

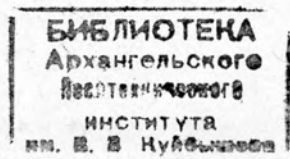
МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ
ЗАВЕДЕНИЙ

Лесной журнал

ГОД ИЗДАНИЯ СЕМНАДЦАТЫЙ

3



1974

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Проф. **И. М. Боховкин** (отв. редактор), доц. **Е. С. Романов** (зам. отв. редактора), доц. **С. И. Морозов** (зам. отв. редактора), проф. **Н. М. Белая**, доц. **П. И. Войчал**, проф. **И. В. Воронин**, проф. **А. Э. Грубе**, проф. **М. Л. Дворецкий**, доц. **Г. Л. Дранишников**, проф. **М. И. Зайчик**, проф. **С. Я. Корогов**, акад. ВАСХНИЛ, проф. **И. С. Мелехов**, доц. **Н. В. Никитин**, проф. **А. Н. Песоцкий**, доц. **В. О. Самуйлло**, проф. **В. Н. Худоногов**, проф. **В. В. Щелкунов**.

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

«Лесной журнал» публикует научные статьи по всем отраслям лесного дела, сообщения о введении законченных исследований в производство и 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.

Выходит 6 раз в год.

© ИВУЗ, «Лесной журнал», 1974.

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

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 3.
(Год издания семнадцатый)

Сдан в набор 23/IV 1974 г. Подписан к печати 25/VI 1974 г. Форм. бум. 70X108^{1/2}.
Печ. л. 15,4 + 1 вкл. Физ. печ. л. 11. Уч.-изд. л. 15,66. Тираж 2450.
Сл. 00045. Заказ 3095. Цена 1 руб.

Типография им. Склепина, г. Архангельск, Набережная В. И. Ленина, 86.

О НЕКОТОРЫХ ВОПРОСАХ ДАЛЬНЕЙШЕГО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ С ВЫСШИМ ОБРАЗОВАНИЕМ

Советский народ под руководством Коммунистической партии превратил свою страну в могучую процветающую державу и, осуществляя задачи социального и научно-технического прогресса, построил развитое социалистическое общество. Наш творческий труд и огромная энергия советского народа направлены на выполнение исторических решений XXIV съезда КПСС, разработанной им программы дальнейшего экономического, социально-политического и культурного развития нашей страны.

Итоги трех лет девятой пятилетки убедительно показывают, что эти задачи успешно решаются. Значительно увеличился экономический потенциал страны, неуклонно повышается жизненный уровень народа, возросла коммунистическая сознательность трудящихся, упрочилось социально-политическое и идейное единство советского общества. Активная, целенаправленная внешнеполитическая деятельность нашей партии способствует дальнейшему повышению международного авторитета Советского Союза, укреплению социалистического содружества, все более широкому признанию ленинских принципов мирного сосуществования государств с различным социальным строем.

Новый мощный подъем политической и трудовой активности у советских людей вызвали решения декабрьского (1973 г.) Пленума ЦК КПСС, в которых глубоко проанализированы итоги созидательной деятельности партии и народа в нынешней пятилетке и даны принципиальные положения о путях и методах выполнения плана определяющего года пятилетки.

«Главное в экономической политике партии на нынешнем этапе нашего развития, — указывал тов. Л. И. Брежнев на XVII съезде ВЛКСМ, — это крутой поворот к повышению эффективности народного хозяйства на основе ускорения научно-технического прогресса. Партия разрабатывает и осуществляет крупные меры по техническому перевооружению производства, совершенствованию его организации и управления, планирования и экономического стимулирования, повышению квалификации и ответственности хозяйственных кадров».

«Все эти меры, все наши усилия не дадут желаемого результата, если мы серьезно не поднимем **качество работы** во всех звеньях нашего хозяйства, на каждом рабочем месте. Качество работы — понятие очень емкое. Оно складывается из многих производственно-экономиче-

ских факторов и вместе с тем охватывает широкий круг моральных проблем».

В ответ на решения Пленума, обращение ЦК КПСС к партии, к советскому народу, постановление ЦК КПСС, Совета Министров СССР, ВЦСПС и ЦК ВЛКСМ о Всесоюзном социалистическом соревновании в стране широко развернулось всенародное движение за достижение новых более высоких рубежей на всех участках созидательной деятельности.

