосны.

На рис. 1—4 изображены изотермы сорбции паров бензола углями из лесосечных отходов хвойных Сибири с различной степенью активирования. Ход изотерм, а следовательно, и сорбционная активность по парам бензола углей из лесосечных отходов ели, сосны, пихты и лиственницы с близкими обгарами во всем интервале равновесных давлений отличаются незначительно.

Таблица 4

Порода древесины	Свойства углей				Зольность, %
	Обгар, %	Сорбционная активность по йоду, %	Осветляющая способность		
			по меласе, %	по метиленовому голубому, мг/л	
Ель	12	46	14	60	2,4
	32	75	96	199	3,5
	49	109	143	287	4,4
Сосна	13	59	19	58	1,6
	34	88	94	180	2,4
	50	108	121	345	3,9
Пихта	11	38	11	35	3,1
	33	70	86	172	4,2
	49	104	134	274	6,4
Лиственница	10	34	18	64	2,6
	32	62	85	190	3,7
	48	103	114	280	5,0

В табл. 4 приведены свойства углей с различной степенью активирования. Представленные результаты показывают, что более высокую сорбционную активность по йоду у образцов с обгарами 10—12 % имеют угли из лесосечных отходов сосны. Однако с увеличением степени обгара различие в обсуждаемой характеристике становится несущественным.

Осветляющая способность по мелассе и метиленовому голубому у образцов углей с обгарами 10—12 % практически одинакова, с увеличением степени активирования до 50 % обгара осветляющая способность у углей из лесосечных отходов различных хвойных пород имеет некоторое отличие.

Сорбционная активность по йоду и осветляющая способность углей с обгарами 48—50 % находятся на уровне и выше промышленных углей.

Для практического использования древесноугольных адсорбентов в ряде случаев необходимо знать состав минеральной части угля. Химический состав золы активных углей из лесосечных отходов хвойных Сибири представлен в табл. 5 [2].

Таблица 5

Порода древесины	Химический состав золы активных углей, %								
	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	S _{общ}
Ель	2,92	0,10	7,78	4,30	42,75	6,98	7,12	1,56	0,23
Сосна	3,75	0,10	6,75	10,79	33,90	11,94	5,05	2,49	0,08
Пихта	3,75	0,14	8,10	5,80	36,70	13,38	—	1,54	0,10
Лиственница	4,86	0,11	8,35	9,30	38,40	9,07	6,10	1,65	0,05

Полученные результаты свидетельствуют о том, что из лесосечных отходов ели, сосны, пихты и лиственницы можно получать активные угли типа осветляющих. Учитывая незначительные различия в параметрах пористой структуры и свойствах углей, можно совместно перерабатывать отходы этих пород, что намного упростит заготовку сырья и еще более расширит сырьевую базу для производства древесных активных углей.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Вахтель-В. Н., Петров В. С. Осветляющие активные угли из лесосечных отходов хвойных пород Сибири.— Лесозаготовка и лесосплав, 1983, № 12. [2]. ГОСТ

10538.0-72. Угли бурые, каменные, антрацит, горючие сланцы и торф. Общие требования к методам химического анализа золы: Взамен ГОСТ 10538—63.— Введ 01.07.73; Срок действия до 01.01.83. [3]. Измерение изотермы адсорбции на адсорбционно-вакуумной установке с пружинными микровесами. Методические указания.— Л.: ЛТИ, 1971. [4]. Методы измерения адсорбции из растворов. (Исследование осветляющих активных углей). Методические указания.— Л.: ЛТИ, 1972. [5]. Методы анализа активных углей. Методические указания.— Л.: ЛТИ, 1973. [6]. Определение истинной и кажущейся плотностей высокодисперсных пористых тел. Методические указания.— Л.: ЛТИ, 1975. [7]. Плаченнов Т. Г. Ртутная порометрическая установка П-3М.— Л.: ЛТИ, 1968. [8]. Плаченнов Т. Г. Ртутная порометрия и ее применение для описания пористых структур адсорбентов.— В кн.: Адсорбция и пористость. М.: Наука, 1976, с. 191—198.

Поступила 22 мая 1984 г.

УДК 676.2

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНОГО ПОЛИЭТИЛЕНПОЛИАМИНА В ПРОЦЕССЕ ПОДГОТОВКИ БУМАЖНОЙ МАССЫ

П. Ф. ВАЛЕНДО, А. В. ОСИПОВ

Белорусский технологический институт

Для интенсификации процессов отлива, прессования и сушки бумажного полотна в промышленности широко применяют полиэтиленамин (ПЭИ) [3]. Этот синтетический полиэлектролит, а также его производные, в частности сополимер ПЭИ с акрилонитрилом (СПЭИА), можно использовать при проклейке бумаги в нейтральной или слабощелочной среде [1].

Промышленное производство ПЭИ в СССР пока не освоено. В связи с этим практический интерес представляет изучение свойств других синтетических полиэлектролитов сходного строения, одним из которых является высокомолекулярный полиэтиленполиамин (ВПЭПА).

Цель наших исследований — сопоставить действие добавок ВПЭПА и СПЭИА на бумажную массу.

Опытные образцы бумаги (массой 80 г/м²) изготавливали из суспензии сульфатной целлюлозы (марки БС-2 со степенью помола 35 °ШР) по стандартной методике на аппарате ЦБТФ. Проклейку проводили в массе таллово-парафиновой дисперсией. В качестве коагулянта использовали растворы СПЭИА и ВПЭПА с массовым содержанием 0,25 %.

Результаты испытаний приведены в табл. 1.

Таблица 1

Вид полиэлектролита, вводимого в бумажную массу	Расход полиэлектролита, % от массы абс. сухого волокна	Расход парафиновой дисперсии, % от массы абс. сухого волокна	Впитываемость при одностороннем смачивании, г/м ²	Благопрочность, %	Разрывная длина, м
—	0,00	2	137,4	1,95	8600
СПЭИА	0,10	2	37,3	3,13	7920
ВПЭПА	0,10	2	36,9	3,29	7900
СПЭИА	0,25	2	30,1	5,93	7800
ВПЭПА	0,25	2	31,2	6,10	8020
СПЭИА	0,50	2	31,2	8,87	8050
ВПЭПА	0,50	2	31,0	8,60	7960
—	0,00	3	106,2	2,34	8230
СПЭПА	0,10	3	29,4	3,86	7640
ВПЭПА	0,10	3	30,1	3,49	7590
СПЭИА	0,25	3	24,3	6,88	7620
ВПЭПА	0,25	3	25,0	6,57	7810
СПЭИА	0,50	3	26,8	9,60	7750
ВПЭПА	0,50	3	25,7	9,62	7700

Из данных табл. 1 следует, что бумага с добавками ВПЭПА не уступает по качеству бумаге со СПЭИА. В связи с этим практическую ценность имеет разработка оптимального состава бумажной массы, содержащей, кроме волокнистого полуфабриката, таллово-парафиновую дисперсию и ВПЭПА. Нами проведен четырехфакторный эксперимент на трех уровнях по неполному факторному плану $3^4//27$ [2] (табл. 2).

Таблица 2

Расход ВПЭПА x_1 , % от массы абс. сухого волокна	Расход парафиновой дисперсии x_2 , % от массы абс. сухого волокна	Молекулярная масса ВПЭПА x_3 , тыс. у. е.	pH раствора ВПЭПА x_4	Расход ВПЭПА x_1 , % от массы абс. сухого волокна	Расход парафиновой дисперсии x_2 , % от массы абс. сухого волокна	Молекулярная масса ВПЭПА x_3 , тыс. у. е.	pH раствора ВПЭПА x_4
0,25	1	15	5,70	1,00	2	30	5,70
1,00	1	15	9,60	2,00	2	30	9,60
2,00	1	15	11,55	0,25	3	30	5,70
0,25	2	15	9,60	1,00	3	30	9,60
1,00	2	15	11,55	2,00	3	30	11,55
2,00	2	15	5,70	0,25	1	70	11,55
0,25	3	15	11,55	1,00	1	70	5,70
1,00	3	15	5,70	2,00	1	70	9,60
2,00	3	15	9,60	0,25	2	70	5,70
0,25	1	30	9,60	1,00	2	70	9,60
1,00	1	30	11,55	2,00	2	70	11,55
2,00	1	30	5,70	0,25	3	70	9,60
0,25	2	30	11,55	1,00	3	70	11,55
				2,00	3	70	5,70

При проведении эксперимента опытные образцы бумаги изготовляли из целлюлозы марки БС-2. Экспериментальные данные обработаны на ЭВМ «Мир-2»; получены математические описания показателей качества бумаги y в виде:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{14}x_1x_4 + b_{23}x_2x_3 + b_{24}x_2x_4 + b_{34}x_3x_4 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2 + b_{44}x_4^2,$$

где x_1 — расход ВПЭПА, % от массы абс. сухого волокна;

x_2 — расход парафиновой дисперсии, % от массы абс. сухого волокна;

x_3 — молекулярная масса ВПЭПА, тыс. у. е.;

x_4 — pH раствора ВПЭПА.

По полученным математическим моделям проведена оптимизация композиционного состава бумажной массы методом локального поиска по двум вариантам на ЭВМ «Мир-2». В ходе оптимизации минимизировали затраты на парафиновую дисперсию и ВПЭПА.

Частицы проклеивающего вещества, осаждаясь на волокнах, ухудшают прочность бумажного листа, поэтому в первом варианте оптимизации нами была поставлена задача сохранить механическую прочность бумаги на уровне непроклеенных образцов из целлюлозы марки БС-2 со степенью помола 35 °ШР: разрывная длина — не менее 5300 м, сопротивление излому — не менее 50 двойных перегибов при низкой впитываемости бумаги при одностороннем смачивании — не более 35 г/м², достаточной для большинства видов клееной бумаги и картона.

При проведении оптимизации по второму варианту, наряду с сохранением прочностных характеристик бумаги и ее низкой впитываемости при одностороннем смачивании, требовалось придать бумаге повышенную прочность во влажном состоянии на уровне влагопрочности лабораторных образцов не менее 12 %¹ с добавкой 2,5 % меламина-формальдегидной смолы. Результаты приведены в табл. 3 и 4.

Таблица 3

Оптимальный состав бумажной массы, %	Численное значение состава для варианта оптимизации	
	I	II
Целлюлоза марки БС-2	97,75	97,50
Парафиновая дисперсия	2,00	1,70
ВПЭПА	0,25	0,80

Таблица 4

Показатель качества бумаги	Численное значение показателя для варианта оптимизации	
	I	II
Впитываемость при одностороннем смачивании, г/м ²	31,7	34,9
Влагопрочность, %	5,8	12,0
Разрывная длина, м	5420	5750
Сопротивление излому, ч. д. п.	57	54
Стоимость вспомогательных материалов, расходуемых на производство 1 т бумаги, р.	7,62	16,10

Из данных табл. 3 и 4 следует, что с целью обеспечения коагуляции парафиновой дисперсии в бумажную массу достаточно ввести 0,25 % ВПЭПА. Добавление в массу полиэлектролита в количестве 0,6—0,7 % позволяет получить бумагу с повышенной влагопрочностью.

Следовательно, ВПЭПА — эффективная добавка в процессе подготовки бумажной массы и может быть использована в производстве бумаги и картона взамен ПЭИ и его производных как для упрочнения бумаги в сухом и влажном состоянии, так и для коагуляции парафиновой дисперсии.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. с. 796290 (СССР). Бумажная масса/ П. Ф. Валендо, Н. Г. Цмыг, П. А. Гембицкий.— Оpubл. в Б. И., 1980, № 26. [2]. Бродский В. З. Введение в факторное планирование эксперимента.— М.: Наука, 1976.— 223 с. [3]. Валендо П. Ф., Цмыг Н. Г. Совершенствование технологии производства бумаги и картона в БССР.— Минск: БелНИИНИТИ, 1979.— 35 с.

Поступила 11 января 1985 г.

УДК 630*813

ЛИГНОСУЛЬФОНАТЫ БИСУЛЬФИТНЫХ ВАРОВ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ И ПОЛУЦЕЛЛЮЛОЗЫ ИЗ СИБИРСКИХ ПОРОД ДРЕВЕСИНЫ*

Л. Г. ПРИМАЧЕВА, Т. Н. БУГАЕВА, Е. В. ГРАЧЕВА

Красноярский политехнический институт

Лигносультфонаты — водорастворимые производные лигнина — имеют широкий диапазон полидисперсности. Молекулярная масса и молекулярно-массовое распределение — важные характеристики полимера, определяющие основные его свойства.

* Авторы выражают благодарность проф. ЛТА С. А. Сапотницкому за помощь в обсуждении результатов исследований и ценные советы.

Данная работа посвящена исследованию молекулярно-массового распределения технических лигносульфонатов магний-бисульфитной варки хвойных и лиственных пород древесины Красноярского и Томского лесосырьевых районов. По морфологическим и структурным данным сибирские породы отличаются от европейских, поэтому интересно изучить продукты их делигнификации.

На Красноярском ЦБК варку хвойных и лиственных пород древесины производят в соответствии с особенностями их делигнификации. По магний-бисульфитному способу варка целлюлозы нормального выхода протекает в течение 8 ч при температуре 158 °С, рН 4,0. Режим варки древесины хвойных пород (лихты и ели) постоянен, поэтому различные партии щелоков целлюлозного производства содержат лигносульфонаты примерно одинаковой полидисперсности. Варку хвойных и лиственных пород древесины для получения полуцеллюлозы производят в соответствии с породным составом древесины: общая продолжительность варки 4,5 ч, температура 170 °С, рН для лиственных пород древесины 6,4, хвойных — 4,5, смеси пород — 4,9—5,5.

Разные режимы варок обуславливают неодинаковое прохождение основных типов реакций в процессе делигнификации: 1) способствующих фрагментации лигнина; 2) конденсации и полимеризации. В связи с этим различается полидисперсность технических лигносульфонатов.

Мы использовали два метода определения полидисперсности лигносульфонатов: дробное разделение, основанное на осаждении фракций лигносульфонатов ацетоном с последующим определением молекулярных масс вискозиметрическим методом, и гель-хроматографию лигносульфонатов на сефадексах G-75, G-100 и G-200.

Вискозиметрию можно применять лишь в тех случаях, когда эмпирически установлена зависимость вязкости от молекулярной массы для полисахаридов известного типа [3]. Нами рассчитаны молекулярные массы с целью определения молекулярно-массового распределения технических лигносульфонатов; при этом коэффициенты к уравнению Марка — Хаувинка приняты аналогичными приведенным в работе [1] для СДБ:

$$[\eta] = 6,7 \cdot 10^{-6} M^{0,87}.$$

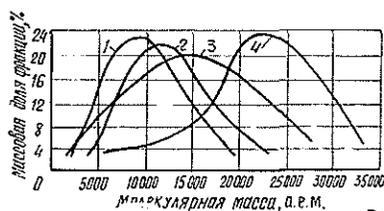
Вязкость растворов полимеров определяется не только молекулярной массой, но и формой молекулы, концентрацией раствора и характером взаимодействия полимера с растворителем. Для устранения полиэлектролитного эффекта пробы растворяли в 0,5 %-ном растворе хлористого лития. Раствор концентратов технических лигносульфонатов (10 %-ный) подвергали дробному осаждению ацетоном, определяли процентное содержание каждой фракции от общего содержания сухих в щелоке, а также молекулярные массы фракций.

Технические лигносульфонаты от варки хвойных пород древесины были расфракционированы на 10 фракций, молекулярные массы которых изменяются в пределах $(5,3—36) \cdot 10^3$. Молекулярно-массовое распределение показало, что наибольшее содержание лигносульфонатов (59,4 %) соответствует молекулярным массам $(20—31) \cdot 10^3$, т. е. в концентратах щелоков от варки хвойных пород древесины преобладает высокомолекулярная фракция. Содержание низкомолекулярной фракции в таких щелоках составляет 11,08 % с молекулярными массами $(5,3—8,0) \cdot 10^3$.

Исследование концентратов смешанных щелоков от варки хвойных и лиственных пород древесины показало более узкое молекулярно-массовое распределение. При их фракционировании ацетоном было выделено 7 фракций с диапазоном молекулярных масс $(4,7—26) \cdot 10^3$. При этом 89,87 % массы приходится на лигносульфонаты с молекулярными массами $(10—19) \cdot 10^3$, т. е. в концентратах смешанных щелоков преобладает среднемолекулярная фракция лигносульфонатов. Содержание высокомолекулярной фракции составляет в них 3,12 %, а низкомолекулярной фракции с молекулярной массой менее $10 \cdot 10^3$ составляет 11 %.

Рис. 1. Молекулярно-массовое распределение щелоков, определенное вискозиметрическим методом.

1 — неупаренный щелок от варки смешанных пород древесины; 2 — концентрат щелока от такой же варки; 3 — неупаренный щелок от варки хвойных пород древесины; 4 — концентрат щелока от такой же варки.



Сравнительные результаты молекулярно-массового распределения лигносульфонатов упаренных и неупаренных щелоков бисульфитных варок целлюлозы и полуцеллюлозы (рис. 1) иллюстрируют влияние термической обработки на полимеризационные процессы лигносульфонатов, а также породного состава древесины на значения молекулярных масс лигносульфонатов. Кривые 3, 4 молекулярно-массового распределения щелоков от варки хвойных пород смещены в сторону высокомолекулярных фракций относительно кривых 1, 2 молекулярно-массового распределения лигносульфонатов от варки смешанных пород древесины и имеют более широкий диапазон полидисперсности. Кривые 2, 4 упаренных щелоков также смещены в сторону высокомолекулярных фракций по отношению к неупаренным.

Молекулярно-массовое распределение лигносульфонатов неупаренных щелоков целлюлозного и полуцеллюлозного производств исследовано более детально с помощью гель-хроматографии на сефадексах G-75 и смеси сефадексов G-100 и G-200. Гель-фильтрацию проводили на колонке длиной 600 мм, диаметром 18 мм. Элюентный раствор состава 1 н. NaCl + 0,0546 М NaH_2PO_4 + 0,018М NaOH проходил со скоростью 1 мл/мин на сефадексе G-75 и 0,1 мл/мин на сефадексах G-100 и G-200. При объеме пробы 1 мл отбирали элюентный раствор по 3 мл.

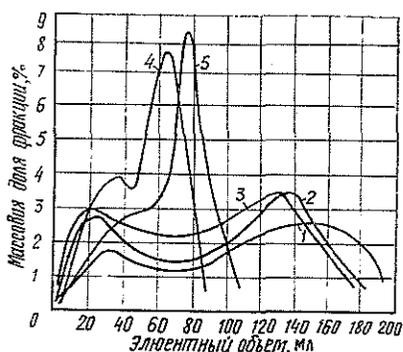


Рис. 2. Гель-хроматография щелоков целлюлозного производства.

1 — кривая молекулярно-массового распределения лигносульфонатов неупаренного щелока (G-75); 2 — упаренного до концентрации 40 % (G-75); 3 — упаренного до концентрации 60 % (G-75); 4 — неупаренного (смесь сефадексов G-100 и G-200 в соотношении 1:1); 5 — упаренного до концентрации 40 % щелока (смесь сефадексов G-100 и G-200 в соотношении 1:1).

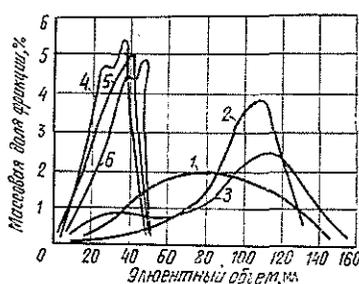


Рис. 3. Гель-хроматография щелоков полуцеллюлозного производства.

1 — кривая молекулярно-массового распределения лигносульфонатов щелока от варки хвойных пород древесины (G-75); 2 — от варки смеси хвойных и лиственных пород в соотношении 1:1 (G-75); 3 — от варки лиственных пород (G-75); 4 — от варки хвойных пород (смесь G-100 и G-200 в соотношении 1:1); 5 — от варки смеси хвойных и лиственных пород 1:1 (смесь G-100 и G-200 в соотношении 1:1); 6 — от варки лиственных пород (смесь G-100 и G-200 в соотношении 1:1).

Молекулярно-массовое распределение технических лигносульфонатов, полученных по целлюлозному режиму, представлено на рис. 2. Кривая 1 имеет два пика, которые указывают на меньшее содержание высокомолекулярной фракции по сравнению с низкомолекулярной в неупаренных щелоках. Щелок, упаренный до содержания сухих 40 %, имеет увеличенное содержание высокомолекулярной фракции, а «низкомолекулярный» пик смещается в сторону среднемолекулярных фракций (кривая 2). При упаривании технических лигносульфонатов до концентрации 60 % содержание высокомолекулярной и средней фракций возрастает (кривая 3). Исследования на смеси сефадексов G-100 и G-200 показали аналогичную картину, которая представлена кривыми 4 и 5. Это говорит о том, что в процессах полимеризации участвуют, главным образом, низкомолекулярные фракции, что подтверждают данные С. А. Сапотницкого [2].

Гель-хроматография неупаренных технических лигносульфонатов полуцеллюлозного производства от варки лиственных и хвойных пород и их смеси представлена на рис. 3.

Фракционное распределение на сефадексе G-75 показало, что лигносульфонаты хвойных пород древесины (кривая 1) содержат преимущественно среднемолекулярную фракцию, без отчетливого разделения высоко- и низкомолекулярной фракций. Лигносульфонаты (неупаренных щелоков), полученные от варки хвойных и лиственных пород древесины 1:1 (кривая 2) содержат два пика — один в высокомолекулярной, другой в низкомолекулярной области, причем высокомолекулярный пик значительно меньше. Кривая 3 иллюстрирует молекулярно-массовое распределение лигносульфонатов щелоков от варки лиственных пород древесины, которые преимущественно определяются среднемолекулярной фракцией, причем область молекулярно-массового распределения более узка.

Исследования лигносульфонатов от варки полуцеллюлозы на смеси сефадексов G-100 и G-200 в соотношении 1:1 показали, что лигносульфонаты от варок хвойных пород древесины (рис. 3, кривая 4) более высокомолекулярны, а от варок лиственных пород (рис. 3, кривая 6) более низкомолекулярны.

Сравнивая молекулярно-массовое распределение, полученное по методу дробного осаждения лигносульфонатов ацетоном (рис. 1), и результаты гель-фильтрации (рис. 2 и 3), можно заключить, что эти методы приводят к одинаковым выводам и в равной степени могут быть использованы для определения полидисперсности лигносульфонатов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Баженов Ю. М., Покровская Е. Н., Никифорова Т. А. Влияние молекулярных масс СДБ на свойства бетона.— Бетон и железобетон, 1980, № 6, с. 11—12. [2]. Сапотницкий С. А. Использование сульфитных щелоков.— М.: Лесн. пром-сть, 1981.— 220 с. [3]. Химия углеводов/ Н. К. Кочетков А. Ф. Бочков, Б. А. Дмитриев и др.— М.: Химия, 1967.— 672 с.