Подготовка специалистов в высшей школе всегда была и остается предметом особой заботы нашей партии.

В решениях XXIV съезда КПСС, постановлениях ЦК КПСС и Совета Министров СССР, в выступлении тов. Л. И. Брежнева на слете студентов определены пути дальнейшего совершенствования советской высшей школы. В этих документах указано на необходимость развивать высшее образование в соответствии с требованиями научно-технического прогресса, повышать качество подготовки и улучшать идейно-политическое воспитание будущих специалистов.

Особое внимание вопросам воспитания молодого поколения было уделено в речи тов. Л. И. Брежнева на XVII съезде ВЛКСМ, а также в решениях съезда комсомола.

Советские специалисты должны быть хорошо вооружены марксистско-ленинской теорией, владеть знаниями на уровне новейших достижений науки и техники, иметь необходимую экономическую подготовку, умело бороться за научно-технический прогресс, научную организацию труда и совершенствование управления производством.

Готовить специалистов высокого класса, способных приумножить научную и экономическую мощь нашей страны — это задача всего профессорско-преподавательского персонала вузов. Следует постоянно помнить слова В. И. Ленина, что социализм немислим без техники, построенной по последнему слову новейшей науки, что нельзя построить коммунизм без запаса знаний, техники, культуры.

Все стороны жизни и деятельности любого вуза тесно взаимосвязаны. Отбор в институты наиболее подготовленных выпускников средних школ, рабочих, колхозников, всемерное совершенствование учебного процесса, формирование у студентов марксистско-ленинского мировоззрения, глубокого интереса к науке, любви к избранной специальности, трудолюбия, дисциплинированности, привлечение студентов к научно-техническому творчеству, организация практик и культурного досуга, укрепление материальной базы — все это составляет единое целое в решении задачи подготовки высококвалифицированных специалистов. Необходимо добиваться, чтобы учебный процесс и вся обстановка в вузе пробуждали в каждом студенте жажду знаний и вырабатывали лучшие качества, соответствующие высоким эстетическим нормам строителей коммунизма.

В основу обучения и воспитания в вузах должны быть положены следующие принципы.

Высшая школа работает на перспективу, поэтому специалиста необходимо наделить знаниями на уровне последних достижений науки и техники, он должен быть готовым работать в быстро изменяющихся условиях научно-технического прогресса. Важное значение для высшей школы в настоящее время приобретает разработка модели специалиста 80—90-х годов.

Тенденция развития нашей промышленности — комплексность, рациональное использование природного сырья и полная утилизация отходов, охрана окружающей среды — все это требует, чтобы специалист имел разностороннюю широкую фундаментальную подготовку, дающую ему возможность быстро и глубоко разбираться в огромном лабиринте промышленного производства. Это предполагает улучшение подготовки по всему физико-математическому, химическому и биологическому циклу, рассмотрение в широком плане тех разделов, знание которых потребуется при изучении специальных предметов и в будущей инженерной практике. В свою очередь, при изучении специальных технологических дисциплин должны быть показаны связи с фундаментальными науками. Специалист должен быть наделен синтезом знаний для конкретной деятельности в той или иной отрасли промышленности, обладать высокой общей культурой.

Бурный технический прогресс и растущий поток информации требуют перестройки обучения. Необходимо делать упор на овладении методикой усвоения материала, готовить студентов к самостоятельному овладению знаниями и последующему повышению квалификации. Советский инженер должен уметь четко анализировать вопросы развития техники с марксистско-ленинских позиций и решать проблемы организации производства, обладать экономической подготовкой, позволяющей органически сочетать решение инженерных задач с оценкой экономической эффективности.

Очень важен широкий охват студентов научной работой, особенно на старших курсах. Лабораторный практикум должен включать элементы научных исследований, а курсовое и дипломное проектирование выполняться по заданиям промышленности. Важно привлечь студентов к научной работе по госбюджетной и хоздоговорной тематике, проводить олимпиады и конкурсы на лучшую научную работу, лучший курсовой и дипломный проекты.