Поступила 12 декабря 1983 г.

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 630*646

КРИТЕРИИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ
В ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

А. Д. ЯНУШКО, Б. Н. ЖЕЛИБА, Т. С. БЕРЕГОВА

Белорусский технологический институт

В экономической литературе достаточно четко выделены два подхода к эффективности: признается обязательность различия эффективности общественного производства (внешней) и эффективности отдельной отрасли, предприятия (внутренней, хозрасчетной). Ряд известных экономистов эффективность общественного производства выражают объемом валового общественного продукта [6] либо национальным доходом [4, 7], соизмеренными с затратами, используемыми ресурсами. Измерители эффективности предприятия должны быть несколько иными. Например, заработная плата — составная часть национального дохода — на производстве является элементом себестоимости. Следует выделять понятия «экономическая эффективность» и «критерий экономической эффективности». П. И. Малышев и И. Г. Шилин [2] считают, что критерий эффективности является своего рода методом выбора альтернативы. П. Я. Октябрьский [3] указывает, что «под критерием вообще понимается признак, на основании которого производится оценка, определение или классификация чего-либо...» Среди лесозащитников имеются такие высказывания. В. Л. Джикович [1] главным критерием экономической эффективности называет уровень общественной производительности труда. Е. В. Полянский и О. А. Ткаченко [5] указывают, что не следует смешивать показатели эффективности и ее критерий, считая, что «критерий — основание оценки, а показатель — измеритель результатов, подлежащих оцениванию». Действительно, не всякий показатель может служить критерием. Согласно литературным источникам, можно прийти к выводу: в качестве критерия обычно понимают показатель, который наиболее адекватно отражает сущность анализируемого процесса или явления; либо фиксирующий условия, при которых функционирование производства расценивается при данном уровне развития общественных производительных сил как эффективное.

Остановимся на втором подходе к критерию экономической эффективности в применении к лесохозяйственному производству. В Белоруссии лесохозяйственное производство финансируется из государственного бюджета по плану операционных расходов. При этом отсутствует жесткая связь между произведенными затратами и полученными результатами, если в качестве последних принимать спелый лес на корню. Эти и ряд других причин существенно осложняют определение степени его эффективности, затрудняют отыскание критериев эффективности. Тем не менее, мы считаем, что вопрос о критерии эффективности в лесном хозяйстве следует решать, руководствуясь общей теорией экономической эффективности общественного производства. Так, предприятие считается рентабельным, когда доходы, получаемые от продукции, превышают расходы на ее производство и реализацию. Вопрос в том, каков минимальный уровень рентабельности, удовлетворяющий требованиям эффективного функционирования производства с народнохозяйственной точки зрения. В капитальном строительстве эта своего

рода граница снизу означена, как известно, коэффициентом нормативной экономической эффективности капитальных вложений $E_n \geq 0,12$. Другими словами, введенное в действие предприятие должно обеспечивать не менее 12 к. прибыли на 1 р. затраченных средств, что соответствует 12 % рентабельности предприятия. В качестве же показателей эффективности производства могут быть использованы производительность труда, фондоотдача и др. Критерий эффективности — мера оценки эффективности, в данном случае выступает в виде величины, которая определяется уровнем экономической эффективности общественного производства.

Коэффициент нормативной эффективности находится в обратной зависимости от нормативного срока окупаемости капиталовложений $T_n : E_n = \frac{1}{T_n}$, т. е. $T_n = \frac{1}{0,12} \leq 8,3$ года. В лесовыращивании — основе лесохозяйственного производства, где воспроизводственный цикл длится десятки лет, — коэффициент E_n определен в зависимости от лесобразующих пород как 0,01—0,03. Такой методический подход справедлив, если под готовой продукцией рассматривать спелый лес на корню. Однако при оценке эффективности лесохозяйственного производства за такой расчетный период как год вряд ли имеет смысл отношение, скажем, лесного дохода к операционным средствам: налицо разновременность затрат и результата.

Чтобы избежать этого лага, целесообразно рассматривать результаты лесохозяйственной деятельности, измеряемые показателями сводного объема лесохозяйственного производства и мобилизации собственных средств. Сводный объем лесохозяйственного производства представляет собой сумму услуг по выращиванию и охране лесных ресурсов. В основу цен 1980 г. заложены все необходимые элементы: $C + V + m$, т. е. среднесоюзные операционные затраты и необходимый процент накоплений.

Выражая в стоимостном измерении физический объем лесохозяйственных и лесокультурных работ, он представляет собой своеобразный индикатор напряженности хозяйственного воздействия на лесной фонд в целях повышения эффективности отрасли, т. е. продуктивности каждой единицы лесных угодий. Если этот показатель отражает деятельность предприятия в области выращивания, то мобилизация собственных средств, полученных от реализации древесины рубок ухода за лесом, семян и т. д., характеризует процесс лесопользования — вторую часть лесохозяйственного производства.

Эти измерители взаимообусловлены: дополняя друг друга, они отражают две стороны лесохозяйственного производства. Так, при проведении рубок ухода достигается лесоводственный эффект, но можно не получить никаких результатов в лесопользовании, если получаемая деловая древесина не найдет сбыта. Несмотря на то, что сводный объем лесохозяйственного производства не опосредуется актом реализации, на наш взгляд, его правомерно ставить в ряд с показателями товарной продукции, как это делается в промышленности при подсчете валовых показателей.

На основе названных измерителей нами предложена следующая формула для определения прибыли (Π) по лесохозяйственному производству в целом [8]:

$$\Pi = ЛП - (ОС - МС) + МС',$$

где $ЛП$ — сводный объем лесохозяйственного производства в сопоставимых среднесоюзных ценах;

$МС$ — мобилизация собственных средств при реализации лесопродукции;

ОС — операционные средства;
 МС' — мобилизация собственных средств при реализации нелесной продукции и услуг.

Мобилизация собственных средств при реализации лесопродукции выступает здесь, аналогично промышленности, в качестве возвратных отходов. Прибыль, получаемая по приведенной формуле, носит условный, расчетный характер. Однако от этого она нисколько не утрачивает смыслового значения как эффект, свободный от текущих затрат.

Нормативную (предельную) прибыль Π_n установим известным образом

$$\Pi_n = \Phi E_n,$$

где Φ — среднегодовая стоимость основных производственных фондов лесохозяйственного производства.

Известно, что некоторые основные фонды, такие как трактора, автомобили и др., учитывая на балансе хозрасчетного производства, активно применяются в бюджетном, лесохозяйственном. Но также известно, что, подобно промышленному производству, оплата соответствующих услуг за пользование ими отражается в операционных средствах и не числящиеся на бюджете фонды компенсируются снижением прибыли.

Сравнением расчетной (условной) и предельной прибыли представляется возможным установить критерий, обуславливающий предельно минимальный эффект использования операционных средств:

$$\Delta\Pi - (ОС - МС) + МС' \geq \Phi E_n, \text{ или } P_{ур} \geq \Pi_n,$$

и определить условно-расчетную и предельную рентабельность продукции (услуг) лесохозяйственного производства

$$\frac{\Delta\Pi - (ОС - МС) + МС'}{ОС} \cdot 100 \geq \frac{\Phi E_n}{\Delta\Pi - \Phi E_n} \cdot 100, \text{ или } P_{ур} \geq P_n,$$

где $P_{ур}$ — условно-расчетная рентабельность продукции;
 P_n — предельная рентабельность продукции.

При $P_{ур} < P_n$ лесохозяйственное производство с народнохозяйственной точки зрения функционирует неэффективно. Возникает вопрос: при $P_{ур} < P_n$ снижается эффективность, а, значит, и продуктивность лесного хозяйства? Разумеется, с лесоводственной стороны нет. Продуктивность лесов в Белоруссии непрерывно возрастает. Но для общества далеко не безразлично, какой ценой достигнут тот или другой лесоводственный эффект. Для определения допустимых границ этой цены и необходим критерий экономической эффективности производства.

Возникает также важный вопрос, каким должно быть значение E_n для лесохозяйственного производства, т. е. речь идет об отраслевом нормативном коэффициенте (E_n^0). В лесоэкономической литературе при исключении фактора времени он принимается априорно равным 0,15. Практический опыт показывает, что при правильной организации лесохозяйственного производства оно будет высокорентабельным. Принимая во внимание его невысокую фондоемкость, на наш взгляд, отраслевой коэффициент нормативной экономической эффективности капиталовложений (производства) должен быть выше минимального по народному хозяйству в целом. В таблице рассчитаны условно-расчетные и предельные значения рентабельности продукции за 1975 и 1980 гг. при $E_n = 0,12$ и $E_n = 0,20$. Лесная площадь за эти годы принята неизменной по данным учета на 1 января 1978 г. Проследим, как изменялись показатели рентабельности за десятилетку.

Показатели и критерии экономической эффективности
лесохозяйственного производства БССР

Управление лесного хозяйства	1975 г.				1980 г.				1982 г.	
	$E_n = 0,12$		$E_n = 0,20$		$E_n = 0,12$		$E_n = 0,20$		$E_n = 0,22$	
	$P_{ур}$	P_n								
Брестское	23,0	8,8	23,0	15,6	18,7	11,2	18,7	20,1	32,8	21,7
Витебское	25,5	9,6	25,5	17,0	23,6	10,1	23,6	18,0	48,6	20,9
Гомельское	45,5	8,0	45,5	14,5	36,6	8,8	36,6	15,9	54,8	17,1
Гродненское	49,5	10,6	49,5	19,0	25,4	14,7	25,4	27,1	53,9	26,0
Минское	53,4	7,5	53,4	13,2	34,9	9,3	34,9	16,5	55,2	18,5
Могилевское	47,9	8,2	47,9	14,5	8,3	11,0	8,3	19,8	56,5	19,4
Минлесхоз БССР	34,3	8,6	34,3	15,3	26,3	10,3	26,3	18,4	53,3	19,5

В 1975 г. условно-расчетная рентабельность продукции превышала предельную величину по всем управлениям ($P_{ур} > P_n$). В среднем по Минлесхозу БССР предельная рентабельность продукции составила 8,6 % против 34,3 % условно-расчетной. В 1980 г. положение существенно изменилось. Условно-расчетная рентабельность снизилась, приближаясь к предельной, а последняя возросла. По Могилевскому управлению эти значения составили: $P_{ур} = 8,3$ %; $P_n = 11,0$ %, т. е. условно-расчетная рентабельность стала ниже предельной. При $E_n = 0,20$ превышение предельной рентабельности над условно-расчетной отмечается по Брестскому и Гродненскому управлениям. Основная причина этого положения — опережающий рост операционных расходов в сравнении с ростом сводного объема лесохозяйственного производства. В 1975 г., например, в Могилевском управлении на 1 р. операционных расходов было выполнено на 1,06 р. работ в ценах 1965 г., а в 1980 г. — на 0,67 р. Более того, в управлении сократился абсолютный размер выполненных работ.

Снижение результативности использования операционных средств во многом связано с объективными причинами. За пятилетку возросла заработная плата работников лесного хозяйства, подорожали услуги, оказываемые хозрасчетным производством и т. п. Если в 1975 г. по Минлесхозу БССР себестоимость 1 м³ древесины, полученного от рубок ухода в молодняках, составила 2,41, при прореживании — 1,87 и при проходных рубках — 1,46 р., то в 1980 г. соответственно 2,88; 2,30; 1,92 р.

С введением новых среднесоюзных цен сводный объем лесохозяйственного производства получил большее соответствие с операционными расходами, поэтому величина E_n^0 должна быть пересмотрена. Мы попытались ее установить, руководствуясь следующим. К началу 80-х годов лесной фонд БССР имел, пожалуй, самую невыгодную возрастную структуру древостоев. Доля спелых лесов составляла около 5 %. Следовательно, есть основания считать предельным размер получаемой в лесном хозяйстве удельной прибыли. Он должен возрастать по мере того, как будет улучшаться возрастная структура лесов. В связи с тем, что речь идет об отрасли в целом, допустимо установить реальную прибыль, заменив сводный объем производства лесным доходом:

$$E_n^0 = \frac{(ЛД + МС + ТП + ПП) - (ОС + С)}{\Phi},$$

где ЛД — лесной доход;

МС — мобилизация собственных средств;

ТП — товарная продукция хозрасчетного производства;

ПП — продукция побочного пользования;

С — себестоимость продукции хозрасчетного производства;

Ф — основные производственные фонды бюджетного и хозрасчетного производства.

По данным за 1981 г. эта формула дала $E_n^0 = 0,22$. Его величина может быть распространена и на хозрасчетное производство. Как следует из данных таблицы, в 1982 г. при $E_n^0 = 0,22$ по управлениям условно-расчетная рентабельность продукции выше ее предельного значения.

Но по лесхозам это не всегда так. В Глубокском, Волковском, Старобинском и других лесхозах, хозяйствах, высокообеспеченных средствами, положение обратное. Это свидетельствует, что экономическая эффективность их производства ниже предельно допустимой и рост продуктивности лесов достается дорогой ценой. Не все произведенные затраты этих предприятий могут получить общественное признание.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Д ж и к о в и ч В. Л. Экономика лесного хозяйства.— М.: Лесн. пром-сть, 1970.— 320 с. [2]. Малышев П. И., Шилин И. Г. Критерий эффективности социалистического воспроизводства.— М.: Мысль, 1973.— 183 с. [3]. Октябрьский П. Я. Сущность и критерий экономической эффективности общественного производства.— Л.: ЛГУ, 1973.— 54 с. [4]. Полторыгин В. К. Экономические методы расчета эффективности производства.— М.: Мысль, 1968.— 127 с. [5]. Полянский Е. В., Ткаченко О. А. Критерий экономической эффективности лесного хозяйства.— В кн.: Сб. научных трудов ЛенНИИЛХ. Л., 1980, с. 45—56. [6]. Экономическая эффективность общественного производства в период развитого социализма/ А. И. Ноткин, Р. А. Отсасон, В. П. Красовский и др.— М.: Наука, 1977.— 359 с. [7]. Эффективность экономики развитого социализма/ В. И. Докунин, Л. Ф. Кондратьев, В. А. Сергеев и др.— М.: Мысль, 1976.— 312 с. [8]. Янушко А. Д., Желиба Б. Н. Потребность предприятий лесного хозяйства в капитальных вложениях и операционных средствах в связи с экономической оценкой лесов.— Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1983, № 5, с. 103—109.

Поступила 10 декабря 1984 г.

УДК 630*905.2 : 581.115

К УЧЕТУ ГАЗООБМЕННОЙ ФУНКЦИИ ЛЕСА В КОМПЛЕКСНОЙ ПРОДУКЦИИ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

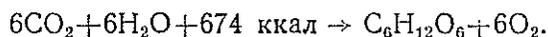
С. В. АФАНАСЬЕВ

Воронежский лесотехнический институт

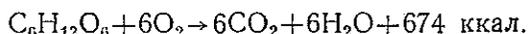
Выделение кислорода лесом в процессе фотосинтеза и потребление углекислого газа — общепризнанные положительные функции леса. По современным данным, зеленые организмы материков и океанов ежегодно выделяют 110 млрд. т свободного кислорода, усваивают при этом 150 млрд. т углекислого газа, образуют 83 млрд. т органического вещества [3].

Общую ежегодную продуктивность органического вещества дают матерки — 53 млрд. т, океаны — 30 млрд. т. Из наземных формаций приходится: на леса — 28,4 млрд. т, обрабатываемые земли — 8,7, степи и луга — 10,4, пустыни — 5,4 млрд. т [3]. Из этого соотношения следует, что наибольшая доля прироста органической массы приходится на леса.

Фотосинтез зеленых растений, в том числе леса, представляется следующей упрощенной формулой:



Противоположным процессом фотосинтеза являются процессы дыхания растительности и животных, а также процессы разложения органических веществ и представляются обратной формулой фотосинтезу:



Эти два противоположных процесса являются важнейшими в газообмене атмосферы. Они играют существенную роль в формировании климата. Климат, в свою очередь, и, прежде всего, его изменение, затрагивает все сферы человеческой деятельности, мировую экономику.

Неустойчивость нынешнего климата учеными-климатологами истолковывается, прежде всего, накоплением CO_2 в атмосфере и созданием парникового эффекта. По расчетам М. И. Будыко [2], концентрация углекислого газа (CO_2) в результате промышленного сжигания различных видов топлива к 2030 г. будет вдвое больше, чем в доиндустриальную эру. Температура от создания парникового климата при соответствующей концентрации CO_2 к 2000 г. увеличится на $1,2^\circ C$, а к 2030 г. — на $2,5^\circ C$. Расчеты строились на реальном росте топливно-энергетического потребления, которое в мире удваивается через каждые 20 лет.

По литературным данным [2], парниковый климат благоприятствует увеличению урожая сельскохозяйственных культур, с одной стороны, и является причиной неустойчивого климата, с другой. Неустойчивость климата, особенно последнего десятилетия, проявляется в виде стихийных бедствий, которые приносят убытки экономике ряда стран мира. Больше всего страдает сельское хозяйство. Так, засухи 1972, 1975, 1976 гг. принесли серьезный ущерб сельскому хозяйству. Это убедительно показывает на необходимость сопоставления положительного эффекта изменения климата с теми убытками, которые он вызывает. Поэтому усилия всех стран должны быть направлены на оздоровление, стабилизацию ныне существующего климата.

Особая роль в стабилизации климата принадлежит лесному хозяйству. Лесные насаждения в процессе фотосинтеза, поглощая углекислый газ и выделяя кислород, положительно влияют на состав атмосферы. В связи с этим газообменная функция леса рассматривается нами как климатостабилизирующая. При такой постановке вопроса вызывает интерес количественная и стоимостная величина создаваемого положительного эффекта.

Положительный эффект газообменной функции леса приравнивается к очистке воздуха от CO_2 с помощью промышленных установок.

Регулирование уровня содержания CO_2 в атмосфере тем или другим способом позволяет достигать однозначных результатов. Отсюда представляется возможным выбор наиболее оптимального варианта. Затраты, связанные с очисткой воздуха от одного и того же объема CO_2 промышленными установками, приравниваются к эффекту газообменной функции леса.

Промышленные устройства требуют высоких капитальных и эксплуатационных затрат и сложны в эксплуатации. Для очистки газов от примесей CO_2 различными по технологии способами расходуется большое количество электроэнергии и сырья. По усредненным расчетным данным каждый килограмм поглощенного CO_2 при очистке газоочистными промышленными устройствами требует фактических затрат от 0,15 до 0,25 к. [5]. Эта цена и принята за величину эффекта от газообменной функции леса.

Натуральными показателями функции являются килограммы, тонны CO_2 , поглощенного лесом из атмосферного воздуха.

Баланс веществ и энергии в процессе фотосинтеза позволяет считать натуральный показатель функции. Известно, что для произ-

водства 1 т абс. сухого вещества древесины поглощается из атмосферы 1,83 т CO_2 и выделяется 1,32 т O_2 [4].

Количественное значение натурального показателя рассчитывается для каждой возрастной группы насаждений по величине текущего прироста стволовой и корневой массы. Эта часть древесной массы находится в состоянии роста и не подвержена разложению до возраста рубки, и после рубки при условии полного хозяйственного использования. Масса отпада в виде мертвой древесины и отпада листьев, травянистой растительности в расчет не принимаются, потому что они подвержены ежегодному разложению.

Газообменная функция вновь посаженного леса имеет, по нашему мнению, товарную стоимость, потому что на посадку, уход, выращивание высокопродуктивного насаждения, обладающего большим текущим приростом, а следовательно, и большой величиной функции, расходуются трудовые и денежные затраты. Улучшение газового состава атмосферы проявляется в стабилизации климата, что дает положительный материальный эффект.

Показатели газообменной функции леса в стоимостном выражении представляют интерес в составе комплексной продукции, прежде всего,

Комплексная продуктивность 100 га букового типа леса (D_3 — гБк)
за 160 лет, тыс. р.

Вид пользования	Продукция по возрастным группам, лет				Продукция главной рубки	Итого	
	1—40	41—80	81—120	121—160		в стоимостном выражении	%
Древесная продукция							
Древесина от рубок главного пользования и промежуточного	17,6	33,2	103,1	47,2	1272,3	1473,4	31,8
Технологические сучья, техническая зелень	42,1	22,8	26,3	15,8	57,8	164,8	3,6
Итого	59,7	56,0	129,4	63,0	1330,1	1638,2	35,4
Недревесная продукция							
Фрукты, грибы, лекарственное сырье	37,3	141,8	606,3	694,2	—	1479,6	31,9
Продукция охотничьего хозяйства	1,7	10,1	10,1	10,1	—	32,0	0,7
Продукция пчеловодства	51,4	131,0	68,3	41,8	—	292,5	6,3
Итого	90,4	282,9	684,7	746,1	—	1804,1	38,9
Эффект функций							
Водорегулирующая функция	180	240	240	240	—	900	19,4
Рекреационные свойства	2,6	4,4	4,4	4,4	—	15,8	0,3
Газообменная функция	48,0	108,0	68,8	51,2	—	276,0	6,0
Итого	230,6	352,4	313,2	295,6	—	1191,8	25,7
Всего комплексной продукции	380,7	691,3	1127,3	1104,7	1330,1	4634,1	100

сопоставимостью с древесиной, недревесной продукцией и показателями других функций леса, а также их соотношением по возрастным группам. Так, для условий букового типа леса (D_3 — гБк) ежегодный прирост наземной и корневой массы для возрастной группы (1—41 год) составляет 3,3 т абс. сухой органической массы. Отсюда ежегодно аккумулируется 1 га леса 6 т CO_2 , что в переводе на 100 га за 40 лет соответствует 48 тыс. р. (по цене 2 р. за 1 т поглощенного CO_2).

В таблице представлены стоимостные показатели всей комплексной продукции на 100 га площади букового типа леса (D_3 — гБк) Карачаево-Черкессии [1], включая и газообменные функции.

По каждому виду комплексной продукции приведены стоимостные показатели [6]: по древесине — цены франко-вагон, по водорегулирующим функциям — расчетные отпускные цены 1 м³ воды, по газообменной функции — расчетные цены 1 т поглощенного CO_2 , по остальным видам продукции — цены франко-склад потребителя.

Из таблицы видно, что газообменная функция леса (тип леса D_3 — гБк) в комплексной продуктивности занимает 6%, что составляет 18,7% от продуктивности древесины.

Показатели функции наиболее высокие в возрастной группе 41—80 лет. Учет газообменной функции, наравне с другими функциями леса, безусловно, поможет шире оценить продукцию отрасли лесное хозяйство, на получение которой направлена ее деятельность.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Афанасьев С. В., Воронин И. В., Куликов М. А. Комплексная продуктивность буковых насаждений.— Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1979, № 6, с. 89—93. [2]. Будыко М. И. Человек и стихия.— Л.: Гидрометеониздат, 1982.— 160 с. [3]. Дювиньо П., Танг М. Биосфера и место в ней человека (экологические системы и биосфера).— М.: Прогресс, 1973.— 268 с. [4]. Молчанов А. А. Влияние леса на окружающую среду.— М.: Наука, 1973.— 359 с. [5]. Семенова Т. А. Очистка технологических газов.— М.: Химия, 1977.— 488 с.

Поступила 12 декабря 1984 г.

УДК 630*78

АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАТРАТ НА ЛЕСОВОЗНЫХ УЖД

С. И. КОЛЕСНИКОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Лесовозные УЖД занимают значительное место в транспортной системе лесозаготовительного производства. В настоящее время в отрасли эксплуатируется 189 лесовозных УЖД общей протяженностью 21,8 тыс. км, в том числе магистралей и веток — 13,9 тыс. км (в среднем по 73 км на каждой дороге). Объем вывозки и перевозки древесины в 1982 г. по УЖД составил 26,3 млн. м³. Кроме того, по УЖД ежегодно перевозится 12 млн. т народнохозяйственных грузов и около 1 млн. пассажиров [4].

Один из основных показателей деятельности лесовозного транспорта — эксплуатационные затраты. Исследованию и анализу их посвящено немало работ, в частности [2, 3, 5]. Вся совокупность эксплуатационных издержек на вывозке древесины может быть представлена как сумма трех слагаемых (составляющих): 1) дорожная — все затраты, связанные с эксплуатацией и содержанием дорог, включая их амортизацию; 2) машинная — все затраты, связанные с содержанием механизмов в рабочем состоянии, также включая их амортизацию; 3) опера-

ционная — все затраты на заработную плату основных рабочих и цехового персонала, не вошедшие в затраты на содержание дорог и механизмов.

Некоторые исследователи, например [1], объединяют вторую и третью слагаемые под общим термином «машинная составляющая». Мы полагаем это правомерным во многих случаях анализа и, в частности, в нашем случае, но не находим удачным термин «машинная» и предлагаем для суммы двух слагаемых термин «перевозочная».

Для расчета перевозочной составляющей удельных транспортных эксплуатационных затрат ($\mathcal{Z}_{уд}^n$) на лесовозном УЖД транспорте может быть принята следующая формула:

$$\mathcal{Z}_{уд}^n = \frac{\mathcal{Z} + C_m}{P_{см}} \text{ р./м}^3 \text{ или } \mathcal{Z}_{уд}^{n'} = \frac{\mathcal{Z} + C_m}{P_{см} l_{срв}} \text{ р./}(м^3 \cdot км),$$

где C_m — себестоимость машино-смены без учета затрат на содержание дорог, р.;

$P_{см}$ — сменная производительность локомотива на перевозке древесины, грузов и пассажиров, приведенные $м^3$;

$l_{срв}$ — среднее взвешенное расстояние перевозок, км;

\mathcal{Z} — затраты на заработную плату основных рабочих и цехового персонала и отчисления на соцстрахование по этим категориям работников, р./см.

Эти затраты в данной формуле равны

$$\mathcal{Z} = (1 + k_{ц}) \sum_{i=1}^n \mathcal{Z}_{pi} T_{см} k_d k_c,$$

где n — число основных рабочих, управляющих локомотивом;

\mathcal{Z}_{pi} — часовая тарифная ставка рабочего, р.;

$T_{см}$ — продолжительность рабочей смены, ч;

k_d — коэффициент, учитывающий все доплаты, выплаты, а также начисления на тарифную заработную плату;

$k_{ц}$ — коэффициент, учитывающий заработную плату цехового персонала;

k_c — коэффициент, учитывающий отчисления на соцстрахование ($k_c = 1,08$).

Дорожную составляющую удельных транспортных эксплуатационных затрат ($\mathcal{Z}_{уд}^d$) на лесовозных УЖД рассчитываем следующим образом:

$$\mathcal{Z}_{уд}^d = \frac{k_a F + C_d L_э}{Q} \text{ р./м}^3 \text{ или } \mathcal{Z}_{уд}^{d'} = \frac{k_a F + C_d L_э}{Q l_{срв}} \text{ р./}(м^3 \cdot км),$$

где $L_э$ — эксплуатационная длина пути УЖД, км;

C_d — стоимость содержания и текущего ремонта 1 км пути, тыс. р.;

k_a — коэффициент, учитывающий амортизацию на реновацию и капитальный ремонт (для пути УЖД $k_a = 0,085$);

F — балансовая стоимость пути УЖД, тыс. р.;

$$F = F_d L_э,$$

где F_d — стоимость 1 км эксплуатационной длины пути, тыс. р.;

Q — годовой объем перевозок, приведенные тыс. $м^3$;

$$Q = Q_{хл} + \frac{1}{k_d} (Q_r + Q_{п}), *$$

* В соответствии со статистикой МПС, 1 пас.-км эквивалентен 1 т-км.

где $Q_{хл}$ — годовой объем перевозок древесины, тыс. м³;
 $Q_{г}$ — годовой объем перевозок нелесных грузов, тыс. т;
 $Q_{п}$ — годовой объем перевозок пассажиров, тыс. пассажиров;
 $k_{д}$ — плотность древесины с учетом коры ($k_{д} = 0,8$).

Среднее взвешенное расстояние перевозок вычисляем по формуле:

$$l_{ср} = \frac{Q_{хл} l_{хл} + \frac{1}{k_{д}} (Q_{г} l_{г} + Q_{п} l_{п})}{Q},$$

где $l_{хл}$, $l_{г}$, $l_{п}$ — среднее расстояние перевозки соответственно древесины, грузов и пассажиров, км.

Таким образом, суммарные удельные транспортные эксплуатационные затраты ($\mathcal{E}_{уд}$) имеют вид:

$$\mathcal{E}_{уд} = \mathcal{E}_{уд}^{п} + \mathcal{E}_{уд}^{д} \text{ р./м}^3 \text{ или } \mathcal{E}'_{уд} = \mathcal{E}'_{уд}^{п} + \mathcal{E}'_{уд}^{д} \text{ р./м}^3 \cdot \text{км}.$$

Для анализа данных затрат была собрана необходимая информация по 10 лесовозным УЖД ВПО Свердловск за 1975—1983 гг. Проверив однородность информации, выяснили, что лесовозные УЖД объединения Свердловск можно разделить на две группы: I — чисто лесовозные УЖД, осуществляющие только вывозку; II — универсальные и грузосборочные УЖД, по которым, помимо древесины, перевозят другие грузы и пассажиров.

Для лесовозных УЖД II группы можно определить степень универсальности $У$, выражаемую в приведенных тоннах на 1000 м³:

$$У = \frac{Q_{г} + Q_{п}}{Q_{хл}} \cdot 1000.$$

Этот показатель позволяет установить, сколько приведенных грузов и пассажиров перевозится на каждую 1000 м³ вывезенной древесины. Степень универсальности составила на 1000 м³: на Алапаевской УЖД 625 приведенных т (522 т грузов и 103 пассажира); Туринской — 572 (484 и 88); Хабаровчинской — 662 (по дороге пассажиры не перевозятся); Отрадновской — 45 (15 и 30). Малая степень универсальности и сравнительно высокий объем вывозки Отрадновской УЖД обусловлены грузосборочным характером дороги.

Анализируемые показатели по дорогам приведены в таблице.

Эксплуатационные показатели лесовозных УЖД

Группа	Лесовозная УЖД	Удельные транспортные эксплуатационные затраты						Среднее взвешенное расстояние перевозок, км	Годовой объем перевозок, приведенные тыс. м ³	Степень универсальности, приведенные т/1000 м ³
		р./м ³			к./м ³ · км					
		$\mathcal{E}_{уд}^{п}$	$\mathcal{E}_{уд}^{д}$	$\mathcal{E}_{уд}$	$\mathcal{E}'_{уд}^{п}$	$\mathcal{E}'_{уд}^{д}$	$\mathcal{E}'_{уд}$			
I	$Q > 100$ тыс. м ³ :									
	Ясашинская	0,66	4,58	5,24	1,7	11,5	13,2	40,0	172,7	—
	Андреановская	0,46	4,50	4,96	1,2	11,8	13,1	38,0	169,4	—
	Коуровская	1,67	4,60	6,27	3,7	10,0	13,7	45,8	113,5	—
	$Q < 100$ тыс. м ³ :									
	Карлуинская	0,91	4,08	4,99	4,1	18,5	22,6	22,0	82,5	—
Уральская	1,66	4,58	6,24	3,6	10,1	13,7	45,4	73,9	—	
Лопатковская	0,41	5,61	6,02	3,0	40,9	43,9	13,7	48,9	—	
II	Алапаевская	0,84	2,25	3,09	1,0	2,5	3,5	87,2	1949,4	625
	Отрадновская	0,59	4,22	4,81	1,1	7,8	8,9	54,2	434,5	45
	Туринская	0,80	3,82	4,62	1,3	6,3	7,6	60,2	228,6	572
	Хабарчинская	0,95	3,35	4,30	3,9	13,7	17,6	24,5	121,5	662

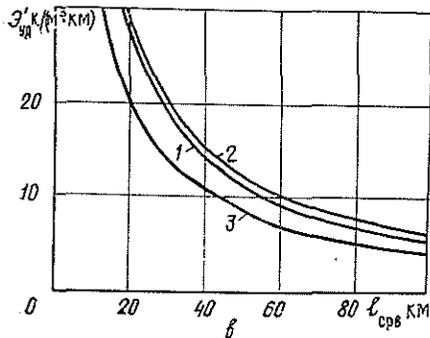
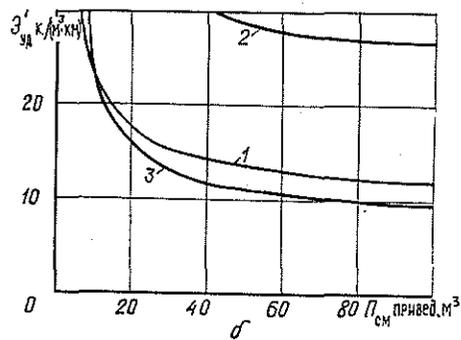
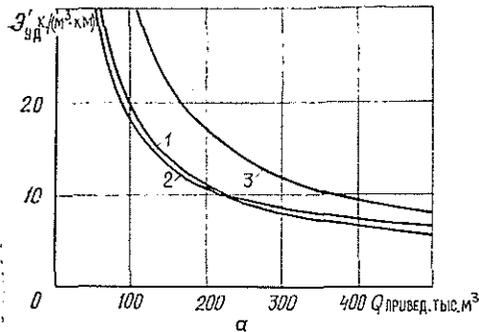
Минимальные значения удельных транспортных эксплуатационных затрат на 1 м^3 и $1 \text{ м}^3 \cdot \text{км}$ имеют место на Алапаевской УЖД — $3,09 \text{ р./м}^3$ и $3,5 \text{ к./}(\text{м}^3 \cdot \text{км})$, хотя средняя стоимость содержания 1 км пути и содержания 1 маш.-см. , эксплуатационная длина пути здесь гораздо выше, чем у остальных дорог. И это не случайно. По Алапаевской УЖД, помимо 1094 тыс. м^3 древесины, ежегодно перевозится 574 тыс. т народнохозяйственных грузов и 113 тыс. пассажиров. Дорога обслуживает район с населением более 40 тыс. человек. Таким образом, эта дорога имеет не только лесотранспортную, но и общезкономическую, социально-бытовую значимость, что и обеспечивает экономическую эффективность ее эксплуатации.

Небольшие значения удельных затрат получены на Туринской УЖД, что также обусловлено наличием грузо-пассажирских перевозок и на Отрадновской УЖД, что объясняется грузосборочным типом дороги.

Самые высокие удельные затраты имеют лесовозные УЖД с объемом вывозки древесины менее 100 тыс. м^3 .

У лесовозных УЖД I группы расчетные значения удельных транспортных эксплуатационных затрат на 1 м^3 и $1 \text{ м}^3 \cdot \text{км}$ соответствуют средним фактическим, у дорог II группы — несколько ниже фактических, что обусловлено включением в расчет транспортных издержек на перевозку грузов и пассажиров.

Зависимость удельных транспортных эксплуатационных затрат от размера суммарной заработной платы (Z), себестоимости содержания 1 маш.-см. (C_m) и эксплуатационной длины пути (L_s) — линейная.



Зависимость удельных транспортных эксплуатационных затрат: от годового объема перевозок (а); от сменной производительности локомотива (б); от среднего взвешенного расстояния перевозок (в).

1 — чисто лесовозные УЖД с объемом вывозки более 100 тыс. м^3 ; 2 — то же менее 100 тыс. м^3 ; 3 — универсальные и грузосборочные УЖД.

Зависимость данных затрат от годового объема перевозок (Q), сменной производительности ($\Pi_{см}$) и среднего взвешенного расстояния перевозок ($l_{срв}$) показана на рисунке.

Анализируя полученные зависимости и показатели таблицы, можно сделать вывод: у I группы лесовозных УЖД средние удельные транспортные эксплуатационные затраты существенно выше, чем у II группы. Снижению этих затрат будет способствовать увеличение сменной производительности локомотивов, экономия горюче-смазочных материалов, повышение уровня организации движения, применение сварного рельсового пути и антисептирование шпал, а также обеспечение дорог высокоэффективными механизмами для всего комплекса погрузочно-транспортных работ, надежными современными средствами связи и блокировки. В условиях ограниченных запасов лесосырьевых баз, в которых функционируют большинство чисто лесовозных УЖД, продлить их существование и поднять эффективность эксплуатации в ряде случаев может выполнение пассажирских и грузовых перевозок.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Клычков П. Д. Оценка факторов экономической эффективности лесовозных автопоездов.— В кн.: Вопросы автомобильного транспорта, Химки, 1970, с. 96—104. (Тр./ ЦНИИМЭ; Вып. 105). [2]. Леонович И. И., Чупраков А. М. О влиянии структуры дорожной сети лесозаготовительных предприятий на транспортную составляющую себестоимости вывозки леса.— В кн.: Механизация лесоразработок и транспорт леса, Минск: Высшейш. школа, 1978, с. 61—68. [3]. Сиротов В. И. К вопросу о выборе типа сухопутного транспорта леса.— В кн.: Научно-техническая конференция по итогам научно-исследовательских работ 1965 г./ МЛТИ, Экономическая секция. М., 1966, с. 22—25. [4]. Чурсин А. УЖД: чужая колея? — Лесн. пром-сть, 1983, 5 апр. [5]. Щелкунов В. В., Скрипов Н. И. Эффективность применения различных типов лесовозных дорог.— М.: Гослесбумиздат, 1963.— 110 с.

Поступила 11 марта 1985 г.

УДК 684.003.13

ОБОБЩАЮЩАЯ ОЦЕНКА ДИНАМИКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА НА МЕБЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Б. Ф. КОЗЛОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Традиционные методы оценки эффективности производства по снижению трудоемкости, себестоимости, фондоемкости, повышению рентабельности и другим показателям не дают однозначного численного выражения качества работы предприятия. В то же время действующую систему экономических показателей можно использовать для сводной оценки эффективности производства. Рассмотрим возможности применения для этой цели действующей системы показателей на примере мебельных предприятий Северо-Запада (табл. 1).

По данным табл. 1 отмечаем рост производства на мебельных предприятиях Северо-Запада (на 36,0 млн. р.), обусловленный увеличением выпуска мебели (на 17,3 %) при значительном улучшении ее качества. Выпуск мебели со знаком качества достиг 37,8 % против 26,9 % на начало пятилетки. Численность рабочих сократилась на 2 %. Это значит, что на мебельных предприятиях Северо-Запада прирост производства продукции в основном (почти на 90 %) обусловлен повышением производительности труда, уровень которой возрос на 11,8 %. Однако на предприятиях имело место отставание темпов роста производительности труда от темпов повышения средней заработной платы (12,7 %).

Т а б л и ц а 1

Динамика эффективности производства мебельных предприятий
за десятию пятилетку

Показатели	Базисный период	Отчетный период	%
I. Результаты производства			
Товарная продукция, млн. р.			
Всего	266,3	302,3	113,5
В том числе мебель	162,6	190,8	117,3
Доля мебели, %	61,1	63,1	—
Доля продукции высшей категории качества, %	26,9	37,8	—
II. Использование трудовых ресурсов			
Численность промышленно-производственного персонала, чел.			
Всего	26 198	26 592	101,5
В том числе рабочих	22 896	22 482	98,2
Фонд заработной платы ППП с учетом выплат из фонда материального поощрения, млн. р.	50,8	58,1	114,4
Выработка товарной продукции на одного работающего, тыс. р. в год	10,16	11,37	111,8
Средняя заработная плата одного работающего, р. в год	1939	2185	112,7
В том числе выплаты из ФМП, р. в год	141	145	102,8
III. Производственные фонды			
Производственные фонды, млн. р.			
Всего	127,1	167,2	131,6
В том числе основные	101,4	130,5	128,7
Фондоемкость продукции, к. на 1 р. ТП	47,7	55,3	115,9
Фондоотдача основных фондов, р. на 1 р.	2,63	2,32	88,2
Фондовооруженность труда, тыс. р. на одного работающего	3,87	4,91	126,8
Скорость обращения оборотных средств, число оборотов в год	10,3	8,2	79,6
IV. Себестоимость, прибыль, рентабельность			
Полная себестоимость товарной продукции, млн. р.	220,1	245,5	111,6
Затраты на 1 р. товарной продукции, к.	82,7	81,2	98,2
Балансовая прибыль, млн. р.	44,8	53,9	120,2
Общая рентабельность, %	35,3	32,2	—
Рентабельность продукции, %	21,0	23,1	—

За истекшее пятилетие на мебельных предприятиях происходил интенсивный процесс технического перевооружения за счет внедрения нового, более производительного оборудования, дорогостоящих поточных линий по производству мебели как отечественного, так и зарубежного изготовления. В связи с этим стоимость производственных фондов возросла на 29,1 млн. р., или на 28,7 %, а фондоемкость продукции повысилась на 7,6 к., или на 15,9 %. Фондоотдача снизилась на 11,8 %, оборачиваемость оборотных средств — на 20,4 %.

За анализируемый период на предприятиях Севзапмебели затраты на 1 р. товарной продукции снизились на 1,5 к. Это обусловлено уменьшением расходов по зарплате на 1 р. продукции и улучшением качества и ассортимента изготавливаемой мебели.

Рентабельность выпускаемой продукции повысилась на 2,1 % и составила к концу пятилетки 23,1 %. Снижение текущих затрат на производство и реализацию продукции привело к увеличению суммы балансовой прибыли на 9,0 млн. р., или на 20,2 %. Однако резкое увеличение производственных фондов повлекло за собой снижение общей

рентабельности. К концу десятой пятилетки она снизилась на 3,1 %, составив 32,2 %.

Однако традиционный анализ динамики отдельных показателей, составляющих систему, пока не завершается обобщающим выводом о динамике эффективности производства и качества работы предприятий. Между тем такая обобщающая оценка эффективности производства крайне необходима. Попытаемся существующую систему экономических показателей использовать для однозначного ответа на вопрос, повышается или снижается эффективность производства и насколько.

Мы считаем, что действующую систему экономических показателей можно использовать для комплексной оценки динамики эффективности производства. Система должна характеризовать результаты производства и затраты на него. Экономическая эффективность производства определяется системой показателей, характеризующей степень удовлетворения потребностей заказчика при наименьших затратах. При этом наименьшими должны быть не только текущие (себестоимость), но и капитальные (фондоёмкость) затраты. Результат производства характеризуем показателем производительности труда, себестоимость продукции — затратами на 1 р. товарной продукции, фондоёмкость — величиной производственных фондов в расчете на 1 р. продукции. По совокупности себестоимости и фондоёмкости можно подсчитать полные затраты (приведенные), применив для приведения фондоёмкости к себестоимости нормативный коэффициент, равный 0,15 в соответствии с типовой методикой определения эффективности.

Сочетание роста производительности труда с экономией текущих и капитальных затрат обеспечивает наибольшее повышение эффективности производства. При этом полностью учитываются количество и качество выпускаемой продукции, так как производительность труда определяют по показателю товарной продукции в оптовых ценах, а себестоимость и фондоёмкость в расчете на 1 р. этой продукции.

Опыт работы предприятий показывает, что рост выработки продукции на одного работающего может быть достигнут как при снижении, так и при повышении затрат на производство. Снижение затрат создаст экономию, равноценную увеличению количества благ, и, как следствие, — добавку к выработке продукции на работающего. Наоборот, повышение затрат уменьшает количество благ, образуя вычет из выработки продукции на работающего.

Показатель выработки товарной продукции на работающего с учетом этих поправок выражает конечную или общественную производительность труда (*ОПТ*). Этот показатель формирует благосостояние трудящихся, в чистом виде показывая количество благ на одного работника. Рост благосостояния народа — единственно достоверный признак повышения эффективности производства. Поэтому производительность труда с учетом изменения текущих и единовременных затрат может служить оценкой эффективности производства. Считая критерием экономической эффективности производства максимум роста *ОПТ*, делаем вывод о возможности определения динамики эффективности по изменению конечной производительности труда.

Рассмотрим динамику эффективности производства на примере мебельных предприятий Северо-Запада, используя данные системы экономических показателей в табл. 1. На основе этой таблицы произведем оценку динамики эффективности производства по показателю *ОПТ*, учитывающему изменения текущих и капитальных затрат. Данные этой оценки приводятся в табл. 2.

Из таблицы видно, что повышение производительности труда (на 11,8 %) и снижение себестоимости (на 1,8 %) сопровождалось ростом фондсеёмкости продукции (на 15,9 %). Однако по совокупности теку-

Таблица 2

Комплексная оценка динамики эффективности производства мебельных предприятий за десятилетку

Показатели	Базисный период	Отчетный период	%
Производительность труда (ПТ), тыс. р. на одного работающего в год	10,16	11,37	111,8
Затраты на 1 р. товарной продукции (С), к.	82,7	81,2	98,2
Производственные фонды (Ф), к. на 1 р. товарной продукции	47,7	55,3	115,9
Полные (приведенные) затраты (ПЗ = С + 0,15Ф), к. на 1 р. товарной продукции	89,9	89,5	99,6
Общественная (конечная) производительность труда (ОПТ), тыс. р. на одного работающего в год	10,16	11,42	112,3

щих и единовременных затрат в Севзапмебели за десятилетку имеет место снижение затрат: $89,5 - 89,9 = -0,4$ к. на 1 р. товарной продукции, или $0,004 \cdot 11,37 = 0,045$ тыс. р. на одного работающего.

Снижение полных затрат увеличивает конечную производительность труда по сравнению с достигнутой выработкой на работающего в базисном году.

Снижение затрат эквивалентно дополнительной продукции на работающего в сумме $0,045 : 0,899 = 0,05$ тыс. р. Поэтому общественная производительность труда в отчетном году составит: $ОПТ_1 = 11,37 + 0,05 = 11,42$ тыс. р. на одного работающего.