В наше время, время бурного развития технического прогресса и оснащения высшей школы электронной и вычислительной техникой особое значение имеет индустриализация педагогического процесса. Утомляемость студентов высшей школы возникает не из-за перегрузки занятиями, а связана с однообразием приемов обучения, поэтому следует шире применять новейшие технические средства и вычислительные машины. Индустриализация педагогического труда и использование вычислительной техники поможет существенно изменить характер работы преподавателя. В обучении студентов на современной основе важно использовать НИИ, КБ, учреждения АН СССР и отраслевые инсти-

туты. В этой связи следует обратить особое внимание на дальнейшее расширение учебно-лабораторной базы как необходимого звена в улучшении подготовки специалистов.

Связь обучения и воспитания неразрывна. Советский специалист должен быть основательно подготовлен идеологически, быть убежденным марксистом-ленинцем, хорошим организатором, владеющим умением работать с людьми, поэтому большое значение имеет участие студентов в работе факультетов общественных профессий, школ молодого лектора, комсомольских школ агитационно-пропагандистской работы, организации и проведении ленинского зачета, участие в конкурсах по общественным наукам, походах по местам боевой и трудовой славы, встречах со знатными людьми. Большое внимание должно быть уделено военно-патриотическому воспитанию, развитию спортивного мастерства, усилению культурно-массовой работы. Хорошей школой формирования личности является работа студентов в строительных отрядах.

В идейном воспитании огромная роль принадлежит кафедрам общественных наук. Они должны вести систематическую работу по коммунистическому воспитанию студентов, давать обстоятельную критику современной буржуазной философии, социологии, историографии, права и экономических теорий апологетов капитализма; разоблачать фальсификаторов идей марксизма-ленинизма. Преподаватели кафедр общественных наук должны более энергично решать научные проблемы настоящего и будущего, шире раскрывать роль и значение нашей партии в создании нового общества, прививать молодым специалистам навыки общественно-политической работы, воспитывать борцов за осуществление политики партии. Внимание к кафедрам общественных наук должно быть повседневным. Недостатки в работе этих кафедр ведут к поверхностному овладению знаниями, к нерегулярному посещению лекций и семинаров.

Очень велика в воспитании молодежи роль комсомольской и профсоюзной организаций. Необходимо с их помощью еще шире развернуть социалистическое соревнование между группами и факультетами, за овладение методами познания, своевременную сдачу заданий, высокую дисциплину, участие в научной работе и общественно-политической практике.

Необходимо практически ответить делом на обращение ЦК КПСС к партии и советскому народу, обеспечить в решающем году пятилетки улучшение подготовки специалистов, используя все многообразие форм воспитательной работы в сочетании с учебным процессом, отвечающим современному уровню развития науки.

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 634.0.2

ЛЕС КАК ПРИРОДНАЯ СИСТЕМА

И. С. МЕЛЕХОВ

Московский лесотехнический институт

Рассмотрены разные уровни понятий о лесе в единой природной системе, показаны системный комплексный подход к лесу и его значение для теории и практики лесоводства.

Лес можно рассматривать в естественноисторическом отношении (как природное явление), в техническом, экономическом, аграрном, юридическом, историческом аспектах, с позиций эстетики и т. д.

Понимание леса нередко ограничивают рассмотрением его как материала (лесоматериал); в последнем случае имеет место отождествление понятий «лес» и «древесина» (принято говорить «заготовка леса», «лесозаготовки», хотя фактически речь идет о заготовке древесины); при строгом научном подходе эти понятия нельзя смешивать. Экономисты подходят к лесу как средству, предмету и продукту труда.

Однако лес — это прежде всего продукт природы и ее составная часть. Поэтому исходное, ключевое определение его должно быть связано с природой. Лес — сложное образование природы, явление биологическое и физико-географическое, составная часть географического ландшафта и биосферы нашей планеты.

Рассматривая лес в естественноисторическом смысле, можно видеть, что и в этом случае понятие «лес» не является однозначным, оно может иметь несколько разных по объему значений.

В современную эпоху — эпоху космических кораблей и сверхскоростных самолетов, новейших методов съемки из космоса, позволяющей охватывать огромнейшие территории нашей планеты с ее лесами, океанами и морями, полями и городами, пустынями и болотами, тундрой и лесотундрой, степями и лесостепью становится естественным, закономерным широкий, глобальный взгляд на лес. Тема «космос и лес» — уже сегодня не область фантастики. Необходимость планетарного подхода к лесу в настоящее время вызывается и загрязнением атмосферы и воды, выходящим за пределы локальных явлений, даже за пределы отдельных стран.