Индекс динамики экономической эффективности производства ($I_э$) предприятий Севзапмебели за десятилетку составляет

$$I_э = \frac{ОПТ_1}{ОПТ_0} = \frac{11,42}{10,16} = 1,123 (112,3 \%).$$

Делаем вывод о повышении эффективности производства на 12,3 %.

Индекс динамики экономической эффективности производства определен методом прямого счета, т. е. посредством корректировки фактической выработки на работающего в отчетном периоде на добавку (вычет) продукции, эквивалентной снижению (повышению) полных затрат — текущих и единовременных. Скорректированная на изменение текущих и единовременных затрат фактическая выработка на работающего характеризует конечную производительность труда (ОПТ), по изменению которой определяется индекс динамики эффективности производства.

Нетрудно видеть, что метод прямого счета можно заменить индексным, характеризующим динамику показателей, формирующих конечную производительность труда:

$$I_э = I_{опт} = I_{пт} (1 + E) = 1,118 (1 + 0,004) = 1,123 (112,3 \%),$$

где $I_{пт}$ — индекс динамики производительности живого труда, т. е. выработки продукции на работающего;

$(1 + E)$ — коэффициент, учитывающий динамику полных (приведенных) затрат, ($E = 1 - I_{пз} = 1 - 0,996 = 0,004$).

Оба метода дают одинаковые результаты. Метод прямого счета раскрывает сущность оценки динамики эффективности производства, в основе которой положен критерий общественной производительности труда. В этом достоинство прямого счета. Но для практических целей анализа эффективности производства предпочтительнее индексный метод, обеспечивающий необходимую точность и простоту расчета. Ис-

числение этого индекса дает возможность получить однозначный ответ о динамике эффективности производства и качества работы предприятий.

Поступила 26 декабря 1984 г.

УДК 630*652

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЛЕСНЫХ ТАКС*

А. С. ЛАЗАРЕВ

ВНИИЛМ

В системе мер по совершенствованию хозяйственного механизма важное место занимает ценообразование. Особого внимания заслуживает оценка лесных ресурсов и прежде всего совершенствование лесных такс.

Нам представляется, что вопрос об экономическом содержании лесных такс следует решать с учетом сложившейся системы организации, уровня ведения и интенсификации лесного хозяйства, в частности, отпуска леса на корню. Лес на корню оценивается по лесным таксам при выделении его в рубку и отпуске на сторону другим лесозаготовителям.

Отвод лесосечного фонда для себя — внутренняя операция в рамках предприятия, при которой денежная оценка потребляемых предметов труда (деревьев на корню) не выражает товарно-денежных отношений. Лес на корню до рубки обладает потенциальной стоимостью в силу затрат труда в процессе его выращивания.

Поскольку древесина приобретает потребительную стоимость после рубки, в форме лесоматериалов**, последние являются носителем стоимости — совокупных затрат по выращиванию и эксплуатации леса (в себестоимость лесоматериалов включается попенная плата).

Затраты труда на выращивание леса, не связанные с получением в данном году готовой продукции (лесоматериалов), представляют собой величину живого и овеществленного труда, приложенного к земле в виде капитальных вложений, расходов будущих периодов и текущих затрат. Такое определение экономической сущности затрат в лесном хозяйстве соответствует положениям К. Маркса, который писал: «Капитал может быть фиксирован в земле, вложен в нее или на относительно короткий срок, как при улучшениях химического свойства, применении удобрений и т. д., или на более длительный срок, как при строительстве осушительных каналов, оросительных сооружений, выравнивании поверхности почвы, возведении хозяйственных построек и т. д.» [1, с. 168].

Но лес на корню реализуется и на сторону. Еще в условиях частной собственности лесопромышленник уплачивал определенную сумму за право приложения своего капитала: разрешение возделывать землю, пользование лесом и т. д. «Эта денежная сумма, — отмечал К. Маркс, — называется земельной рентой, безразлично, уплачивается ли она с пахотной земли, строительного участка, рудников, рыбных угодий, лесов и т. д.» [1, с. 167]. Позже получила развитие дифференциальная рента — дополнительная плата за пользование землей, лесами и другими продуктами природы лучшего качества или удобнее расположенными.

* В порядке обсуждения.

** Исключая насаждения специального назначения, которые имеют потребительную стоимость.

Такса за древесину на корню в дореволюционный период так и называлась рентой.

В настоящее время в составе попенной платы нет абсолютной ренты. Остается лишь дифференциальная рента, которая превращается в дифференциальный доход и не обязательно должна уплачиваться только за предметы природы, в которых не воплощен человеческий труд.

Дифференциальная рента, в условиях социалистического лесного хозяйства дифференциальный доход есть прибавочный продукт. При этом не весь чистый доход, а лишь его часть, равная добавочной прибыли, составляет дифференциальный доход. Добавочная прибыль образуется как разность между общественной и индивидуальной стоимостью продукции, получаемой при эксплуатации природных ресурсов.

Но это одна из основных частей экономического содержания лесных такс. Есть и другая часть. С давних времен имеют место затраты труда на сохранение лесов и поддержание их в надлежащем состоянии. В прошлом при заключении договора об аренде лесов или отпуске отдельных деревьев лесовладелец присоединял к ренте процент на капитал, приложенный к земле, который и составлял вторую часть платы за древесину на корню. При заключении договоров об аренде «...земельный собственник,— пишет К. Маркс,— присоединяет к собственно земельной ренте процент на капитал, вложенный в землю» [1, с. 169]. В настоящее время уже большая часть лесов создается искусственным путем. Например, в 1975 г. площадь лесовосстановления (посева, посадки и содействия естественному возобновлению) превысила площадь сплошных рубок леса в целом по СССР на 26 %. По прогнозным расчетам, к 2000 г. лесовосстановительными мероприятиями должно быть охвачено 76 % площади сплошных рубок в стране. Затраты труда на выращивание насаждений в целях получения лесоматериалов принимают в этих условиях форму незавершенного производства, измеряемого в денежном выражении попенной платой, а в натуральном — древесиной на корню. Незавершенность производства объясняется тем, что попенная плата за древесину на корню, плата за заготовку недревесных продуктов леса, а также за право охоты на диких зверей и птиц, рыбную ловлю и т. д., есть плата за те потребительские стоимости, которыми еще надлежит овладеть в процессе трудовой деятельности.

За лес на корню, в котором лесхоз ведет лесозаготовки своими силами, попенная плата, выражающая затраты на выращивание, вносится в доход государства и учитывается в качестве отдельной статьи расходов в себестоимости заготовленной древесины. Передачу же лесосеки лесозаготовительному предприятию следует рассматривать как акт купли — продажи незавершенного производства, как факт общественного признания потенциальной потребительной стоимости деревьев на корню.

Следовательно, лес на корню приобретает двойственный характер. С одной стороны, это природный ресурс, с другой, ресурс, воспроизводимый с содействием человека. Древесина на корню как воспроизводимый с помощью человека природный ресурс реализуется на сторону в виде незавершенного производства и в этом случае может включаться в состав товарной продукции, оцениваемой по лесным таксам. Но товарную форму принимает та часть незавершенного производства (древесного запаса), которая вступает в сферу товарно-денежных отношений между отдельными государственными предприятиями. При этом попенная плата за древесину на корню, отпускаемую на сторону, должна поступать предприятию, за вычетом дифференциального дохода, подлежащего перечислению государству. В этих условиях выручка за отпускаемый на сторону лес на корню может включаться в стоимость товарной продукции, и лесные таксы станут играть свойственную цене товара важную

роль в производственной деятельности предприятия. Бюджетной же системе финансирования лесного хозяйства соответствует поступление всей попенной платы в доход государства.

В рамках предприятия лесного хозяйства, в котором лес выращивается и превращается в лесоматериалы, независимо от системы финансирования лесного хозяйства, отсутствуют товарно-денежные отношения. К таким предприятиям относятся лесхозы, леспромхозы, лесокомбинаты, лесхоззаги системы Гослесхоза СССР и леспромхозы Минлесбумпрома СССР, поскольку последними проводятся мероприятия по восстановлению, охране и защите леса. На долю этих лесозаготовителей приходилось в 1976 г. 74 % объема лесозаготовок. Кроме того, предприятия Гослесхоза СССР в том же году заготовили и вывезли 2,5 млн. м³ древесины (0,71 % общего объема лесозаготовок) в лесосечном фонде обл(край)исполкомов. Да и другие из так называемых «мелких» лесозаготовителей своими силами сажают лес, заготавливают семена и осуществляют противопожарные мероприятия.

В перспективе по мере использования накопившихся на Севере и на Дальнем Востоке запасов спелых и перестойных насаждений, отпадет необходимость в обособленных лесозаготовительных предприятиях. Будут образованы комплексные постоянно действующие предприятия, выполняющие функции по выращиванию и заготовке леса. Предстоящее в перспективе объединение деятельности по использованию, воспроизводству и охране лесных ресурсов в рамках одного предприятия должно распутать тот клубок мнений и точек зрения, который вырос за годы споров по рассматриваемым вопросам. Тогда спорный вопрос об отнесении леса на корню к продукции, товару, об экономическом содержании попенной платы (лесных такс) будет наконец решен и при том только с помощью практики ведения лесного хозяйства.

Из сказанного вытекает, что попенная плата в настоящее время представляет собой форму изъятия в пользу государства дифференциального дохода и возмещения расходов на ведение лесного хозяйства. Об этом писали П. В. Васильев [3], В. К. Шкатов [8] и др. Следовательно, попенная плата имеет и рентное, и стоимостное содержание. Эта двойственность лесных такс обусловлена двойственным характером древесины на корню, являющейся продуктом природы и продуктом, воспроизводимым с помощью человека. Поэтому утверждения о том, что лесные таксы имеют рентное или стоимостное содержание [4—7, 9], верны, но каждое из них в отдельности не отражает полного экономического содержания лесных такс. В первом случае из их экономического содержания выпадают затраты труда работников лесного хозяйства на выращивание и сбережение лесов, во втором — природно-географический фактор (различия местоположения и качества лесосечного фонда).

Экономическое содержание платы за лесные побочные пользования идентично экономическому содержанию попенной платы за лес на корню, поскольку затраты на ведение лесного хозяйства имеют непосредственное отношение не только к древесному запасу, но и к продуктам побочного пользования лесом. Последние в ряде случаев непосредственно воспроизводятся с содействием человека.

Анализ экономического содержания попенной платы свидетельствует о необходимости полного учета лесными таксами не только расходов на ведение лесного хозяйства и прибыли, но и дифференциального дохода по положению и плодородию, позволяющего выравнивать экономические условия работы лесозаготовительных предприятий. К сожалению, действующие лесные таксы этим требованиям не отвечают. Если в дореволюционный период (в 1881 г.) на долю ренты в составе попенной платы приходилось 57 % (разница между попенной платой и расходами на лесное хозяйство) [2], то ныне действующие лесные таксы

не возмещают даже расходов на лесное хозяйство. При разработке такс 1982 г. предполагалось довести попенную плату (с учетом суммы мобилизации собственных средств) до уровня расходов на лесное хозяйство 1980 г.— 868 млн. р. Однако фактические расходы в 1980 г. достигли 913 млн. р., а в 1982 г. превысили 980 млн. р. Такие таксы не обеспечивают лесному хозяйству прибыли и не выравнивают экономических условий работы лесозаготовительных предприятий.

Правильно построенные таксы (полностью учитывающие расходы на лесное хозяйство и дифференциальный доход по положению и плодородию), по нашим подсчетам, должны содержать в своем составе дифференциальный доход на уровне 55 %. С учетом этого, действующие лесные таксы следует повысить в среднем еще на 1 р. за обезличенный кубометр.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Маркс К., Энгельс Ф. Соч.—2-е изд., т. 25, ч. 2. [2]. Библиографическое обозрение.—Лесн. журн., 1896, № 10, [3]. Васильев П. В. Экономическое содержание лесных такс в СССР.—Тр./Ин-т леса. М.: АН СССР, 1950, т. 5. [4]. Джигович В. Л. Экономика лесного хозяйства СССР: Учеб. пособие.—Л.: Всесоюз. заочн. лесотехн. ин-т, 1961. [5]. Ильев Л. И. Об использовании категории дифференциальной ренты при экономической оценке лесных ресурсов.—Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1983, № 2. [6]. Новаков Д. И. Дифференциальный доход в лесной промышленности.—Науч. докл. высш. школы, Экономич. науки, 1959, № 2. [7]. Столяров С. Г. О лесных таксах.—Лесн. хоз-во, 1958, № 12. [8]. Шкатов В. К. Новые лесные таксы и нерешенные проблемы попенной платы.—Лесн. хоз-во, 1964, № 4. [9]. Экономика лесного хозяйства/ П. В. Васильев, И. В. Воронин, Г. П. Мотовилов, Е. Я. Судачков.—М.: Госполитиздат, 1959.

Поступила 9 января 1985 г.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 630*161.16

**ОТНОСИТЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ ВОДЫ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ
ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ**

Н. М. ПОПОВА

Воронежский лесотехнический институт

Критериями устойчивости растений, в том числе древесных, к повышенным температурам, к длительному обезвоживанию служат, как правило, показатели водного режима: содержание связанной воды, интенсивность транспирации, водный дефицит и др. В исследовательской работе обычно анализируют большое число растений, пробы берут в течение длительного времени и часто получают результаты, которые трудно сопоставить из-за меняющихся внутренних и внешних условий.

В вегетационный сезон 1983 г. нами проведено сравнительное изучение показателей водного режима и относительной активности воды у древесных растений, отличающихся степенью устойчивости к засухе. Исследования выполняли на территории Учебно-опытного лесхоза Воронежского ЛТИ. Избранные растения: береза повислая, липа мелколистная, акация белая, тополь бальзамический — произрастают в лесорастительных условиях типа В. Интенсивность транспирации, водный дефицит, густоту жилкования определяли общепринятыми методами. Эти показатели сравнивали с определяемой одновременно относительной активностью воды. Для учета последней использовали эксикаторы, в которых поддерживалась постоянная температура и влажность, т. е. внешние условия опытов в сравниваемых вариантах контролировали. Относительную активность воды рассчитывали как отношение скорости испарения воды с единицы поверхности листа к скорости испарения воды с единицы открытой водной поверхности.

Для анализов использовали по 8—10 деревьев каждой породы, одинакового возраста, произрастающих в идентичных условиях. Средняя проба в каждой из четырех биологических повторностей состояла из 5—10 листьев 2—3 деревьев. При этом учитывали условия освещенности. Навески из высечек листьев взвешивали на торсионных весах, результаты обрабатывали методами вариационной статистики.

Сравнивали напряженность водного режима у листьев верхнего и нижнего ярусов (у березы повислой и липы мелколистной), у листьев среднего яруса акации белой и тополя бальзамического, различающихся по устойчивости к засухе.

Согласно закону ярусности, листья верхнего яруса березы и липы отличаются ксероморфными признаками, т. е. у них, как и следовало ожидать, более густая сеть жилок, повышенная интенсивность транспирации и возросший водный дефицит (см. табл.). Перечисленные показатели у листьев верхнего яруса находятся в прямой кор-

Исследуемые растения	Интенсивность транспирации, г/(г·ч)	Водный дефицит, %	Густота жилкования, см/см ²	Относительная активность воды
Береза повислая:				
Верхний ярус	0,61 ± 0,04	25,53 ± 1,20	39,5 ± 1,09	1,08 ± 0,11
Нижний ярус	0,42 ± 0,03	22,50 ± 1,70	33,7 ± 1,05	0,37 ± 0,11
<i>t</i>	3,8	1,6	3,2	4,4
Липа мелколистная:				
Верхний ярус	0,22 ± 0,05	12,09 ± 2,40	30,6 ± 0,77	0,67 ± 0,05
Нижний ярус	0,12 ± 0,01	9,91 ± 0,62	24,3 ± 1,90	0,28 ± 0,01
<i>t</i>	2,0	8,0	3,1	7,6
Акация белая	0,31 ± 0,02	16,98 ± 1,5	90,2 ± 3,8	1,18 ± 0,02
Тополь бальзамический	0,14 ± 0,01	12,16 ± 1,8	55,0 ± 3,4	1,04 ± 0,01
<i>t</i>	8,5	2,0	6,8	13,5

Примечание. *t* — коэффициент достоверности разности средних.

реляции с относительной активностью воды. Обнаруженное увеличение интенсивности транспирации листьев в верхнем ярусе по сравнению с испарением воды с открытой водной поверхности, по-видимому, связано с краевым эффектом, который усиливается в верхнем ярусе за счет большого количества устьиц.

Из сравнения показателей водообмена у акации белой и тополя бальзамического следует, что у первой породы ксероморфные признаки согласуются с повышенной относительной активностью воды.

В связи с изложенным можно рекомендовать использование показателя относительной активности воды для оценки засухоустойчивости древесных растений с ксероморфными признаками. Преимущество предлагаемого метода состоит в том, что при определении относительной активности воды быстрое взвешивание на торзионных весах и периодическая замена хлористого кальция в эксикаторе позволяют анализировать большое количество образцов и избежать погрешностей, связанных, прежде всего, с влиянием температуры воздуха в полевых условиях.

УДК 674.031.765.27(575.1)

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ НАСАЖДЕНИЙ ФИСТАШКИ

С. М. АБЛАЕВ, В. П. КОМАРОВ, Б. К. МИРЗАБАЕВ

Ташкентский сельскохозяйственный институт

Фисташники Сарайкурганского лесхоза созданы для защиты от водной эрозии берегов Каттакурганского водохранилища, расположенного в Самаркандской области Узбекской ССР. Природные условия здесь очень жесткие. Почвы — неорошаемые типичные сероземы. Годовое количество осадков 311 мм, среднегодовая температура сравнительно высока (+15,4 °C), температурный максимум равен +46 °C, минимум —35 °C, очень низка влажность воздуха, в летние месяцы часты гармсили. Влажность почвогрунта в отдельные годы к октябрю падает до устойчивого завядания растений.

Культуры фисташки настоящей в нижней части предгорной богары были начаты лесхозом в 1947 г. в больших производственных масштабах. Этот опыт представляет большой интерес. Сейчас более 1700 га насаждений вступили в пору плодоношения. К сожалению, орехи ныне культивируемой фисташки настоящей в массе своей не соответствуют стандартам товарной продукции [2]. Связано это с низким качеством посевного материала. В первые годы на 1 га делали не менее 4 тыс. посевных лунок. Такая густота посева отрицательно сказывается на росте и развитии фисташки [5]. Так, из табл. 1 видно, что культуры фисташки в 15-летнем возрасте при разных схемах размещения имеют неодинаковый рост и развитие. Деревья фисташки лучше развиваются при более редком размещении растений [3]. В. И. Запругаева [4] считает, что наибольшую производительность могут обеспечить культуры, созданные по схеме 5 × 5; 5 × 6 м.

Таблица 1

Рост и развитие фисташковых культур в 15-летнем возрасте при различных схемах размещения деревьев

Схема размещения посевных мест, м	Средний диаметр, см	Средняя высота, см	Диаметр кроны, м		Плодоношение
			СЮ	ВЗ	
3 × 1,5	4,3	2,2	2,1	1,7	Слабое
5 × 1	5,4	2,4	2,4	2,2	»
5 × 1,5	6,3	2,4	2,7	2,5	Среднее
5 × 2	7,0	2,7	2,8	2,7	Хорошее

Наши исследования [1] влияния различных схем размещения деревьев фисташки на влажность почвы, рост и развитие растений показали, что их целесообразно размещать по схемам 6 × 6; 6 × 8 м. Как видно из данных табл. 1, рост деревьев в высоту, развитие кроны возрастает с уменьшением числа деревьев на 1 га. У деревьев с размещением 5 × 2 м заметна разница в толщине ствола, которая на 1,6 см больше, чем при 5 × 1 м. При меньшем числе деревьев наблюдается и лучшее развитие кроны. Глазомерный учет урожайности в этих насаждениях показал, что густота культур имеет прямое влияние на урожайность. Так, при размещении 5 × 1 м плодоношение слабое, с увеличением площади питания урожайность возрастает, и при размещении

5 × 2 м увеличивается плодоношение. Однако с возрастом и при данной схеме произойдет смыкание кроны деревьев, что окажет отрицательное влияние на их продуктивность, поэтому насаждения желательнее разредить в рядах, чтобы увеличить расстояние между деревьями до 5—6 м.

Таблица 2
Урожайность фисташников
в Сарайкурганском лесхозе за 1967—1980 гг.

Год наблюдений	Площадь плодоносящих фисташников к году наблюдений, га	Урожай со всей площади, кг	Урожай с 1 га, кг
1967	633,8	2000	3,1
1968	945,2	2500	2,6
1969	1099,7	1800	1,6
1970	1244,3	1500	1,2
1971	1370,9	1310	1,0
1972	1449,7	800	0,5
1973	1605,0	3500	2,1
1974	1652,3	8000	4,8
1975	1694,2	1200	0,8
1976	1701,0	10 000	5,8
1978	1741,3	27 000	15,5
1979	1809,5	40 000	22,1
1980	1863,2	900	0,5
Среднее			5,3

В Сарайкурганском лесхозе уже имеется более 2 тыс. га фисташковых культур различного возраста. В целом, как видно из табл. 2, эти насаждения характеризуются очень низким плодоношением. Средняя многолетняя урожайность за период 1967—1980 гг. была равна 5,3 кг с 1 га.

При подсчете плодоносящих фисташников учитывали культуры 12 лет и более. Из табл. 2 видно, что за период наблюдений, начиная с 1978 г., урожайность резко возрастает по сравнению с предыдущими годами, достигая максимума 40 т в 1979 г. Это связано с увеличением площади фисташковых насаждений, вступивших в пору активного плодоношения, и особенно культур, размещенных по схемам 3 × 3; 5 × 1; 5 × 2 м и т. д. Однако в 1980 г. урожайность резко упала, что связано с таким биологическим фактором, как периодичность плодоношения. В среднем продуктивность фисташковых культур Сарайкурганского лесхоза, несмотря на рост плодоношения за последние годы, остается низкой — 5,3 кг/га. Культуры в возрасте 20—30 лет дают всего 10—15 кг товарного ореха с 1 га. Низкую продуктивность фисташников, по нашему мнению, следует рассматривать как результат нарушений условий, необходимых для нормального плодоношения. До 9—12 лет высокая густота деревьев не так заметно отражается на их росте, но в более старшем возрасте, особенно когда они вступают в пору плодоношения, она стала отрицательно влиять на продуктивность фисташников.

Фисташка — порода светолюбивая, отдельно стоящие деревья имеют густую раскидистую крону, которая уже в 17—20 лет достигает 4—5 м в диаметре. Загущенные же культуры, переплетаясь ветвями, затеняют друг друга, мешают нормальному росту и развитию, а орехи, как правило, бывают мельче, чем в разреженных культурах. В таких культурах невозможно проводить и мероприятия по уходу. Все эти неблагоприятные факторы снижают урожайность фисташки. В целом по Сарайкурганскому лесхозу около 70 % культур размещены по схемам 2,5 × 1; 2,5 × 1,5 м, более 25 % — по схеме 3 × 3 м и около 5 % — по схемам 5 × 1; 5 × 2 и 5 × 3 м. Низкая продуктивность культур фисташки также связана с тем, что они создавались и создаются до настоящего времени семенами общего сбора, которые имеют низкие посевные качества.

На общее снижение урожайности влияет и большой процент мужских деревьев в насаждениях (60—70 %), хотя из опытных работ и литературных источников известно, что для нормального плодоношения вполне достаточно 20 % мужских деревьев. Таким образом, 40—50 % деревьев в культурах не производит продукцию. В целях повышения урожайности таких насаждений, при условии сохранения их мелиоративного значения, следует проводить работы по реконструкции, путем оставления не более 300—400 деревьев на 1 га и перепрививки мужских особей на женские. В фисташковых лесхозах среднеазиатских республик, таких как Сарайкурганский, Бабатагский, Дангаринский и др., проводят работы по облагораживанию, в основном в насаж-

денях, вступивших в пору плодоношения, т. е. достигших 14—16-летнего возраста. В то же время нами выявлено, что при определенной агротехнике работы по облагораживанию можно проводить уже в 3-летних культурах. Окулировка в насаждениях, достигших возраста плодоношения, состоит из следующих операций: срезка кустов на пеня для получения подвоя; заготовка привойного материала; окулировка и уход за окулянтом.

В результате проведенных работ в фисташниках Сарайкурганского лесхоза нами выявлено, что для получения качественного хорошо вызревшего подвоя при летних окулировках срезку кустов на пеня необходимо проводить в позднееосенние или ранневесенние сроки (во второй половине февраля). Высота пня должна составлять 3—5 см. Для надежности из появившейся обильной поросли нужно оставлять три побега, а остальные выламывать. К началу окулировочных работ такие побеги достигают длины 40—80 см и имеют диаметр 0,7—1,5 см, который считается вполне приемлемым для окулировки. Привойный материал желательно брать с ценных формовых деревьев с высоким процентом крупных открытых плодов. Для получения привойного материала у отобранных фисташек частично (до 30 %) срезают ветви. Образующиеся на срезах однолетние побеги используют для окулировочных работ.

Мы исследовали разные способы прививок: полумуфтой, щитком без древесины и щитком с тонким слоем древесины в Т-образный разрез. После перечета прижившихся глазков выявлено, что лучшие результаты были достигнуты при окулировке полумуфтой (приживаемость 80—90 %). Довольно высокий результат дала окулировка щитком в Т-образный разрез (70—80 %), самая низкая приживаемость выявлена у окулировок, проведенных щитком с тонким слоем древесины в Т-образный разрез (50—60 %).

Образовавшимся побегам после окулировки следует придавать штамбовую форму для беспрепятственного проведения в дальнейшем механизированного ухода, заключающегося в осенней глубокой перепахке междурядий, ранневесеннем бороновании и внесении азотно-фосфорных удобрений. В апреле — мае уход за почвой будет заключаться в культивациях почвы, преследующих борьбу с сорной растительностью и закрепление в почве влаги, образующейся от атмосферных осадков. В летние месяцы уходы за почвой следует прекращать, чтобы не вызвать иссушения поверхностного слоя почвогрунтов. Поскольку фисташковые насаждения сильно страдают от фисташкового листогрыза и подушечницы, а также тлей, долгоносиков, плодояжор, в культурах необходимо проводить 2-кратное опрыскивание гексахлораном. Проведение комплекса агротехнических мероприятий за реконструированными культурами будет способствовать повышению продуктивности фисташковых насаждений при выполнении ими почвозащитных и водоохраных функций.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Аблаев С. М. Научное обоснование культуры фисташки съедобной на равнинно-холмистой богаре Узбекистана: Автореф. дис. . . . канд. с.-х. наук.— Ташкент, 1955. [2]. Аблаев С. М. Посевные качества семян фисташки в зависимости от влагопоглощения.— Ташкент: Матбуот, 1971. [3]. Гурский А. В. Орехи западного Копет-Дага.— Тр. по прикладн. ботанике, генетике и селекции, 1932, № 1. [4]. Запрягаева В. И. Дикорастущие плодовые Таджикистана.— М.—Л.: Наука, 1964. [5]. Рихтер А. А. Орехоплодные культуры.— Симферополь: Крымиздат, 1969.

УДК 674.047.9

О МЕХАНИЗМЕ ПЕРЕНОСА СВОБОДНОЙ ВЛАГИ В ДРЕВЕСИНЕ

Г. С. ШУБИН

Московский лесотехнический институт

Известно, что в процессе сушки древесного образца, имеющего влажность выше предела насыщения клеточных стенок $W_{п.н}$, по его сечению образуются две зоны: наружная — диффузионная и внутренняя — капиллярная (терминология В. А. Баженова [1]). При этом в первой из них влажность ниже, а во второй выше, чем $W_{п.н}$.

Движущие силы переноса влаги в диффузионной зоне представляются очевидными (вопрос о переносе влаги при $W < W_{п.н}$ дискуссионный [9]), в капиллярной зоне — более сложными. Учеными высказан ряд гипотез [7], однако все они по существу объясняют перенос свободной влаги на границе с диффузионной зоной.

Фактически древесина по всей толщине имеет единую капиллярно-пористую структуру, где движущие силы диффузионной зоны «тянут» к поверхности свободную влагу.

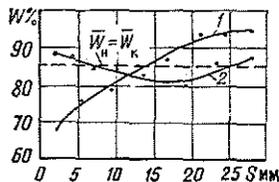
Механизм такого переноса наиболее обстоятельно изучен П. С. Серговским [3]. Когда же влажность по всему сечению выше предела насыщения клеточных стенок, тогда движущих сил для переноса свободной влаги не находится, так как по существующим представлениям полости клеток являются макрокапиллярами, вода в которых свободна. В связи с этим давление насыщенного пара над водой в полостях клеток вне зависимости от количества воды одинаково, так же как и капиллярное или расклинивающее давление (последнее — без постоянных микрокапилляров) в стенках клеток.

В сроки, соответствующие реальному процессу сушки пиломатериалов, это действительно так [4]. Однако некоторые факты свидетельствуют о том, что должен иметь место пусть медленный, но самостоятельный перенос влаги. К мысли об этом приводит, например, некоторая условность отнесения полостей клеток к макрокапиллярам, так как давление насыщенного пара в них, в соответствии с формулой Томсона, понижено, хотя и незначительно, по сравнению с давлением насыщения в условиях атмосферы, в связи с чем вода в них несколько «связана».

Наличие переноса свободной воды подтверждается выполненными нами экспериментами.

Из свежесрубленного березового кряжа вырезали доску размером $50 \times 100 \times 800$ мм. Начальная влажность была порядка 90 %. С обоих торцов доски брали пробы на влажность, что давало возможность грубо судить о средней ее величине. Доску влагоизолировали (масляная краска и эпоксидная шпатлевка) со всех сторон, кроме пласти, и подсушивали в сушильной установке при температуре порядка 50—60 °С. Влажность открытой поверхности $W_{\text{п.н}}$ ориентировочно определяли влагомером. При $W_{\text{п.н}} = 50\text{—}60\%$ доску считали подготовленной и раскраивали ее на образцы. С двух сторон каждого образца выкливали секции послышной влажности, одновременно дававшие и среднюю его влажность. Образцы сразу надежно влагоизолировали со всех сторон (краска + эпоксидная шпатлевка + битумная мастика) и помещали в термостат, в котором поддерживали температуру 80 °С, на срок от 3 до 18 сут. После выдержки в полностью влагоизолированном состоянии из образцов брали пробы на послышную влажность, что давало также среднюю влажность по сечению.

Рис. 1. Опытные данные по выравниванию влаги в образце древесины (береза, толщина 31 мм) при $W > W_{\text{п.н}}$: $\bar{W}_{\text{н}}$ и $\bar{W}_{\text{к}}$ — соответственно средняя по сечению начальная (до опыта) и конечная (после 18 сут выдержки) влажность древесины; $W_{\text{н}} = f(x)$ (1) и $W_{\text{к}} = f(x)$ (2) — кривые распределения влаги до опыта ($W_{\text{н}}$) и после опыта ($W_{\text{к}}$).



Совпадение средней начальной (до опыта) влажности $W_{\text{н}}$ и конечной (после опыта) $W_{\text{к}}$ свидетельствовало о надежности влагоизоляции (отсутствие каких-либо утечек или притоков влаги). Опыты показали, что после 7 сут перераспределения влаги не произошло. После 18 сут выдержки (между 7 и 18 сут пробы не брали) влажность существенно выровнялась (поверхностная влажность на пласть $W_{\text{п}}$ равнялась 96 и 65 %, после опыта она стала близкой к средней влажности $\bar{W} = 85\%$, что видно из рис. 1). В опытах П. С. Серговского [4] образцы с влажностью каждого из них $W > W_{\text{п.н}}$ (температура 80 °С) выдерживали в течение 3 сут, при этом выравнивания влажности не было обнаружено.

Известно, что формулы, вытекающие из уравнения влагопроводности типа дифференциального уравнения Фурье и применяемые к описанию процессов сушки древесины (имеющей $W > W_{\text{п.н}}$ при постоянном коэффициенте влагопроводности a'), вполне удовлетворительно описывают ход высыхания (помимо многочисленных наших экспериментов это подтверждено в ряде работ, например [6]). Расчеты показали [5], что при условиях, имевших место в опытах (толщина образца 31 мм), практическое выравнивание влаги по сечению должно было произойти примерно за 60 ч. Отсюда можно сделать вывод о том, что свободная вода движется, но темп ее движения существенно меньше, чем в реальных условиях сушки, когда движение воды, в основном, осуществляется за счет потенциальных сил связанной воды в диффузионной зоне. Вместе с тем опыты доказали наличие самостоятельного переноса свободной воды как таковой. Наша интерпретация этого переноса дана в статье [8].

По гипотезе Б. С. Чудинова [7] свободная вода движется под действием градиента давления воздуха, которое, по мнению ее автора, выше в клетке, в которой свободной воды больше. Такой механизм переноса нельзя исключить, хотя он представляется слишком идеализированным, так как предполагает достаточно высокую герметичность клеток.

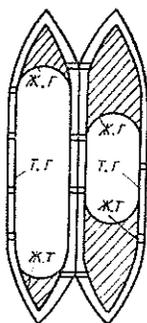


Рис. 2. Схема к переносу свободной влаги под действием концевых участков полостей клеток и разности свободной энергии.

внутри клетки имеется термодинамическое равновесие между различными фазами (химические потенциалы одинаковы), система клеток в таком равновесии может не находиться, так как свободная энергия в каждой из них, определяемая суммой произведений площади раздела фаз S_i на поверхностное натяжение σ_i , различна из-за наличия фазы твердое тело — газ (через адсорбированный слой жидкости).

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Баженов В. А. Проницаемость древесины жидкостями и ее практическое значение.— М.: Гослесбумиздат, 1952.— 84 с. [2]. Никитин В. М., Оболенская А. В., Щеголев В. П. Химия древесины и целлюлозы.— М.: Лесн. пром-сть, 1978.— 368 с. [3]. Серговский П. С. О механизме движения влаги в древесине при конвекционной сушке.— Деревообраб. и лесохим. пром-сть, 1954, № 4, с. 3—8. [4]. Серговский П. С. Исследование влагопроводности и разработка методов расчета процессов сушки и увлажнения древесины: Автореф. дис. . . д-ра техн. наук.— М., 1954. [5]. Серговский П. С. Влагопроводность древесины.— Деревообраб. пром-сть, 1955, № 2, с. 3—8. [6]. Стам А. Поверхностные свойства целлюлозных материалов.— Б кн.: Химия древесины (пер. с англ.), 1960, т. 11, с. 12—15. [7]. Чудинов Б. С. Вода в древесине.— Новосибир.: Наука, Сиб. отд-ние, 1984, 270 с. [8]. Шубин Г. С. О влагопереносе в древесине: Науч. тр. МЛТИ, 1983, вып. 149, с. 36—39. [9]. Graham G. Fick's Laws and Bound-Water Diffusion.— Wood Science, 1, 1976, vol 8.

УДК 674.953 : 621.934

О ПОПЕРЕЧНОЙ ЖЕСТКОСТИ «ПЛАВАЮЩИХ» КРУГЛЫХ ПИЛ

В. В. СОЛОВЬЕВ, Ю. А. БОРИЧЕВ, М. Л. КОРОТКОВА

Архангельский лесотехнический институт, ЦНИИМОД

В линиях ЛФП-2, ЛФП-3, ЛАПБ-2 (а также автономно) используют круглопильные станки СБ8М-2 конструкции ЦНИИМОДа с плавающими пилами. Особенность этих станков состоит в том, что пилы лишены жесткой связи с пильным валом, а их фиксация в осевом направлении осуществляется направляющими двустороннего действия, размещаемыми над и под распиливаемым материалом. При нулевых зазорах между направляющими и пильным диском аксиальные его перемещения как жесткого тела равны нулю, и точность распиловки, в основном, определяется величиной изгибной жесткости пилы j :

$$j = \frac{P}{w}, \quad (1)$$

где w — прогиб пильного диска в точке приложения силы P .

Следовательно, задача оценки жесткости пилы состоит в исследовании прогибов круглой пластины, расположенной на точечных опорах под действием сосредоточенной нагрузки. Расчетная схема показана на рис. 1. Решение задачи сводится к интегрированию дифференциального уравнения

$$\Delta \Delta w = \frac{q}{D}. \quad (2)$$

Здесь $\Delta = \frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \cdot \frac{\partial^2}{\partial \theta^2}$;
 q — интенсивность распределенной нагрузки;

$$D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)},$$

где E, ν — упругие характеристики материала пилы;

h — толщина пластины.

Следуя одной из работ*, общее решение примем в виде суммы двух слагаемых:

$$w = w_0 + w_1.$$

Здесь w_0 — частное решение, соответствующее правой части уравнения (2);

w_1 — решение однородного уравнения.

В рассматриваемом случае решение однородного уравнения можно получить в форме тригонометрических рядов

$$w_1 = R_0 + \sum_{m=1}^{\infty} R_m \cos m\theta + \sum_{m=1}^{\infty} R'_m \sin m\theta, \quad (3)$$

где R_0, R_m, R'_m — функции;

$$R_0 = A_0 + B_0 r^2 + C_0 \ln r + D_0 r \ln r;$$

$$R_1 = A_1 r + B_1 r^3 + C_1 r^{-1} + D_1 r \ln r;$$

$$R_m = A_m r^m + B_m r^{-m} + C_m r^{m+2} + D_m r^{-m+2}, \quad (m > 1).$$

Выражения для R'_1 и R'_m записываем аналогично. Входящие в равенства (4) постоянные $A_0, B_0, \dots, A_1, B_1, \dots, A_m, B_m, \dots, A'_1, B'_1, \dots$ определяем из граничных условий для внешнего и внутреннего контуров пилы. На внутреннем контуре имеем

$$D \left[\frac{\partial^2 w}{\partial r^2} + \nu \left(\frac{1}{r} \cdot \frac{\partial w}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial \theta^2} \right) \right] = 0;$$

$$D \left[\frac{\partial}{\partial r} \Delta w - (1-\nu) \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\frac{1}{r} \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial r \partial \theta} - \frac{1}{r^2} \cdot \frac{\partial w}{\partial r} \right) \right] = 0. \quad (5)$$

На внешнем контуре (при $r = r_a$)

$$D \left[\frac{\partial^2 w}{\partial r^2} + \nu \left(\frac{1}{r} \cdot \frac{\partial w}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial \theta^2} \right) \right] = 0;$$

$$-D \left[\frac{\partial}{\partial r} \Delta w - (1-\nu) \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\frac{1}{r} \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial r \partial \theta} + \frac{1}{r^2} \cdot \frac{\partial w}{\partial r} \right) \right] = F, \quad (6)$$

где F — интенсивность поперечных нагрузок на внешнем контуре.

* Тимошенко С. П., Войновский-Кригер С. Пластины и оболочки.— М.: Наука, 1966.— 636 с.

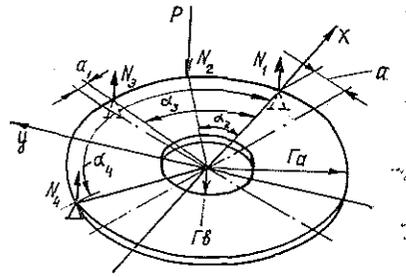


Рис. 1.

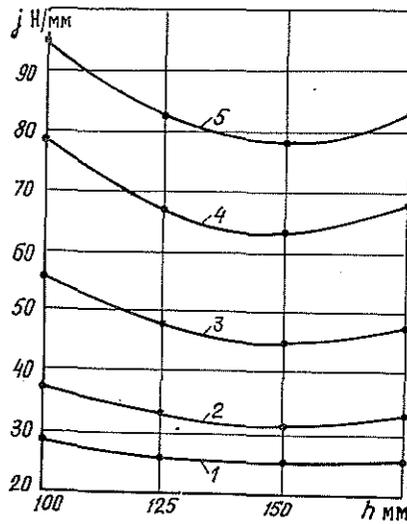


Рис. 2. Влияние толщины пилы h на жесткость j в зоне резания.
 1 — $h = 2,0$ мм; 2 — 2,2; 3 — 2,5; 4 — 2,8; 5 — 3,0 мм.

Представляя опорные реакции N_i , а также внешнюю нагрузку $P = N_2$ в форме тригонометрических рядов, получим:

$$F = \sum_{i=1}^4 \frac{N_i}{\pi r a} \left(\frac{1}{\eta} + \sum_{m=1}^{\infty} \cos m\theta_i \right). \quad (7)$$

Здесь $\theta_i = \theta - \alpha_i$; угол θ отсчитываем от оси x (рис. 1).

Подставляя соответствующие выражения в условия (5) и (6), получим систему алгебраических уравнений для определения всех постоянных. Причем в рассматриваемой задаче частное решение w_0 равно нулю, и, следовательно, величина перемещений диска полностью определяется выражением (3). Величину опорных реакций N_i определяем из условий статики. Решение в приведенной постановке можно реализовать лишь с применением ЭВМ. Для расчета перемещений w разработана программа для ЭВМ «Наири-3». Расчеты выполнены для пил с внешним диаметром 630 мм и различной толщиной h : 2,0; 2,2; 2,5; 2,8 и 3,0 мм. Значения жесткости пилы при различных положениях сосредоточенной силы приведены на рис. 2.

Расчеты показали, что по мере удаления силы от опор при всех расчетных параметрах жесткость пилы снижается. Сближение опор приводит к повышению жесткости пилы в зоне резания.

УДК 674.817-41

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ ПРИ ПРЕССОВАНИИ ДРЕВЕСНОВОЛОКНИСТЫХ ПЛИТ

Е. Е. АГИБАЛОВА, Л. И. ГЕНКИН, Е. В. СПИРИДОНОВ, О. Я. ФИШМАН

Ленинградская лесотехническая академия

Прессование — основная технологическая операция при производстве древесноволокнистых плит (ДВП) — в значительной степени определяет качество выпускаемых плит и производительность оборудования.

Можно полагать, что при сухом способе прессования условием окончания процесса прессования является достижение центральными точками плиты температуры полимеризации связующего и снижение внутреннего давления до величины, безопасной для клеевых связей, а при мокром способе — достижение сухости полотна около 99 %, когда между сближающимися по мере удаления влаги древесными частицами начинают действовать водородные связи и силы Ван-дер-Ваальса [3].

Важно изучить процессы тепло-массопереноса при прессовании ДВП для обоснованного назначения технологических режимов, а также для разработки средств автоматического управления процессом прессования.

В ДВП, кроме переноса тепла путем теплопроводности, происходят перенос тепла парами воды, фазовое превращение воды и газов, выделяющихся при полимеризации связующего [1], массоперенос путем фильтрации, испарение свободной влаги из древесных частиц и процесс полимеризации связующего. В процессе прессования ДВП давление со стороны греющих плит пресса меняется, что ведет к изменению условий теплообмена. Кроме того, изменяются коэффициент теплопроводности, теплоемкость прессуемой композиции (древесные частицы — влага — связующее — газы), коэффициенты, характеризующие массопроводность и фильтрацию. Термодинамические показатели и термоградиентные коэффициенты, характеризующие тепло-массоперенос в ДВП, имеют вероятностный характер, присущий древесным материалам. Все перечисленные обстоятельства приводят к трудностям при теоретическом расчете динамики температурно-влажностного поля и поля давлений пара в плите.

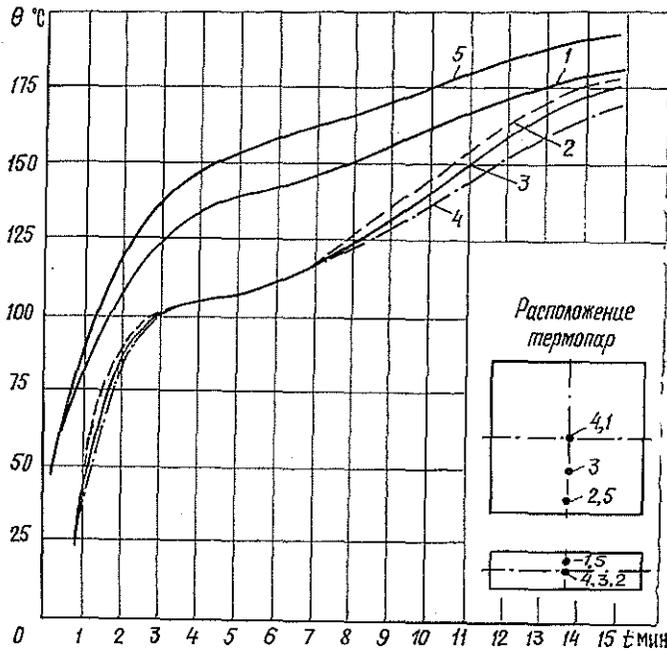
На начальном этапе изучения теплофизических процессов при прессовании ДВП важная роль должна принадлежать экспериментальным методам исследования.

На кафедре автоматизации производственных процессов ЛТА разработана методика экспериментального изучения температурных полей непосредственно в процессе прессования плит.

В подготовленный для прессования древесноволокнистый ковер форматом 200×200 мм помещали специально разработанные нестандартные медь-константановые миниатюрные (диаметром слая 0,3 мм) термодпары. Схема закладки термодпар (см. рис.) позволяла обнаружить температурные градиенты как по длине плиты в среднем слое, так и по толщине. Ковер с термодпарами помещали в пресс, и в процессе всего цикла прессования автоматическим многоточечным потенциометром регистрировалось температурное поле.

По этой методике получены температурные кривые для плит разных габаритов, со связующим и без него. Это позволило количественно оценить температурные режимы, оценить влияние связующего и габаритного фактора на конфигурацию темпера-

Схема расположения термопар и температурное поле в древесноволокнистой плите.