От этого, самого широкого понимания леса как составной части нашей планеты, как одного из основных типов ее растительного покрова необходимо подойти к рассмотрению леса в более узких границах. Но и здесь мы встретимся с разными понятиями леса, если будем рассматривать его последовательно как зонально-географическое или региональное явление, затем как вид ландшафта и т. д., пока не подойдем к пониманию леса в смысле более осязаемом, конкретном, то есть познакомившись с ним в натуре. Разные понятия леса в естественно-историческом отношении не означают, что они оторваны друг от друга. Напротив, они дают возможность рассмотреть разные аспекты леса, разные уровни в единой природной системе (рис. 1).

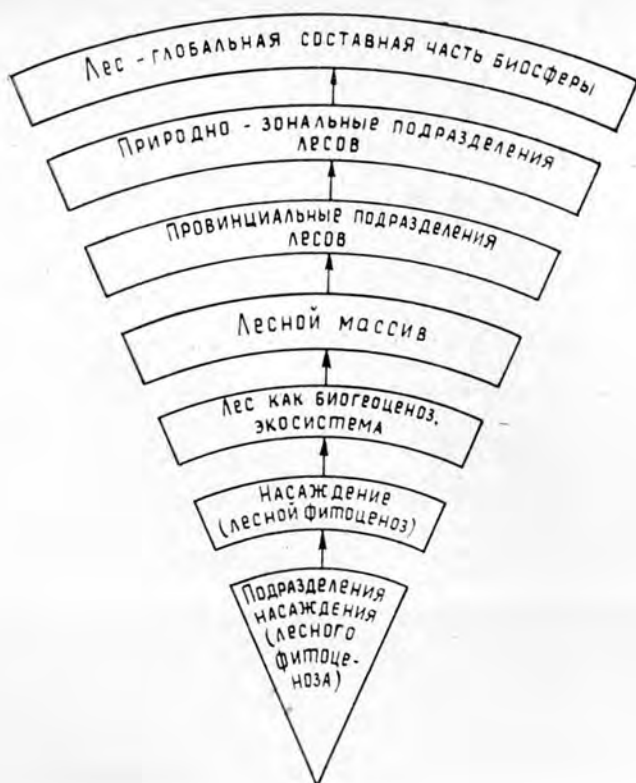


Рис. 1.

Все леса планеты как в целом, так и каждый их небольшой участок в отдельности являются составной частью биосферы. Разумеется, планетарная роль всех лесов земного шара и какого-либо отдельного участка леса неравнозначны. Но надо иметь в виду, что, во-первых, из этих отдельных больших и малых лесных объектов складывается суммарная величина лесов мира; во-вторых, нельзя отрицать существенного влияния леса на биосферу и при небольших его площадях, то есть лес можно рассматривать и как локальную составную часть биосферы. Поэтому понятие леса как составной части биосферы является наиболее широким и всеобъемлющим.

Рассматривая лес с точки зрения природной зональности и провинциально-регионального деления, мы прежде всего подходим к лесу как явлению географическому.

Лесной массив представляет собой территорию с древесной и иной лесной растительностью, заметно обособленную от соседней естественными границами, например, окруженную степью или полями (островной массив), разделенную рекой (правобережный массив, левобережный массив), горным кряжем и т. д. Лесной массив как урочище может соседствовать с другими лесными массивами, скажем, на обширной территории тайги.

В современных условиях в осваиваемых районах границы лесных массивов могут намечаться и искусственно, совпадать с новыми транспортными путями и т. п.

Понятие «лесной массив» приближает нас к понятию «лес» в собственном смысле. Недаром в практике и в литературе фигурируют названия: Шипов лес, Брянский лес, Черный лес (на юге Украины) и др.

Однако лесной массив не представляется настолько однородным, чтобы его можно было принимать за элементарную таксономическую категорию леса, позволяющую понять его «изначальную» природу. Надо рассмотреть лес еще ближе, как природное явление, в относительно более однородных условиях. Лес является сложным образованием и в этом, более тесном, более прямом смысле.

Определение леса начало оформляться в XIX в. Русские ботаники и лесоводы во второй половине XIX столетия под лесом понимали «пространство, заросшее деревьями, и всю ту растительность, что покрывает почву между деревьями, состоя из кустарников, трав, папоротников, грибов и т. д., которая преимущественно или исключительно может жить только под древесной тенью» [6].