турных полей и, что самое важное, предложить объяснение теплофизических процессов на разных стадиях прессования в разных точках плиты.

На рисунке показано семейство температурных кривых, полученных при прессовании сухим способом древесноволокнистого ковра без связующего размером 400×400 мм и толщиной 15 мм. Из графиков следует, что форма кривых в среднем слое соответствует типично высокотемпературному процессу сушки с начальной влажностью выше предела гигроскопичности. В то же время формы температурных кривых периферийных слоев соответствуют квазивысокотемпературному режиму с начальной влажностью ниже предела гигроскопичности. Такое различие процесса сушки между центральными и периферийными слоями древесноволокнистого ковра с начальной влажностью ниже предела гигроскопичности можно объяснить тем, что в начальной стадии прессования в периферийных слоях произошло испарение связанной влаги и образовавшийся пар сконденсировался в центральном слое плиты. Свободная влага, образовавшаяся там, обусловила возникновение типично высокотемпературного процесса и устойчивого молярного переноса влаги.

Рассмотрим температурные поля в среднем слое плиты, который наиболее труден в смысле удаления влаги и прогрева. На графике можно выделить три характерных участка. На первом — участке интенсивного прогрева — температура точек, расположенных ближе к краю, обгоняет температуру центральных точек. Градиент температуры постепенно убывает и становится равным нулю, когда в среднем слое начинается кипение. Это происходит вследствие того, что в контактном слое происходит процесс парообразования, в связи с чем там образуется внутреннее давление парогазовой смеси, которое распространяется внутрь ковра к менее нагретому среднему слою. Под действием разности давлений происходит массоперенос парогазовой смеси к торцам плиты. Краевые точки быстрее достигают температуры кипения, после чего их температура увеличивается медленнее (с ростом давления). Затем центральные точки достигают температуры кипения.

На втором участке температура среднего слоя плиты изменяется незначительно; происходит испарение свободной влаги. Заметим, что в ряде экспериментов на этом участке наблюдался незначительный температурный градиент обратного знака по отношению к первому участку. Это объясняется тем, что по мере подсыхания приповерхностных слоев направление градиента давления меняется на обратное и происходит перенос парогазовой смеси к торцам плиты, причем этот поток теперь идет в основном не от более нагретых поверхностных слоев плиты, а от центральной части плиты, в которой имеется сужающаяся по мере переноса влаги зона кипения. При подходе к торцам плиты и при выходе из нее парогазовый поток расширяется и температура его падает.

Вследствие сужения зоны кипения и снижения величины парогазового потока градиент температуры уменьшается и примерно ко времени испарения всей свободной влаги он становится равным нулю.

Градиент температуры на втором участке и в момент окончания участка зависит от многих факторов, основные из которых: габариты плит, начальная влажность ковра и температура плит пресса. Так, для тонких ДВП второй участок кончается через 2—2,5 мин после начала прессования, а для толстых — через 5—8 мин. У тонких ДВП без связующего градиент температуры значительно меньше, чем со связующим, поскольку в массопереносе принимают участие газообразные продукты отверждения связующего и его влага, а в переносе участвует тепло экзотермической реакции. При переходе к третьему участку возникает значительный градиент температуры, направленный от центра плиты к периферии. В этот период происходит процесс испарения связанной влаги.

Выявленные закономерности, дополненные экспериментами по исследованию распределения полей давления, могут служить основой для построения математической модели процесса прессования.

ЛИТЕРАТУРА

[1], Анисов П. П., Денисов О. Б. Особенности массопереноса в стружечном пакете большого формата.— Фанера и плиты, 1972, № 2. [2]. Лыков А. В. Теория сушки.— М.: Энергия, 1968. [3]. Ребрин С. П., Мерсов Е. Д., Евдокимов В. Г. Технология древесноволокнистых плит.— М.: Лесн. пром-сть, 1971.

УДК 674.038.6.001

ОЦЕНКА СРЕДНЕЙ РАЗНОТОЛЩИННОСТИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ В ПАРТИИ

Н. И. КОВЗУН

ЦНИИМОД

Нормирование разнотолщинности пиломатериалов — трудоемкая задача, так как она связана с выполнением большого числа измерений. Решение можно значительно упростить, если использовать экспериментальные данные, полученные различными исследователями при отработке режимов резания, сравнительных испытаниях режущего инструмента, проверках качества пиломатериалов, вырабатываемых лесопильными предприятиями.

Имеющиеся материалы представляют собой результаты измерения толщины доски, выполненные в N равноотстоящих точках, и, следовательно, содержат погрешность нахождения минимальной и максимальной толщины. Для использования этих материалов необходимо разработать специальную методику.

Настоящая статья посвящена определению погрешности результата измерения разнотолщинности пиломатериалов и условий, при которых этой погрешностью можно пренебречь, а результат измерения принимать за действительное значение измеряемой величины. В предыдущих работах автора установлено, что разнотолщинность доски R и случайную составляющую погрешности $\tilde{\sigma}_R(\hat{\Delta})$ ее измерения можно вычислить по формулам:

$$R = 2t\sigma_N, \quad (1) \quad \tilde{\sigma}_R(\hat{\Delta}) = k_1 R, \quad (2)$$

или

$$R = aR_N, \quad (3) \quad \tilde{\sigma}_R(\hat{\Delta}) = k_2 R, \quad (4)$$

где σ_N, R_N — среднее квадратичное отклонение толщины доски от средней арифметической и разнотолщинность, вычисленные по N измерениям толщины одной доски в равноотстоящих точках;

t, a^*, k_1, k_2 — коэффициенты, зависящие от числа измерений.

Значения коэффициентов приведены в табл. 1.

По формулам (2), (4) оценим границу погрешности результатов измерения разнотолщинности R , вычисленных по формулам (1), (3) для реальных производствен-

* Необходимо отметить взаимосвязь коэффициентов t и a с известными коэффициентами $a_{(n)}$ [1] и a_2 [3]. Если приравнять средние арифметические разнотолщинности пиломатериалов в партии, вычисленные с использованием формул (1) и (3), то $\bar{\sigma}_N =$

$$= \frac{a}{2t} \bar{R}_N. \text{ Тогда } \frac{a}{2t} = a_{(n)} = \frac{1}{a_2}.$$

Таблица 1

<i>N</i>	5	10	15	20	25	50	100
<i>t</i>	2,22	2,30	2,32	2,34	2,35	2,38	2,40
<i>a</i>	1,90	1,50	1,40	1,25	1,21	1,06	1,00
<i>k</i> ₁	0,37	0,28	0,23	0,20	0,16	0,14	0,13
<i>k</i> ₂	0,37	0,30	0,26	0,22	0,18	0,11	0,00

ных условий: *N* = 5; *R* = 1,5—2,0 мм. При доверительной вероятности 0,95 и нормальном законе распределения погрешности граница погрешности результата измерения представляет удвоенное значение $\tilde{\sigma}_R(\overset{\circ}{\Delta})$ и находится в диапазоне от ± 1,1 до ± 1,5 мм. Полученное значение погрешности сопоставимо с измеряемой величиной и не позволяет получить точную оценку истинного значения разнотолщинности.

В то же время известно [2], что случайная составляющая погрешности измерения $\tilde{\sigma}_R(\overset{\circ}{\Delta})$ средней разнотолщинности доски \bar{R} в \sqrt{n} меньше, чем для единичного результата измерения $\tilde{\sigma}_R(\overset{\circ}{\Delta})$, где *n* — число досок, по которым вычислена средняя арифметическая разнотолщинность \bar{R} . Следовательно, можно найти условия, при которых погрешность результата измерения \bar{R} ничтожно мала по сравнению со средним квадратичным отклонением разнотолщинности σ_R . По критерию ничтожно малых погрешностей [2]

$$\tilde{\sigma}_R(\overset{\circ}{\Delta}) < 0,3\sigma_R.$$

Оценим минимально допустимую границу погрешности результата измерения средней разнотолщинности \bar{R} , значением которой можно пренебречь исходя из приведенного критерия. Предварительными наблюдениями установлено, что $\sigma_R = (0,25 \div 0,50)$ мм и $\bar{R} = (1 \div 2)$ мм. Тогда $\tilde{\sigma}_R(\overset{\circ}{\Delta}) < (0,08 \div 0,17)$ мм. В форме относительной погрешности эти значения составляют соответственно $\delta < (16 \div 17) \%$.

Теоретическую оценку относительной погрешности измерения средней разнотолщинности в партии пиломатериалов найдем по формуле

$$\delta = \tilde{\sigma}_R(\overset{\circ}{\Delta}) \cdot \frac{1}{R\sqrt{n}} \cdot t_{\frac{1+\gamma}{2}(n-1)} \cdot 100 = k_{1,2} \cdot \frac{1}{\sqrt{n}} \cdot t_{\frac{1+\gamma}{2}(n-1)} \cdot 100 \%$$

Исходя из того, что распределение среднего арифметического всегда нормально, значения $\frac{1}{\sqrt{n}} \cdot t_{\frac{1+\gamma}{2}(n-1)}$ приняты [1] для доверительной вероятности $\gamma = 0,95$. Результаты расчета приведены в табл. 2, из данных которой следует, что критерию ничтожно малых погрешностей измерения средней арифметической разнотолщинности удовлетворяют следующие условия:

$$N = 5, n \geq 25; \quad N = 10, n \geq 15.$$

Для проверки теоретических оценок определены погрешности измерения средней арифметической разнотолщинности в контрольных партиях. Число досок *n* в контрольных партиях принято равным 5, 10, 25, 50 шт. Контрольные партии с числом досок 5 и 10 шт. получены выборкой последовательно выпиленных досок за одну настройку станка из одного места постава.

Толщина пиломатериалов в партиях была измерена на протяжении всей длины в 100 равноотстоящих точках (с шагом 50 мм). Измерения выполнены индикаторной скобой с погрешностью 0,1 мм.

Полученные значения толщины обработаны по следующим вариантам.

Таблица 2
Теоретические оценки относительной погрешности измерения средней арифметической разнотолщинности \bar{R}

Число досок в партии <i>n</i> , шт.	Погрешность, %, при числе измерений на доске <i>N</i>	
	5	10
100	7,3	5,4
50	10,5	7,9
25	15,3	11,6
20	17,3	13,1
15	20,5	15,5
10	26,5	20,0
5	45,9	34,7

1 вариант. Из 100 значений толщины на одной доске выбирали X_{min} и X_{max} . Рассчитывали разнотолщинность в доске $R_d = X_{max} - X_{min}$ и среднюю разнотолщин-

ность в партии $\bar{R}_d = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n}$. Полученные значения \bar{R}_d приняты за действительные значения средней разнотолщинности в партии.

2 вариант. Из 100 значений толщины на одной доске выбирали 5 в равноотстоящих точках. Для каждой доски по формулам (1), (3) вычисляли R . Для каждой партии досок рассчитывали среднее значение разнотолщинности \bar{R} и относительную погрешность измерения средней разнотолщинности $\delta = \frac{\bar{R} - \bar{R}_d}{\bar{R}_d} \cdot 100 \%$.

Данные расчета сведены в табл. 3.

Таблица 3

Число досок в партии n , шт.	Средняя разнотолщинность досок в партии \bar{R} , мм			Относительная погрешность δ измерения \bar{R} , %	
	рассчитанная по формуле (1)	рассчитанная по формуле (3)	действительная	рассчитанной по формуле (1)	рассчитанной по формуле (2)
50	1,46	1,44	1,45	0,7	0,7
25	1,42	1,41	1,32	7,6	6,8
25	1,88	1,88	1,84	2,2	2,2
10	1,95	1,98	1,76	10,8	12,5
10	1,51	1,44	1,52	0,7	5,2
5	2,04	1,98	2,24	8,9	11,5
5	1,51	1,44	1,56	3,2	7,9

Анализ полученных данных позволяет заключить, что экспериментальные погрешности находятся в пределах теоретических и для $n \geq 25$ не превышают 10 %. Граница погрешности измерения находится в пределах 0,1 мм. На основании изложенного среднюю разнотолщинность пиломатериалов в партии рекомендуется рассчитывать по формулам

$$\bar{R} = 2t\bar{\sigma}_N \text{ или } \bar{R} = a\bar{R}_N.$$

Полученный результат следует принимать за действительное значение средней разнотолщинности пиломатериалов, если число досок в партии не менее 25 шт. при 5 измерениях на одной доске или число досок не менее 15 шт. при 10 измерениях.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. ГОСТ 11.004—74. Прикладная статистика. Правила определения оценок и доверительных границ для параметров нормального распределения.—Перевзд. Янв., 1980. [2]. Проненко В. И., Якирии Р. В. Метрология в промышленности.—Киев: Техника, 1979.—223 с. [3]. Шиндовский Э., Шюрц О. Статистические методы управления качеством.—М.: Мир, 1976.—597 с.

УДК 630*24.003.1

ФОРМИРОВАНИЕ ФОНДА ЭКОНОМИЧЕСКОГО СТИМУЛИРОВАНИЯ РУБОК УХОДА

А. П. ПЕТРОВ, М. А. ЛОБОВИКОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Современный этап интенсификации лесной промышленности и лесного хозяйства закономерно требует для преодоления дефицита в лесопродукции расширить использование маломерной древесины от рубок ухода в деревообрабатывающих производствах. Однако возможности проведения рубок ухода реализуются в настоящее время не в полной мере, главным образом, ввиду отсутствия эффективного механизма экономического стимулирования данного производства.

Отечественный и зарубежный опыт доказывает возможность развития рубок ухода и повышения уровня промежуточного пользования в лесах с относительно равномер-

ной возрастной структурой до 50—100 % от объемом главного пользования.

В СССР подобные показатели достигнуты лишь в районах наиболее интенсивного хозяйства. Доля рубок ухода и санитарных рубок в общем объеме лесозаготовок по регионам СССР выглядит следующим образом (%): СССР—11, европейская часть СССР—15, европейская часть РСФСР—10, УССР—57, БССР—40, ЛитССР—40, ЛатССР—47, ЭстССР—39.

Одним из мероприятий, стимулирующих рубки ухода, может быть перераспределение сверхнормативной прибыли предприятий-заготовителей и потребителей маломерной древесины, объективно находящихся в лучших природных и производственных условиях, между предприятиями, имеющими относительно худшие условия и работающими с рентабельностью ниже норматива или убыточными. Это перераспределение возможно производить через специально созданные в региональном масштабе республик или областей) фонды экономического стимулирования производства маломерной древесины.

Сказанное можно пояснить графически (см. рис.). Линии условны. Предприятия-производители сырья располагаются по признаку нарастания затрат при переходе от лучших условий производства к худшим.

На рис. а стоимость производства сырья определяется в двух значениях:

как C_1 — предельная величина делением стоимости сырья на предприятии на соответствующий объем его;

как \bar{C}_1 — средняя величина делением кумулятивной стоимости сырья на соответствующий кумулятивный объем его.

Точка пересечения линии цены реализации древесины a с линией предельной цены поставщика C_1 фиксирует объемы экономически доступных ресурсов Q_0 , освоение которых обеспечивает рентабельность производства не ниже норматива. Сверхнормативная прибыль L , по всем предприятиям при этом достигает максимального значения (рис. б).

Точка пересечения линии цены реализации a с линией средней стоимости сырья \bar{C}_1 определяет объем производства Q_1 , при котором в среднем по всем предприятиям обеспечивается нормативная рентабельность освоения и переработки маломерной древесины. При этом к производству сырья в размере Q_0Q_1 подключаются предприятия, работающие с рентабельностью ниже норматива или убыточные, что требует перераспределения средств между ними через специальный фонд стимулирования, размер которого должен определяться площадью фигуры $S_{ВГД} = S_{АБВ}$. В этом случае вся сверхнормативная прибыль расходуется на покрытие убытков и обеспечение нормативной прибыли предприятий, имеющих худшие условия производства, $L = 0$ (рис. б).

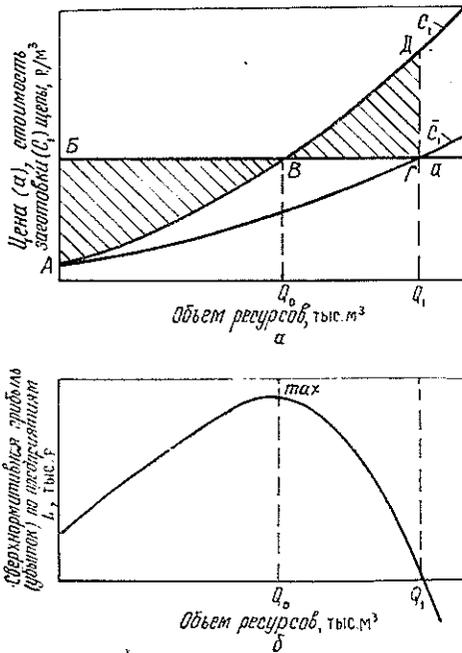
Размер фонда экономического стимулирования рубок ухода, таким образом, определяется сравнительно просто при наличии одного предприятия-потребителя древесного сырья. При наличии многих возможных потребителей и различных вариантов их взаимосвязей с поставщиками сырья возникает необходимость применения математических методов. Задача состоит в оптимальном с точки зрения экономии транспортных расходов и уменьшения оборота средств распределении поставщиков низкосортной древесины за потребителями при условии, что сумма сверхнормативной прибыли и убытков по группе предприятий равна нулю ($L = 0$). Указанная задача поддается решению транспортным алгоритмом.

Целевая функция при этом определится в виде

$$L = \sum (a_{ij} - C_{ij}) x_{ij} = \sum p_{ij} x_{ij} \rightarrow \max$$

при ограничениях:

$$1) \sum_j x_{ij} = Q_i;$$



Расчет фонда экономического стимулирования рубок ухода.

$$2) \sum_i x_{ij} \leq M_j;$$

$$3) x_{ij} \geq 0,$$

где i — номер поставщика ($i = 1, 2, \dots, n$);
 j — номер потребителя ($j = 1, 2, \dots, m$);
 Q_i — ресурсы щепы у i -того поставщика;
 M_j — потребность в щепе у j -того потребителя;
 x_{ij} — объем поставки i -того поставщика j -тому потребителю;
 $P_{ij} = a_i - c_{ij}$ — разница между ценой реализации древесины (ценой потребителя a_i) и нормативной стоимостью заготовки и поставки древесины (ценой поставщика c_{ij}); иначе — сверхнормативная прибыль или убыток.

Цель достигается решением ряда транспортных задач. В каждом последующем случае из числа ограничений исключается объем Q_i , имеющий наименьшее значение P_{ij} среди участвующих в предыдущем решении до тех пор, пока L не станет положительной (близкой к нулю). Полученная в результате матрица решений используется для обоснования взносов и дотаций предприятиям из фонда экономического стимулирования рубок ухода.

Предварительные расчеты по предприятиям Латвийской ССР определяют фонд стимулирования рубок ухода в размере 80—100 тыс. р.

Указанный механизм стимулирования производства маломерных лесоматериалов позволит предприятиям Латвийской ССР извлекать дополнительно 100—120 тыс. м³ сырья ежегодно. Он может применяться в условиях действующей экономической организации рубок ухода, однако требует усиления административного и экономического контроля за лесоводственным качеством указанного производства.

УДК 676 : 621.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ УДЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ОТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВАРОЧНОЙ УСТАНОВКИ «ПАНДИЯ»

С. П. АГЕЕВ

Архангельский лесотехнический институт

Как известно, удельное потребление электроэнергии зависит от производительности варочного агрегата. Оно может определяться корреляционными связями ω (P) (где ω — удельное потребление электроэнергии, кВт · ч/т; P — производительность по варке, т). В процессе эксплуатации варочной установки некоторые технологические факторы могут изменяться в определенном диапазоне.

В данной работе определена зависимость удельного потребления электроэнергии на 1 т полуцеллюлозы в непрерывных варочных установках типа «Пандия» от частоты вращения дозатора щепы, регулирующего производительность установки.

Исследования проводили в цехе нейтрально-сульфитной полуцеллюлозы (НСПЦ) Котласского ЦБК.

Производство НСПЦ включает в себя следующие стадии:

- 1) варка щепы (с раствором моносульфита натрия) в установках;
- 2) отбор щелока и отжим полученной массы на прессах;
- 3) разделение полуцеллюлозы на волокна на рафинерах (горячий размол);
- 4) промывка на вакуум-фильтрах;
- 5) очистка полученной массы от загрязнений.

Процесс получения полуцеллюлозы ведется на двух одинаковых потоках общей производительностью 350 т/сут. Основное энергоемкое оборудование составляют рафинеры, сортировки, насосы. Общая установленная мощность технологического оборудования равна 8 225 кВт.

При получении исследуемой зависимости были использованы методы корреляционного и регрессионного анализов. Объектом исследования послужил статистический материал по сменным расходам электроэнергии, накопленный в подсистеме АСУ «Энергия». Объем выборки составил 128 смен. Диапазон регулирования частоты вращения дозатора 7—10 об/мин. Нормальным эксплуатационным режимом считается работа при частоте вращения 10 об/мин, что соответствует производительности одного агрегата — 17 т/ч. В случае возникновения опасности перелива в бассейне высокой концентрации массы, из-за перебоев в работе оборудования картонной фабрики, приходится уменьшать производительность одного или двух потоков; это приводит к перерасходу электроэнергии.

Расчетная таблица

t	n	ω'	ω''	$\omega_{\text{ср}}$	t	n	ω'	ω''	$\omega_{\text{ср}}$
104	1	—	—	389	134	2	293	295	294
108	1	—	—	311	136	5	304	318	308
110	2	308	331	320	138	5	303	316	306
112	3	320	365	335	140	8	297	318	304
114	3	329	334	331	142	1	—	—	294
116	2	305	322	314	144	3	298	331	315
118	1	—	—	323	146	6	280	314	297
120	1	—	—	320	148	6	289	322	299
122	2	302	309	306	150	6	289	312	299
124	3	308	324	314	152	5	271	317	290
126	3	313	336	322	154	4	282	299	291
128	3	286	329	302	156	5	279	312	294
130	2	300	326	313	156	8	275	314	293
132	4	297	330	316	160	33	277	309	294

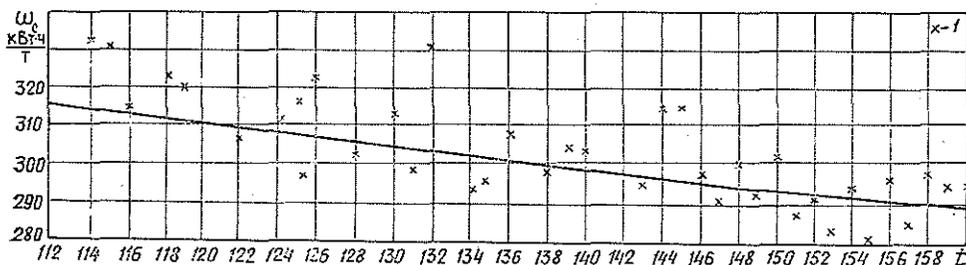
Примечание. t — среднее значение интервала оборото-часов; n — число экспериментальных точек в интервале; $\omega_{\text{ср}}$ — среднее значение удельного расхода электроэнергии в интервале; ω' — минимальное его значение; ω'' — максимальное значение.