Одно из первых понятий леса в естественноисторическом смысле было дано в середине XIX в. немецким естествоиспытателем Э. А. Росмесслером [21]. Он отметил, что «с понятием о лесе тесно и нераздельно связано представление о соединении с ним в одно целое чрезвычайно разнообразных тел и явлений». Более полное научное раскрытие этого понятия произошло позднее — в начале XX столетия. Принадлежит оно выдающемуся русскому ученому Г. Ф. Морозову, подошедшему к лесу как к совокупности древесных растений, измененных в своей внешней форме и в своем внутреннем строении под влиянием воздействия друг на друга, на занятую почву и атмосферу. Этот подход вызвал большой резонанс в мировой лесоводственной литературе и получил дальнейшее развитие в лесобиологической науке, особенно благодаря трудам В. Н. Сукачева [23].

Проф. М. Е. Ткаченко понимает под лесом «своеобразный элемент географического ландшафта в виде большой совокупности деревьев, в своем развитии биологически взаимосвязанных и влияющих на окружающую среду на более или менее обширном земельном пространстве» [24]. В ГОСТ 18486—73 вошло следующее определение леса: «Лес — элемент географического ландшафта, состоящий из совокупности древесных, кустарниковых, травянистых растений, животных и микроорганизмов, в своем развитии биологически взаимосвязанных, влияющих друг на друга и на внешнюю среду».

* * *

Таким образом, лес имеет много подразделений различных рангов. В лесоводственной и лесотаксационной практике наиболее обычная элементарная единица — насаждение, равнозначное понятию лесного фитоценоза.

Лесной фитоценоз отражает очень важные, но не все признаки и особенности леса. Образую совокупность растительных компонентов в условиях определенной среды, он дает представление о лесе как о растительном сообществе. Однако лес — сообщество не только растительное, но и биологическое — биоценоз, в который кроме растений входят также многочисленные виды животных и микроорганизмов.

Уже Г. Ф. Морозов в конце своего творческого пути указывал, что лес, создавая свою внутреннюю структуру, создает вместе с тем особую биологическую обстановку для животного царства. Он отмечал, что «лес со своей внутренней средой играл в течение веков отбирающую, так сказать, роль: лишь те организмы сохранились в нем, кото-

рые приспособились к особенностям его внутренней среды» [17, стр. 168—169].

Многообразный мир животных и микроорганизмов, являясь важным компонентом леса, играет большую роль в его жизни, в совершающихся в лесу биологических процессах.

Представим себе участок леса площадью в 1 га. Это 500—1000 взрослых деревьев, образующих важнейший компонент леса — древесной с присущими ему определенными закономерностями строения и влияния на окружающую среду; здесь одновременно растут сотни, тысячи, иногда и десятки тысяч экземпляров древесных всходов, самосева, подроста, кустарников, сотни тысяч и миллионы особей травянистых растений, мхов и лишайников; но здесь обитают еще и многие сотни тысяч земляных и проволочных червей, миллионы почвенных микроорганизмов, триллионы грибов, актиномицетов, бактерий и других обитателей леса, среди которых нельзя не упомянуть многочисленный отряд насекомых, а также лесных зверей и птиц.

Еще более наглядно сказанное можно представить на следующем примере. На протяжении одного только шага или даже следа человека по поверхности почвы в ней содержится более миллиона живых организмов [30].

Цифры эти приблизительны, они, естественно, будут неодинаковы для разных по характеру лесов. Но порядок цифр, порой астрономических, правилен и убедительно показывает, что лес — это огромный и сложный мир; он состоит из многочисленных организмов; составляющих определенные ценозы и продуцирующих биомассу леса.

Однако теперь уже нельзя ограничиваться и биоценотическим подходом к пониманию леса. Биоценоз, формируясь под большим влиянием взаимодействующих организмов (растительных и животных) и условий среды, сам оказывает на нее преобразующее действие. Биоценоз и условия среды представляют собой природное единство, качественно иную составную часть природы. Это единство, следуя В. Н. Сукачеву, можно назвать биогеоценозом.

Понятие «биогеоценоз» (bio — жизнь, geo — земля, koipos — общий) введено В. Н. Сукачевым в 1944 г., но сама идея начала разрабатываться им значительно раньше. Основной движущей силой развития биогеоценоза является «противоречивое взаимодействие между биоценозом и биотопом, то есть между организмами и средой их существования» [22, стр. 11—12].

Близким к биогеоценозу является понятие «экосистема», введенное Тэнсли в 1935 г. [33] для обозначения динамической открытой системы, где организмы, почва и климат являются составными частями. Этот термин широко распространен в современной, особенно зарубежной литературе. Им оперируют и советские ученые. Например, Е. М. Лавренко [14] определяет биогеоценоз как экосистему в границах фитоценоза.

В понятие экосистемы, как его употребляют в ряде стран, вкладывается не совсем одинаковый смысл; часто оно является широким и безграничным и применяется одновременно как в очень широком, так и в очень узком смысле: экосистемой называют и всю экосферу земного шара, и один организм с его средой, и участок леса, и пруд со всеми населяющими его организмами. Многие считают, что термин «экосистема» применим равноправно ко всем этим объектам.

Отмечая связанность неживых и живых элементов в природе в единую систему, то есть экосистему, ученые как зарубежные ([19], [25] и др.), так и советские ([4] и др.) особо подчеркивают, что в

экосистеме происходит каскадный перенос энергии и круговорот веществ.

Наиболее общим, сближающим это понятие с биогеоценозом является комплексный характер понятия «экосистема», отражающий в той или иной степени природное единство организмов и среды.

Канадский ученый Хиллс, который ввел обобщающий термин «целое местопроизрастание», в докладе, представленном на V Мировом лесном конгрессе, отметил в то же время, что «нет существенного различия между целым местопроизрастанием, биогеоценозом и экосистемой в смысле основных определений, хотя в некоторых источниках каждому из этих терминов придается специализированное значение, отличающее его от других» [31]. Вместе с тем он же уделяет большее внимание различиям, чем сходству в этих понятиях.

Ввиду того, что создалось многообразие синонимических и взаимосвязанных понятий, затрудняющих практику, появилось и стремление выйти как-то из образовавшегося тупика. Некоторые ученые, например, канадские [32], выступают с коллективными предложениями по уточнению понятий «экосистема», «биогеоценоз» и других в лесном хозяйстве. Мы не останавливаемся здесь на многих других терминах (например, биогеохора, мезобиогеохора и др.).

Чтобы не загромождать практику лесного хозяйства обилием терминов, прилагаемых к одним и тем же или близким понятиям, целесообразно остановиться на научном термине, получившем у нас широкое признание, каким является биогеоценоз; это не исключает использования и термина «экосистема», поскольку он широко вошел в международную научную терминологию.

Понимая соотношение понятий «экосистема» и «биогеоценоз» по Е. М. Лавренко, мы практически можем допустить в этих границах их синонимичность. В приложении к лесу в границах фитоценоза, с учетом не только растительных, но и других компонентов леса, это будет лесной биогеоценоз.

Под лесным биогеоценозом В. Н. Сукачев понимает «всякий участок леса, однородный на известном протяжении по составу, структуре и свойствам слагающих его компонентов и по взаимоотношениям между ними, то есть однородный по растительному покрову, по населяющим его животному миру и миру микроорганизмов, по поверхностной горной породе и по гидрологическим, микроклиматическим (атмосферным) и почвенным условиям и по взаимодействиям между ними, и по типу обмена веществом и энергией между его компонентами и другими явлениями природы» [22, стр. 24].

Близкие по характеру лесные биогеоценозы могут быть объединены в определенный тип лесного биогеоценоза, который в лесохозяйственной практике чаще известен под названием «тип леса».

Биогеоценотический подход к лесу получил широкое развитие в нашей стране, а также и в ряде зарубежных стран. Изучение лесных биогеоценозов, наряду с лесными экосистемами, включено в программу Отделения лесоводства Международного Союза лесных исследовательских организаций (ИЮФРО*) в соответствии с новым уставом этого старейшего международного научного лесного органа, принятым в 1971 г. на XV международном конгрессе, состоявшемся в США.

Биогеоценотический, экосистемный подходы позволяют рассматривать лес как природную, биологическую систему.

* ИЮФРО (IUFRO) — начальные буквы названия этой организации на английском языке — «International Union of Forestry Research Organizations».