При определении параметров зависимости была принята линейная регрессия (см. табл.).

Получено следующее уравнение зависимости удельного расхода электроэнергии ω_c от числа оборото-часов t в смену:

$$\omega_c = 443 - 0,98t. \quad (1)$$

Из графика (см. рис.), построенного согласно выражению (1), видно, что с уменьшением числа оборото-часов дозатора щепы пропорционально увеличивается удельное потребление электроэнергии.



Зависимость удельного электропотребления ω_c от числа оборото-часов t дозатора в смену.

t — опытные (средние для интервала) замеры.

Выборочный коэффициент корреляции r_B оказался равным $-0,92$, что может указывать на существенную связь между исследуемыми параметрами процесса. Но, как известно, для статистического вывода о наличии или отсутствии корреляционной связи необходимо проверить значимость выборочного коэффициента корреляции. Исходя из этого, при уровне значимости $\alpha = 0,01$ проверим нулевую гипотезу H_0 : различие между выборочным коэффициентом корреляции r_B и генеральным ρ , равным нулю, незначимо. Вычислим наблюдаемое значение T -критерия, подчиняющегося распределению Стьюдента с числом степеней свободы $f = n - 2$:

$$|T_{\text{набл}}| = \frac{r_B \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r_B^2}} = \frac{0,92 \sqrt{128-2}}{\sqrt{1-0,92^2}} = 26,3.$$

Полученное значение T -критерия сравнивается с критическим: $T_{\text{набл}} > T_{\text{кр}}(0,01; 126) = 2,62$, и нулевая гипотеза отвергается на уровне значимости $\alpha = 0,01$, т. е. связь между переменными значима.

Долю рассеяния значений удельных расходов электроэнергии в зависимости от числа оборото-часов определяем с помощью коэффициента парной детерминации B

$$B = \frac{s_f^2 b_1^2}{s_\omega^2} = \frac{236 \cdot 0,98^2}{267} = 0,85,$$

где s_f^2 — дисперсия оборото-часов;

s_ω^2 — дисперсия удельного потребления электроэнергии;

b_1 — коэффициент регрессии.

Следовательно, 85 % от общей дисперсии удельных расходов обусловлено вариацией числа оборотов дозатора. Коэффициент неопределенности $U = 1 - B = 0,15$, т. е. 15 % общей дисперсии нельзя объяснить указанной выше зависимостью. «Необъясненная» дисперсия возникает за счет изменчивости прочих факторов, не зависящих от частоты вращения дозатора, а также за счет случайностей, к которым относятся, в частности, породный состав щепы и степень присадки дисков рафинеров.

Для оценки значимости парного коэффициента детерминации B использовали статистику

$$F_{\text{набл}} = \frac{B(n-2)}{1-B} = \frac{0,85(128-2)}{1-0,85} = 714.$$

Имея $F_{\text{набл}} > F_{\text{кр}} = 6,84$ при уровне значимости $\alpha = 0,01$, делаем вывод, что B существенно отличается от нуля, и, следовательно, включенные в регрессию переменные достаточно хорошо объясняют зависимость переменную.

Исходя из регрессионной прямой, можно определить удельное потребление электроэнергии на варку 1 т полуцеллюлозы в нормальном эксплуатационном режиме ($10 \cdot 8 + 10 \cdot 8 = 160$ об-час), которое составляет 286 при плановом 288 кВт · ч/т. Изменчивость удельного электропотребления может составлять от 286 до 340 кВт · ч/т при изменении производительности установки от 17 до 13 т/ч.

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

УДК 658.5(049.3)

ОРГАНИЗАЦИЯ И ПЛАНИРОВАНИЕ
ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Реализация постановлений ЦК КПСС по переводу экономики СССР на интенсивный путь развития, организация рационального и комплексного использования лесосырьевых ресурсов в отраслях лесного комплекса, эффективное использование всего производственно-экономического потенциала предприятий лесного хозяйства, лесной и лесоперерабатывающей промышленности в значительной мере зависят от качества экономической подготовки инженеров-лесотехнологов.

Курсом «Организация, планирование и управление лесопромышленным производством» завершается изучение экономических дисциплин у студентов специальности 0901 «Лесоинженерное дело». Полученные знания студенты сразу же используют в дипломном проектировании. Поэтому появление учебника по организации, планированию и управлению производством в лесной промышленности* было встречено с большим интересом. Его выход в свет стал заметным явлением в жизни экономических кафедр лесотехнических вузов.

Авторы постарались изложить в учебнике материал с максимально возможным приближением к программе курса, утвержденной Министерством высшего и среднего специального образования СССР. Подробно и обстоятельно освещены общетеоретические и конкретные практические вопросы организации производства на предприятиях и в производственных объединениях лесной промышленности. При этом авторы сумели избежать дублирования общих с технологическими дисциплинами моментов. Удачно трактуются также вопросы научной организации и технического нормирования труда и организации заработной платы на лесозаготовительных предприятиях, лесосплаве, в лесном хозяйстве и перерабатывающих производствах.

При рассмотрении тем по планированию уделено необходимое внимание вопросам его совершенствования, применению новых доказательных методов, в частности экономико-математических. Изложение этих методов и их роли в планировании и управлении выделено в специальную главу. В ней содержатся необходимые сведения из области экономико-математических методов. Несколько работ по этим вопросам названо также в списке литературы.

В учебнике нашли отражение вопросы оперативно-производственного планирования и хозяйственного расчета, финансирования, учета и отчетности.

Учебник в целом воспринимается как системно и последовательно написанная работа, охватывающая все основные и наиболее важные вопросы курса.

Вместе с тем хотелось бы высказать несколько замечаний и пожеланий, которые, по нашему мнению, способствовали бы дальнейшему улучшению его содержания.

В программу курса «Организация, планирование и управление» входит изучение патентного и изобретательского права в СССР. В учебнике такой главы нет.

Не нашли заметного отражения вопросы организации технической подготовки производства и диспетчеризации, бухгалтерского учета и др.

Хорошо изложенные положения о роли экономико-математических методов и электронных вычислительных машин не получили должного развития в других темах курса по планированию, без чего все эти положения, правильные по своей сути, выглядят несколько декларативно. Конечно, здесь мы имеем дело с неразработанностью конкретных методик и экономико-математических моделей. Авторы учебника в ходе его

* Леванов В. Е., Сиротов В. И. Организация, планирование и управление производством в лесной промышленности.— М.: Лесн. пром-сть, 1983.— 352 с.

написания не могли, естественно, разработать эти методики и модели, но упомянуть о них, о наличии потенциальных возможностей совершенствования планирования за счет применения новых методов, по нашему мнению, необходимо.

Известно, что студенты специальности «лесоинженерное дело», кому предназначен учебник, в своей будущей практической работе в должности линейного руководителя (например мастера, технорука, начальника лесопункта) связаны непосредственно с управленческим трудом. Глава же «Основы организации управления производством» занимает скромное место — всего 14 страниц (4 % от общего объема учебника). В ней нет вопросов, касающихся структуры управления лесозаготовительными и лесосплавными предприятиями и их подразделениями, функций аппарата управления и т. д.

При переиздании учебника авторам, видимо, следует обратить больше внимания изложенным вопросам организации и планирования лесосплавных и лесотранспортных работ, капитального строительства с тем, чтобы учебник был одинаково пригоден для всех специализаций данной специальности. Возможно и издание отдельных учебников по специализациям.

В заключение отметим, что В. Е. Леванов и В. И. Сиротов проделали большую и полезную работу, показав себя всесторонне подготовленными и широко эрудированными авторами.

В целом учебник представляет собой неплохо сбалансированную законченную работу и несомненно будет способствовать повышению знаний студентов-лесотехнологов в области организации производства, планирования и управления деятельностью лесопромышленных предприятий. Полезен он и инженерно-техническим работникам отрасли.

П. С. Гейзлер, В. Г. Золотогоров
Белорусский технологический институт

УДК 674.815-41(049.3)

МОНОГРАФИЯ ПО ТЕХНОЛОГИИ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ*

Роль химической технологии древесностружечных плит (ДСП) возрастает вследствие дефицита связующих и необходимости повышения эффективности склеивания. Кроме того, в связи с увеличением производства древесностружечных плит особое значение приобретает расширение их ассортимента для различных областей потребления, придания плитам специальных свойств.

Поэтому книга А. А. Эльберта, в которой впервые рассмотрен широкий круг вопросов химической технологии древесностружечных плит, представляет большой интерес. Необходимость в издании такой монографии назрела давно. В ней рассмотрены наиболее сложные процессы склеивания, общие закономерности образования свойств древесностружечных плит, даны практические рекомендации.

Первая глава посвящена связующим, применяемым в производстве ДСП. Приведены общие закономерности синтеза, строение и свойства карбамидоформальдегидных смол — наиболее распространенного связующего. Аналогичные сведения даны для фенолоформальдегидных смол, которые целесообразно использовать для получения специальных видов плит.

На современном уровне написана вторая глава, посвященная основным закономерностям образования ДСП. Раскрыты особенности структуры и образования плит как высоконаполненного полимерного материала. Представлены результаты изучения кинетики и механизма отверждения карбамидоформальдегидных олигомеров, развиты представления о двухстадийном механизме процесса в условиях термokatалитического воздействия. Приведены оригинальные материалы о физико-химических процессах на

* Эльберт А. А. Химическая технология древесностружечных плит. — М.: Лесн. пром-сть, 1984. — 224 с.

границе древесина — связующее в условиях получения ДСП, показана роль химического взаимодействия. Подчеркнута важность знания физико-химических явлений образования плит для повышения качественных показателей.

В третьей главе монографии раскрыты возможности химической технологии для повышения качества ДСП путем направленной модификации связующего. Даны рекомендации и обосновано применение различных отверждающихся систем повышенной эффективности, а также пути модификации карбамидоформальдегидных смол. Приведены материалы по интенсификации процесса горячего прессования плит.

Большой раздел книги посвящен приданию специальных свойств древесностружечным плитам, определяемым основными закономерностями химической технологии: повышению прочности, водостойкости и атмосферостойкости, снижению токсичности. В этой главе автор раскрывает теоретические основы гидрофобизации, описывает кинетику набухания и водопоглощения плит, приводит методы придания временной и постоянной водостойкости. Рассмотрены источники выделения формальдегида и пути снижения токсичности древесностружечных плит. В качестве замечания следует указать, что этому очень актуальному вопросу отведено недостаточно места. Применение древесностружечных плит в строительстве определяется их атмосферостойкостью. В монографии на основе изучения отверждения фенолоформальдегидных смол и их взаимодействия с компонентами древесины приведены методы повышения атмосферостойкости плит.

В последнее время большое внимание уделяется разработке недефицитных и дешевых компонентов карбамидо- и фенолоформальдегидных связующих для древесных плит. В нашей стране и за рубежом проведены работы по применению в производстве древесных плит лигносульфонатов — многотоннажного вторичного продукта целлюлозного производства. В монографии специальная глава отведена использованию лигносульфонатов в качестве связующих для ДСП, приведены свойства лигносульфонатов и пути повышения их реакционной способности.

Книга такого рода издана впервые. Процессы образования древесностружечных плит и придания им специальных свойств проанализированы с позиций физико-химии полимеров. Обобщены работы автора и последние исследования советских и зарубежных ученых по химической технологии древесностружечных плит.

Книгу с успехом используют работники промышленности и научные сотрудники. Она, безусловно, нужна студентам и аспирантам в связи с отсутствием учебника или учебного пособия по технологии древесностружечных плит.

Э. Л. Аким

Ленинградский технологический институт

ПАМЯТИ УЧЕНЫХ ЛЕСНОЙ НАУКИ

ПАМЯТИ УЧЕНОГО И ПЕДАГОГА

(к 100-летию со дня рождения Н. Н. Киселева)

25 декабря 1985 г. исполняется 100 лет со дня рождения Николая Николаевича Киселева — известного ученого, физиолога широкого профиля, много сделавшего для развития лесной науки и лесного образования, доктора биологических наук, профессора, заведовавшего кафедрой ботаники и физиологии растений МЛТИ с 1948 г. по 1965 г.

Николай Николаевич родился в г. Белеве Тульской губернии. После окончания естественного отделения физико-математического факультета Московского университета (1911 г.) за выдающиеся успехи в учебе и склонность к научной работе он был оставлен при кафедре ботаники для подготовки к профессорскому званию. Первая научная работа, посвященная утилизации растением воды, была опубликована им еще до окончания университета. Николай Николаевич одним из первых начал изучать физиологию устьичного аппарата, вопрос, который и по сей день привлекает внимание ученых всего мира. Он исследовал транспирацию растений, предложил очень простой и весьма доступный метод определения их засухоустойчивости. Николай Николаевич выполнил фундаментальные исследования по физиологии естественных каучуконосов, результаты были опубликованы в трудах Академии наук СССР и помогли развитию каучуковой промышленности. Он очень много сделал в изучении сложного, особенно в методическом отношении, вопроса проводимости луба и древесины в продольном и поперечном направлениях, применив радиоактивный изотоп фосфора. Н. Н. Киселев впервые экспериментально доказал роль сердцевинных лучей в передвижении водных растворов в горизонтальном направлении, применив оригинальную методику.

Будучи физиологом широкого профиля и блестящим методистом, Николай Николаевич очень много помогал в научной работе дипломникам, аспирантам, докторантам, сотрудникам самых различных кафедр, факультетов и вузов. Большую работу он проводил со студентами и аспирантами из стран народной демократии (ГДР, Вьетнама, КНР и др.), здесь ему помогало свободное владение немецким, французским, латинским и греческим языками. Под руководством Н. Н. Киселева успешно защитили диссертации многие аспиранты, в том числе из стран народной демократии.

В период заведования кафедрой ботаники и физиологии растений МЛТИ Николай Николаевич направлял учебный процесс на развитие у студентов самостоятельного мышления и интереса к научной работе. В нем органично сочетались черты талантливого ученого-экспериментатора и блестящего педагога-методиста. Н. Н. Киселев очень интересно, на глубоком научном уровне и в то же время с чувством тонкого юмора читал лекции по физиологии и анатомии растений. Любую лабораторную работу строил так, что она по сути являлась маленьким самостоятельным исследованием, вызывала у студентов живой интерес и желание продолжить ее. В еще большей мере это касалось учебной практики, которую Николай Николаевич особенно любил из-за возможности приложить свои способности одновременно и ученого, и педагога. При этом все работы проводились, как правило, с древесными растениями.

В личном общении Николай Николаевич проявлял чуткость, внимание, необычную доброжелательность. Однако это не мешало ему быть всегда принципиальным и твердым в своих научных убеждениях.

Н. Н. Киселев оставил о себе самую добрую память среди многочисленных учеников, коллег, всех, кто его знал.

А. Д. Тарабрин

Московский лесотехнический институт

ПАМЯТИ ПЕТРА АРТЕМЬЕВИЧА ПОЛОЖЕНЦЕВА

В ноябре 1985 г. исполнилось бы 85 лет крупнейшему советскому лесозащитному доктору сельскохозяйственных наук профессору Петру Артемьевичу Положенцеву (1900—1982 гг.). Имя этого замечательного ученого неотделимо от становления и развития отечественной лесозащиты.

Великую Октябрьскую социалистическую революцию 17-летний сын бедного крестьянина встретил рабочим в Самаре, где и стал одним из организаторов первого рабфака. В 1921 г. Петр Артемьевич — студент Петровско-Разумовской (ныне Тимирязевской) сельскохозяйственной академии. Учебу он продолжил в Ленинградском лесном институте, где блестяще защитил дипломный проект в 1926 г. П. А. Положенцева высоко ценили такие выдающиеся ученые — его учителя — как М. Н. Римский-Корсаков, С. И. Ванин.

Трудовую деятельность на ниве лесного хозяйства П. А. Положенцев начал в должности помощника лесничего в Бузулукском бору, а с 1930 г. перешел на педагогическую работу, с которой не расставался до конца жизни, воспитав сотни специалистов лесного хозяйства и лесозащиты, многие из которых успешно продолжают и поныне его дело. Последние 34 года он работал на кафедре лесозащиты Воронежского лесотехнического института, которую возглавлял в течение трех десятилетий. Именно здесь полностью раскрылось его дарование педагога и ученого. С именем П. А. Положенцева связаны многие важнейшие направления научных исследований в области лесозащиты, снискавшие ему всеобщую известность и признание. Именно он основал стройное и успешно прогрессирующее экспериментальное направление исследований в области энтомоустойчивости древесных пород. Опубликованная в 1953 г. большая (почти 70 страниц) статья «Энтомоинвазия ветровальной сосны» стала классикой лесозащитной литературы. Талант экспериментатора, глубоко понимавшего жизнь леса, привел к разработке ряда методов прижизненной диагностики состояния деревьев. Даже сейчас, когда в распоряжении лесопатологов появились приборные методы диагностики, созданные им методы иглоукалывания и живичного индикатора остаются самыми надежными, объективными и простыми. Кстати, приоритет в использовании приборных методов для тех же целей также принадлежит П. А. Положенцеву.

Другое созданное им научное направление — энтомогельминтология. Фундаментальная статья «О насекомых — хозяевах паразитических червей человека и животных» была первой в мировом масштабе сводкой о насекомых, являющихся промежуточными хозяевами плоских и круглых червей. Петру Артемьевичу принадлежат также глубокие исследования по биологии и динамике популяций майского жука, изучению лесопатологических факторов в условиях полезащитного лесоразведения, выявлению причин усыхания дубрав. Сравнительно небольшая статья о токсичности живицы и отдельных терпенов по отношению к насекомым, написанная им совместно с учениками, фактически послужила основой разработки нового поколения пестицидов в лесном хозяйстве.

Перу П. А. Положенцева принадлежит около 250 научных работ, множество статей и заметок в центральной и местной печати, пропагандирующих научные достижения, ряд интересных работ в области охраны природы. Он был неперенным участником почти всех энтомологических и лесозащитных съездов, совещаний, конференций, симпозиумов, членом ряда ученых советов и комиссий, редактором или членом редколлегии многих журналов и сборников, активным общественником, членом Президиума и почетным членом Всесоюзного энтомологического общества. Его труд неоднократно отмечался правительственными наградами. А трудился он до тех пор, пока перо держалось в руках. Последние учебные пособия, написанные им, вышли из печати за несколько месяцев до его кончины. Настоящий ученый оставляет после себя не только труды, но и нечто большее — школу. Школа Положенцева — это десятки ученых (не только непосредственно учеников!), работающих ныне в области проблем энтомогельминтологии, энтомоустойчивости, энтомодиагностики. Школа — это и есть лучший памятник ученому, долгую и добрую память о котором хранят в своих сердцах его ученики и коллеги.

Г. В. Стадницкий

Ленинградский технологический институт ЦБП

СОДЕРЖАНИЕ

- Е. Д. Федотова.* Движение, охватившее миллионы 3

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

- Е. Д. Сабо.* Перспективы развития гидролесомелиорации в свете решений октябрьского (1984 г.) Пленума ЦК КПСС 5
- П. В. Миронов, С. Р. Лоскутов, Э. Д. Левин.* О фазовом переходе воды в зимующих побегах лиственницы сибирской 9
- М. А. Софронов, А. В. Волокитина.* Типы основных проводников горения при низовых пожарах 12
- В. И. Рябчук.* Прогнозирование сроков соковыделения березы и клена методом фенологических явлений-индикаторов 18
- О. Ф. Бугорова, Е. Ф. Важенина.* Рост саженцев пихты сибирской в зависимости от качества посадочного материала 20
- Г. В. Силаев, В. В. Жуков.* Применение планирования эксперимента для исследования энергетических показателей почвообрабатывающего агрегата 24
- В. К. Мякушко, В. К. Коновальчук.* Влияние некоторых факторов среды и способов подготовки семян клюквы болотной на их прорастание 28

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

- Т. Т. Малюгин, Г. К. Ленюк.* О теории подвешивания лесовозного автомобильного роспуска 33
- М. В. Попов.* Допустимые неровности оси рельсошпальной решетки на лесовозных УЖД 40
- Д. Л. Дудюк.* Моделирование процесса работы лесных машин с помощью обобщенных потоков Эрланга 44
- А. И. Бабин, Ю. И. Дрон.* Система учета лесоматериалов на лесовозном транспорте 48
- А. С. Пискунов, П. И. Попиков.* Влияние кинематических параметров механизма подъема на динамическую нагруженность гидроманипулятора 52

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

- Л. В. Леонов, Р. П. Райккелен.* Целевая функция управления и ее декомпозиция в интегрированной АСУ производством древесных плит 57
- Е. Н. Рыков, А. П. Гусев.* Оптимизационный анализ технологических деревообрабатывающих систем 62
- Г. С. Шубин.* Вопросы взаимодействия древесины с влагой 68
- К. Ф. Дьяконов, Т. К. Курьянова, Н. Е. Косиченко.* Особенности деформации анатомических элементов древесины дуба при различных режимах термообработки 75

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

- В. И. Азаров, И. Н. Ковернинский, Г. В. Зайцева.* Разработка и исследование лигнокарбамидоформальдегидных смол с улучшенными физико-механическими показателями 81
- Э. И. Гермер, В. С. Кудрявцев.* Варка лиственницы бессернистыми щелочными способами с предварительной экстракцией водорастворимых веществ 84
- В. Н. Вахтель, В. С. Петров.* Активные угли из лесосечных отходов хвойных пород Сибири 87
- И. Ф. Валендо, А. В. Осипов.* Использование высокомолекулярного полиэтиленполиамна в процессе подготовки бумажной массы 92
- Л. Г. Примачева, Т. Н. Бугаева, Е. В. Грачева.* Лигносulfонаты бисульфитных варок целлюлозы и полуцеллюлозы из сибирских пород древесины 94

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

А. Д. Янушко, Б. Н. Желиба, Т. С. Берегова. Критерий экономической эффективности в лесохозяйственном производстве	98
С. В. Афанасьев. К учету газообменной функции леса в комплексной продукции лесного хозяйства	102
С. И. Колесников. Анализ эксплуатационных затрат на лесовозных УЖД	105
Б. Ф. Козлов. Обобщающая оценка динамики эффективности производства на мебельных предприятиях	109
А. С. Лазарев. Теоретические вопросы совершенствования лесных такс	113