Понятие «экосистема» уже включает слово «система» в само название, в чем имеется определенный смысл и известные преимущества. Однако название «экосистема», то есть экологическая система, дает русскому читателю несколько суженное представление об этом понятии. Биология в широком понимании включает и экологию. Поэтому исходя из позиции сближения понятий «биогеоценоз» и «экосистема», правомерно рассматривать лес на этом уровне как биологическую систему.

Для раскрытия природы лесного биогеоценоза большое значение имеет и физиологический аспект. А. А. Яценко-Хмелевский [28], подходя к лесу как биологической системе, в то же время рассматривает лесной биогеоценоз как физиологическую систему и считает важной разработку физиологии ценозов — «ценофизиологию». Имеются другие аспекты, затрагивающие лес как систему. Чтобы избежать пестроты понятий и не давать повода к разным толкованиям, остановимся в данном случае на рассмотрении леса как биологической системы, имея в виду, что при таком интегральном выражении возможен широкий охват ее слагаемых и построения применительно к ним отдельных более частных биосистем или подсистем, блоков (например, рассмотрение фитоценозов как биологической подсистемы, почвы как блока и т. д.).

Рассматривая лес как биогеоценоз, или экосистему, состоящую из многих компонентов с их многочисленными организмами, то есть глубоко понимая, что за деревьями надо видеть лес, в то же время нельзя считать равнозначными все слагаемые лесного биогеоценоза, или лесной экосистемы. Хотя число деревьев на единице площади, составляющих древостой, может быть в тысячи или даже миллионы раз меньше числа особей других компонентов биогеоценоза, биологическое и экологическое значение древостоя от этого не умаляется. Древостой, будучи основным компонентом лесного фитоценоза, является и связующим звеном в биологической системе леса. Древостой — экологический доминант леса среди биотических компонентов.

Естественно, что древостой, как и все прочие компоненты леса, следовательно, и лес в целом, нельзя представлять оторванно от территории, от климатических, почвенных и других условий внешней среды. Но древостой и сам оказывает сильное влияние на среду, в том числе на среду обитания большей части компонентов лесного биогеоценоза, а следовательно, оказывает определенное влияние и на их состав, размещение, жизнедеятельность; здесь налицо наглядный пример обратной связи.

Все это, разумеется, не умаляет значения других компонентов. Все они в совокупности и даже каждый в отдельности играют определенную роль в жизни леса, являются составными звеньями в единой биологической системе леса. Как любая система, лес представляет соединение взаимодействующих и взаимосвязанных элементов. Однако это — не механическое соединение.

Лес как биологическая система характеризуется следующими основными особенностями:

сложной комплексной организацией; взаимосвязанностью организмов и ценозов, единством организмов и среды в этом комплексе;

динамическим равновесием, устойчивостью, авторегуляцией, выработанной в результате длительной эволюции и естественного отбора всех элементов лесного сообщества;

высокой способностью восстановления и обновления;

особым балансом энергии и вещества; постоянным биологическим круговоротом и обменом веществ и энергии и, наряду с этим, выносом вещества за пределы биогеоценоза и притоком его из других биогеоценозов;

динамичностью процессов, находящейся в сложных диалектически противоречивых взаимодействиях с тенденциями к устойчивости и стабильности леса;

географической обусловленностью.

Рассмотрим некоторые из этих параметров. При всем разнообразии леса ему свойственны общие строго закономерные особенности. Биология леса включает не только биологию и экологию отдельных древесных и других лесных растений; она складывается из биологии и экологии их совокупностей — лесных фитоценозов (насаждений), из природы сочетаний других организмов, входящих в лесной биогеоценоз.

Лес как природное единство представляет собой биологическое сообщество с занятым им пространством (включающим наземную и подземную части), состоящее из древостоя, других компонентов растительного, животного и иного происхождения, находящихся в постоянном взаимодействии. Чаще лес означает совокупность таких сообществ.

Лесу свойственны тенденции к морфологической и биологической устойчивости, саморегуляции. В течение длительного времени, включая его геологические масштабы, лес может существовать, сохраняя свои типичные черты. Но эта устойчивость не означает статичности леса, его неподвижности, застоя.