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

Н. М. Попова. Относительная активность воды как показатель засухоустойчивости древесных растений	117
С. М. Аблаев, В. П. Комаров, Б. К. Мирзабаев. Некоторые вопросы повышения урожайности насаждений фисташки	118
Г. С. Шубин. О механизме переноса свободной влаги в древесине	120
В. В. Соловьев, Ю. А. Боричев, М. Л. Короткова. О поперечной жесткости «плавающих» круглых пил	122
Е. Е. Агибалова, Л. И. Генкин, Е. В. Спиридонов, О. Я. Фишман. Исследование температурных полей при прессовании древесноволокнистых плит	124
Н. И. Ковзун. Оценка средней разнотолщинности пиломатериалов в партии	126
А. П. Петров, М. А. Лобовиков. Формирование фонда экономического стимулирования рубок ухода	128
С. П. Агеев. Исследование зависимости удельного электропотребления от производительности варочной установки «Пандия»	130

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

П. С. Гейзлер, В. Г. Золотогоров. Организация и планирование лесопромышленного производства	133
Э. Л. Аким. Монография по технологии древесностружечных плит	134

ПАМЯТИ УЧЕНЫХ ЛЕСНОЙ НАУКИ

А. Д. Тарабрин. Памяти ученого и педагога (к 100-летию со дня рождения Н. Н. Киселева)	136
Г. В. Стадницкий. Памяти Петра Артемьевича Положенцева	137

Рефераты	142
--------------------	-----

CONTENTS

- E. D. Fedotova*. The movement involved millions of people 3

FORESTRY

- E. D. Sabo*. Future trends of drained forests in view of CPSU Central Committee resolutions in October 1984 5
- P. V. Mironov, S. R. Loskutov, E. D. Levin*. On phase transition of water in wintering twigs of *Larix sibirica* 9
- M. A. Sofronov, A. V. Volokitina*. The types of main burning agents at surface fires 12
- V. P. Ryabchuk*. Prognostication of the time of birch and maple sap flowing by the method of phenologic phenomena as indicators 18
- O. F. Butorova, E. F. Vazhenina*. Growth of silver fir seedlings depending on the quality of planting material 20
- G. V. Silaev, V. V. Zhukov*. Use of planning the experiment for studying power indices of soilcultivating aggregate 24
- V. K. Myakushko, V. K. Konovalchuk*. The influence of some surroundings' factors and ways of preparing cranberry seeds on their germination 28

FOREST EXPLOITATION

- T. T. Malugin, G. K. Lenyuk*. On the theory of a timber truck trailer suspension 33
- M. V. Popov*. Admissible roughness of axis of rail-tie lattice at logging narrow-gauge lines 40
- D. L. Dudyuk*. Modelling the forest machines' working process with the help of generalized Erlang flow 44
- A. I. Babin, Yu. I. Dron*. Taking stock of timber system at logging transport 48
- A. S. Piskunov, P. I. Popikov*. Influence of kinematic parameters of a lifting mechanism upon dynamic loading of a hydraulic manipulator 52

MECHANICAL TECHNOLOGY AND WOODSCIENCE

- L. V. Leonov, R. P. Ryaikenen*. Aim control function and its decomposition in integrated automatic control system for particle and fibre board production 57
- E. N. Rykov, A. P. Gusev*. Optimizational analysis of technological wood processing systems 62
- G. S. Shubin*. Wood and moisture interaction problems 68
- K. F. Dyakonov, T. K. Kuryanova*. Peculiarities of deformation of anatomical elements of oak wood at different heat treatment regims 75

CHEMICAL WOODWORKING

- V. I. Azarov, I. N. Koverninsky, G. V. Zaitsev*. Lignin-urea formaldehyde resins, elaboration and research for improving their characteristics 81
- E. I. Germer, V. S. Kudryavtsev*. Pulping of large by non-sulphur alkali methods with pre-extraction of water-soluble substances 84
- V. N. Vakhtel, V. S. Petrov*. On getting carbon of cutting residues of Siberian conifers and their properties 87
- P. F. Valendo, A. V. Osipov*. Using highmolecular polyethylenpolyamin in the processes of pulp preparation 92
- L. G. Primacheva, T. N. Bugaeva, E. V. Gracheva*. Lignosulphonates of bisulphite pulpings and cemicelluloses of Siberian wood species 94

ECONOMICS AND ORGANIZATION OF PRODUCTION

<i>A. D. Yanushko, B. N. Zheliba, T. S. Beregova.</i> The criterion of economic efficiency in forestry	98
<i>S. V. Afanasiev.</i> On the question of forest gaz-exchange function evaluation in complex product of forestry	102
<i>S. I. Kolesnikov.</i> Analysis of exploitation expenses at logging narrow-gauge railways	105
<i>B. F. Kozlov.</i> Generalizing estimate of manufacture effectiveness dynamics at furniture plants	109
<i>A. S. Lazarev.</i> Theoretical problems of improving forest taxes	113

SHORT REPORTS AND EXCHANGE OF EXPERIENCE

<i>N. M. Popova.</i> Relative activity of water as the index of the droughtresistance of woody plants	117
<i>S. M. Ablaev, V. P. Komarov, B. K. Mirzabaev.</i> Some questions of improving pistachio trees' yields	118
<i>G. S. Shubin.</i> On mechanism of transporting free water in wood	120
<i>V. V. Soloviev, Yu. A. Borichev, M. L. Korotkova.</i> On transverse rigidity of „floating“ circular saws	122
<i>E. E. Agibalova, L. I. Genkin, E. V. Spiridonov, O. Yu. Fishman.</i> Investigation temperature fields on board pressing	124
<i>N. I. Kovzun.</i> The estimation of average sawn timber thickness variety in a lot	126
<i>A. P. Petrov, M. A. Lobovikov.</i> The forming of thinnings' economic stimulation fund	128
<i>S. P. Ageev.</i> Research into electroconsumption's dependence from the productivity of cooking installation „Pandtya“	130

CRITIQUE AND BIBLIOGRAPHY

<i>P. S. Geizler, V. G. Zolotogorov.</i> Organization and planning of the timber industry	133
<i>E. L. Akim.</i> Monograph on particle board's technology	134

TO THE MEMORY OF SPECIALISTS IN WOOD SCIENCE

<i>A. D. Tarabrin.</i> For memory of scientist and teacher (for the date of centenary of N. N. Kiselev's birth)	134
<i>G. V. Stadnitsky.</i> For memory of P. A. Polozhentsev	137
Referates	142

РЕФЕРАТЫ

Движение, охватившее миллионы. ФЕДОТОВА Е. Д. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1985, № 5, с. 3—4.

УДК 626.861:630*385.1

Перспективы развития гидрлесомелиорации в свете решений октябрьского (1984 г.) Пленума ЦК КПСС. САВО Е. Д. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1985, № 5, с. 5—9.

Рассмотрены причины низкой средней продуктивности лесов страны, при этом главное внимание обращено на избыточное увлажнение. Дана краткая справка об истории осушения. Исследованы основные вопросы нового этапа мелиорации: размещение зон мелиорации, оптимальный процент осушения, лесоводственные требования к объектам, осушение болот для культур, нормы осушения, эксплуатация осушительных систем, механизация работ, эффективность мелиорации.

УДК 630*181.22.324

О фазовом переходе воды в зимующих побегах лиственницы сибирской. МИРОНОВ П. В., ЛОСКУТОВ С. Р., ЛЕВИН Э. Д. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1985, № 5, с. 9—12.

Методом дифференциальной сканирующей микрокалориметрии изучали кристаллизацию воды в тканях однолетних побегов лиственницы сибирской. Зачаточные ткани вегетативных почек при охлаждении претерпевали обезвоживание вследствие оттока переохлажденной воды к зонам льдовыделения, расположенным в основании почки. Сделан вывод о том, что устойчивость побегов к низким температурам определяется степенью обезвоживания зачаточных тканей. Ил. 3. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 630*43

Типы основных проводников горения при низовых пожарах. СОФРОНОВ М. А., ВОЛОКИТИНА А. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1985, № 5, с. 12—17.

Свойства и состояние основных проводников горения (ОПГ) определяют не только характер низовых пожаров, но и возможность возникновения пожаров вообще. ОПГ различают по запасу, скорости высыхания, характеру горения, сезонным изменениям перечисленных характеристик. С учетом этих различий разработана классификация ОПГ, выделены восемь типов ОПГ, дана их биологическая характеристика. Табл. 2. Библиогр. список: 15 назв.

УДК 630*284.4:630*181.8

Прогнозирование сроков соковыделения березы и клена методом фенологических явлений-индикаторов. РЯБЧУК В. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1985, № 5, с. 18—20.

Предложен метод определения сроков начала и окончания сроков соковыделения березы и клена. Сроки наступления начала соковыделения устанавливаются по времени появления более ранних явлений-индикаторов: жаворонок полевой — первая песья, скворец — начало прилета. Окончание соковыделения характеризуется наличием предшествующих индикаторов:

кукушка — начало кукования, ласточка — начало прилета, лещина — начало зацветания. Табл. 2. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 630*232.32

Рост саженцев пихты сибирской в зависимости от качества посадочного материала. БУТОРОВА О. Ф., ВАЖЕНИНА Е. Ф. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1985, № 5, с. 20—23.

Изучено влияние качества семян пихты сибирской на приживаемость и рост саженцев в школьном отделении питомника учебно-опытного лесхоза СибТИ. Определены минимальные размеры трех-пятилетних саженцев пихты сибирской, пригодных для лесокультурных работ в предгорьях Восточного Саяна. Даны рекомендации высаживать в школьное отделение сеянцы диаметром не менее 2,0 мм. Табл. 1. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 630*65.011.54

Применение планирования эксперимента для исследования энергетических показателей почвообрабатывающего агрегата. СИЛАЕВ Г. В., ЖУКОВ В. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1985, № 5, с. 24—27.

При помощи математического планирования эксперимента исследована зависимость энергетических показателей почвообрабатывающего агрегата от условий его использования. На основании полученных уравнений сделан анализ влияния природно-производственных факторов на тяговое сопротивление плуга и затрачиваемую мощность трактора. Табл. 2.

УДК 630*18

Влияние некоторых факторов среды и способов подготовки семян клюквы болотной на их прорастание. МЯКУШКО В. К., КОНОВАЛЬЧУК В. К. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1985, № 5, с. 28—32.

Изучено влияние температуры, освещенности, а также способов подготовки семян клюквы болотной на их прорастание. Отмечается высокая схожесть и возможность использования для посева семян клюквы, полученных из выжимок при переработке ягод в консервных цехах. Ил. 2. Табл. 2. Библиогр. список: 16 назв.

УДК 629.11.012.851

О теории подвешивания лесовозного автомобильного роспуска. МАЛЮГИН Т. Т., ЛЕНЮК Г. К. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1985, № 5, с. 33—40.

Приводится анализ дифференциальных уравнений движения автопоезда, полученных с учетом непрерывно распределенной массы пакета и переменной его жесткости. Решаются некоторые вопросы теории подвешивания роспуска и плавности хода. Ил. 1. Библиогр. список: 13 назв.

УДК 625.31.001.24

Допустимые неровности оси рельсошпальной решетки на лесовозных УЖД. ПОПОВ М. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1985, № 5, с. 40—44.

Приведена методика определения допустимых деформаций оси рельсоопальной решетки температурно-напряженного железнодорожного пути, уложенного сварными рельсами. Найдена зависимость между допустимой деформацией и приращением температуры после укладки. Ил. 2. Табл. 1. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 519.47.001.57

Моделирование процесса работы лесных машин с помощью обобщенных потоков Эрланга. ДУДИК Д. Л. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1985, № 5, с. 44—48.

Модель обобщенного процесса Эрланга позволяет с достаточной степенью достоверности моделировать процесс поступления предметов труда и их обработки в любых дискретных производственных системах с произвольными параметрами — от чисто случайных до детерминированных. Получены выражения для расчета статистических характеристик и функций распределения результирующих потоков и продолжительности их обработки при сложении постоянных и экспоненциально, эрланговски, а также по закону Пуассона распределенных составляющих. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 681.269

Система учета лесоматериалов на лесовозном транспорте. БАВИН А. И., ДРОН Ю. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1985, № 5, с. 48—52.

Рассматривается система учета, которая дает возможность определять объем лесоматериалов непосредственно на автолесовозном транспорте, а также контролировать равномерность загрузки транспортного средства. Приводится методика теоретического расчета полезной нагрузки на автопоезд применительно к используемым чувствительным элементам. Ил. 2. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 621.876

Влияние кинематических параметров механизма подъема на динамическую нагруженность гидроманипулятора. ПИСКУНОВ А. С., ПОПЫКОВ И. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1985, № 5, с. 52—56.

Рассмотрены вопросы оптимизации положения гидроцилиндра в четырехзвенном механизме подъема с учетом динамических нагрузок на манипулятор. Ил. 3. Табл. 2. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 65.011.56:674.817-41

Целевая функция управления и ее декомпозиция в интегрированной АСУ производством древесных плит. ЛЕОНОВ Л. В., РЯЙККЕНЕН Р. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1985, № 5, с. 57—61.

Предложена целевая функция интегрированной АСУ производством древесных плит — максимум приведенного дохода предприятия. Определены принципы ее декомпозиции с выходом на частные критерии оптимизации и задачи управления технологическими объектами на примере трехуровневой иерархической системы управления производством ДВП. Ил. 1.

УДК 674.06.001.2

Оптимизационный анализ технологических деревообрабатывающих систем. РЫКОВ Е. Н., ГУСЕВ А. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1985, № 5, с. 62—68.

В статье рассмотрен расчет оптимального числа обрабатываемых деталей при использовании минимального числа деревообрабатывающего оборудования. Рассмотрены зависимости оптимального числа запасов заготовок в накопителях от последовательности загрузки обрабатываемых заготовок. Оптимизация системы произведена на основе теории графов и исследования операций. Ил. 3. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 674.047.9

Вопросы взаимодействия древесины с влагой. ШУБИН Г. С. Изв. высш. учеб. заведений.

Лесн. журн., 1985, № 5, с. 68—75.

Рассмотрен вопрос о капиллярной конденсации влаги в микропорах стенок клеток и приведен метод расчета предела гигроскопичности древесины. Ил. 4. Табл. 1. Библиогр. список: 13 назв.

УДК 630*812:674.031.11

Особенности деформации анатомических элементов древесины дуба при различных режимах термообработки. ДЬЯКОНОВ К. Ф., КУРЬЯНОВА Т. К., КОСИЧЕНКО Н. Е. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1985, с. 75—80.

Приведены результаты исследований деформаций анатомических элементов дуба при сушке различными режимами. Установлены граничные значения температуры агента обработки, при которых не наблюдается деформации анатомических элементов. Ил. 6. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 678.6

Разработка и исследование лигнокарбамидоформальдегидных смол с улучшенными физико-механическими показателями. АЗАРОВ В. И., КОВЕРНИНСКИЙ И. Н., ЗАЙЦЕВА Г. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1985, № 5, с. 81—83.

Изучены свойства лигнокарбамидоформальдегидных смол. Показано, что применение в качестве модификатора щелочного сульфатного лигнина позволяет улучшить качество смол: снизить токсичность, значительно увеличить стабильность при хранении, придать клеевым соединениям на основе полученных смол стойкость к действию горячей и даже кипящей воды. Ил. 1. Табл. 1. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 630*813

Варка лиственницы бессернистыми щелочными способами с предварительной экстракцией водорастворимых веществ. ГЕРМЕР Э. И., КУДРЯВЦЕВ В. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1985, № 5, с. 84—87.

Предварительная экстракция водорастворимых веществ из древесины лиственницы позволила получить натронной варкой как полуфабрикаты высокого выхода, так и обычную целлюлозу хорошего выхода для лиственницы качества и выхода. Табл. 1. Библиогр. список: 7 назв.

УДК 630*867.5

Активные угли из лесосечных отходов хвойных пород Сибири. ВАХТЕЛЬ В. Н., ПЕТРОВ В. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1985, № 5, с. 87—92.

Из лесосечных отходов ели, сосны, пихты и лиственницы получены активные угли с различными обगरями. Незначительные различия в параметрах пористой структуры и свойствах углей с обगरями, близкими к 50%, допускают возможность совместной переработки лесосечных отходов хвойных Сибири, что намного упростит заготовку сырья и расширит сырьевую базу для производства активных углей различного назначения. Ил. 4. Табл. 5. Библиогр. список: 8 назв.

УДК 676.2

Использование высокомолекулярного полиэтиленполиамина в процессе подготовки мажущей массы. ВАЛЕНДО П. Ф., ОСИПОВ А. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1985, с. 92—94.

Изучено влияние добавок высокомолекулярного полиэтиленполиамина (ВПЭПА) на показатели качества бумаги. Получены математические описания показателей качества бумаги, на основании которых проведена оптимизация композиционного состава мажущей массы, содержащей волокнистый полуфабрикат, парафиновую дисперсию и ВПЭПА. Табл. 4. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 630*813

Лигносulfонаты бисульфитных варок целлюлозы и полуделюлозы из сибирских пород древесины. ПРИМАЧЕВА Л. Г., БУГАЕ-

ВА Т. Н., ГРАЧЕВА Е. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1985, № 5, с. 94—97.

Данная работа посвящена исследованию молекулярно-массового распределения технических лигносульфонатов магний-бисульфитных варок хвойных и лиственных пород древесины Красноярского края и Томской области с использованием метода дробного осаждения ацетоном с последующим вискозиметрическим определением молекулярных масс фракций и метода гель-фильтрации. Ил. 3. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 630*646

Критерий экономической эффективности в лесохозяйственном производстве. ЯНУШКО А. Д., ЖЕЛИБА В. Н., БЕРЕГОВА Т. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1985 № 5, с. 98—102.

Рассматриваются понятия эффективности производства и критерия экономической эффективности. Предлагается методика расчета критерия экономической эффективности лесохозяйственного производства с использованием традиционных экономических показателей. Табл. 1. Библиогр. список: 8 назв.

УДК 630*905.2:581.115

К учету газообменной функции леса в комплексной продукции лесного хозяйства. АФАНАСЬЕВ С. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1985, № 5, с. 102—105.

Предложен метод определения газообменной функции леса в количественных и стоимостных показателях. Например, для насаждений бука ($D_{гк}$ -гБк) газообменная функция составляет 6% от комплексной продукции. Табл. 1. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 630*78

Анализ эксплуатационных затрат на лесовозных УЖД. КОЛЕСНИКОВ С. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1985, № 5, с. 105—109.

Представлена модель удельных транспортных эксплуатационных затрат на вывозке, проведен их анализ на примере лесовозных УЖД ВПО Свердловск, даны некоторые перспективы развития УЖД транспорта. Ил. 1. Табл. 1. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 684.003.13

Обобщающая оценка динамики эффективности производства на мебельных предприятиях. КОЗЛОВ Б. Ф. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1985, № 5, с. 109—113.

Рассматриваются возможности применения существующей системы экономических показателей для сводной оценки эффективности производства. На примере деятельности мебельных предприятий Северо-Запада определен индекс динамики общественной производительности труда, характеризующий эффективность производства. Табл. 2.

УДК 630*652

Теоретические вопросы совершенствования лесных такс. ЛАЗАРЕВ А. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1985, № 5, с. 113—116.

Освещается экономическое содержание лесных такс дореволюционного и советского периодов. Рассматривается экономическая сущность затрат на лесное хозяйство. Анализируются товарно-денежные отношения, связанные с оценкой по лесным таксам и отпуском древесины на корню. Библиогр. список: 9 назв.

УДК 630*161.16

Относительная активность воды как показатель засухоустойчивости древесных растений. ПОПОВА Н. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1985, № 5, с. 117—118.

Рекомендуется для оценки засухоустойчивости древесных растений использовать относительную активность воды, определяемую в контролируемых условиях, что позволяет избежать погрешностей, связанных с изменением температуры и влажности воздуха. Табл. 1.

УДК 674.031.765.27(575.1)

Некоторые вопросы повышения урожайности насаждений фисташки. АБЛАЕВ С. М., КОМАРОВ В. П., МИРЗАБАЕВ Б. К. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1985, № 5, с. 118—120.

Проанализировать прирост диаметра ствола, высоты, распространение кроны и урожайность фисташки при различных схемах размещения. Определена средняя многолетняя урожайность, указаны оптимальные сроки и способы прививки. Рекомендуется технология окулировочных работ. Табл. 2. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 674.047.9

О механизме переноса свободной влаги в древесине. ШУБИН Г. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1985, № 5, с. 120—122.

Рассматриваются результаты эксперимента о движущих силах переноса свободной воды в древесине. Ил. 2. Библиогр. список: 9 назв.

УДК 674.053:621.934

О поперечной жесткости «плавающих» круглых пил. СОЛОВЬЕВ В. В., БОРИЧЕВ Ю. А., КОРОТКОВА М. Л. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1985, № 5, с. 122—124.

Рассмотрено решение задачи об изгибе пильного диска, расположенного на точечных опорах под действием сосредоточенной силы. Решение дано в форме тригонометрических рядов. Исследовано влияние толщины пилы и положения сосредоточенной силы на жесткость в зоне резания. Ил. 2. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 674.817-41

Исследование температурных полей при прессовании древесноволокнистых плит. АГИБАЛОВА Е. Е., ГЕНКИН Л. И., СПИРИДОНОВ Е. В., ФИШМАН О. Я. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1985, № 5, с. 124—126.

Изложены методика и технические средства проведения экспериментального исследования температурного поля в древесноволокнистых плитах при прессовании. Приведен анализ динамики температурно-влажностного поля. Ил. 1. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 674.038.6.001

Оценка средней разнотолщинности пиломатериалов в партии. КОВЗУН Н. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1985, № 5, с. 126—128.

Статья посвящена определению погрешности измерения средней арифметической разнотолщинности пиломатериалов в партии по ограниченному числу измерений, выполненных на доске в равноотстоящих точках. Табл. 3. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 630*24.003.1

Формирование фонда экономического стимулирования рубок ухода. ПЕТРОВ А. П., ЛЮБОВИКОВ М. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1985, № 5, с. 128—130.

Рассмотрены методы определения фонда экономического стимулирования рубок ухода, создаваемого в целях расширения использования маломерной древесины. Ил. 1.

УДК 676.621.3

Исследование зависимости удельного электропотребления от производительности варочной установки «Нандия». АГЕЕВ С. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1985, № 5, с. 130—132.

Рефераты

Приведены результаты корреляционного и регрессионного анализа зависимости удельного потребления электроэнергии от производительности варочной установки «Пандия». Получено выражение, на основании которого определяют удельную норму электропотребления в нормальном эксплуатационном режиме. Ил. 1. Табл. 1.

УДК 658.5(049.3)

Организация и планирование лесопромышленного производства. ГЕИЗЛЕР П. С., ЗОЛОТОВОРОВ В. Г. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1985, № 5, с. 133—134.

УДК 674.815-41(049.3)

Монография по технологии древесностружечных плит. АКИМ Э. Л. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1985, № 5, с. 134—135.

Памяти ученого и педагога (к 100-летию со дня рождения Н. Н. Киселева). ТАРАБРИН А. Д. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1985, № 5, с. 136.

Памяти Петра Артемьевича Положенцева. СТАДНИЦКИЙ Г. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1985, № 5, с. 136—137.