Напротив, лес можно рассматривать как природную динамическую саморегулирующуюся систему. В лесу идет непрерывный обмен веществ и энергии, процесс обновления, происходят изменения в росте, развитии, дифференциации деревьев и древостоев, других компонентов, в их взаимоотношениях. Лес меняется в пространстве и во времени. Воздействие внешних факторов, особенно антропогенных, может приводить к резким изменениям, нарушающим всю биологическую систему леса. Но при отсутствии препятствий лес способен к ее восстановлению; это исключительно важное биологическое свойство леса. Человек сам выступает не только в роли разрушителя природного равновесия, создаваемого лесом, но и как его охранитель и создатель. Путем разумного воздействия на биологическую систему леса лесовод может направленно использовать ее в хозяйственных целях.

Чтобы познать лес как биологическую систему, мало описать его морфологию и жизненные проявления в данный момент. Необходимо понять его прошлое и представить будущее путем всестороннего учета и анализа факторов жизни леса. Такой подход к диагностике и анализу леса позволяет лесоводу квалифицированно и целенаправленно воздействовать на лес, наиболее полно использовать его на благо человека.

Определенные возможности заключены в методе моделирования*. Хотя моделированием можно охватить пока не все, а лишь некоторые связи в лесном биогеоценозе и имеется известная опасность отрыва от реальной природы леса, применение этого метода на первых порах позволит сосредоточить внимание на наиболее существенных взаимосвязях.

Лесной биогеоценоз относят к вероятностным системам [28]; необходимо количественное выражение его; задача эта очень сложная.

Для раскрытия многофакторных влияний и взаимодействий в биологической системе леса, лесном биогеоценозе могут быть использованы энергетический и кибернетический подходы.

* По этому вопросу отсылаем читателя к ценной статье В. Д. Александровой [3, стр. 369—375], где приведена и обширная литература. Интересные предложения содержатся также в статьях Х. Тооминга.

Энергетический подход позволяет рассматривать лес как открытую материально-энергетическую систему, в которой осуществляется трансформация и миграция вещества и энергии между его компонентами. Применительно к биогеоценозу (экосистеме) разработаны некоторые модели, основанные на этом подходе ([19], [4] и др.).

При кибернетическом подходе лес как система рассматривается в другом аспекте. Кибернетические модели отражают не энергетические связи, а связи влияния, зависимости одних компонентов системы от других. В одних случаях эти связи будут совпадать, в других нет. Построение кибернетических моделей позволяет выделять взаимодействующие элементы разного ранга (подсистемы, блоки), выявлять регулирующие обратные связи, количественно оценивать мощности связи и влияния и т. п. [5].

Первая попытка представить биогеоценоз как кибернетическую систему принадлежит В. Д. Александровой [2]. Ею разработаны задачи изучения кибернетических систем в области биогеоценологии [2] на основе схемы А. А. Ляпунова и С. В. Яблонского [16]; она показала наличие обратных связей внутри биогеоценоза, регулирующих видовой состав, структуру и продуктивность его растительного компонента, а также характер преобразований на разных уровнях в пределах фитоценоза [1]. «Анализ структуры биогеоценоза, рассматриваемого как кибернетическая система, должен привести к четкому выделению элементарных явлений в этом очень сложном процессе» [2, стр. 509].

Лес как систему можно рассматривать не только на уровне отдельного биогеоценоза (экосистемы), но и на более высоких уровнях (рис. 1), то есть ландшафтном, лесного массива и т. д., как комплекс взаимосвязанных биогеоценозов (экосистем). Для такого подхода в лесоводстве накоплен большой материал. Еще Г. Ф. Морозов подчеркивал в свое время, что «лесоводство имеет дело не только с насаждением, но всегда с их совокупностью» [18, стр. 108].

Здесь речь идет о взаимообусловленности различных лесных насаждений, биогеоценозов (экосистем), о влиянии их друг на друга. В этом случае отдельный лесной биогеоценоз, представляющий собой определенную биологическую систему, является одновременно элементом более широкой, более всеобъемлющей природной системы.

Рассмотрение леса как системы на межбиогеоценозном (межэкосистемном) уровне начало привлекать за последнее время внимание ученых в нашей стране и за рубежом ([11—13], [30], [29] и др.). При таком подходе к лесу надо иметь в виду взаимодействия различных биогеоценозов, представленных не только насаждениями, но и перемежающимися с ними вырубками, полянами, гарями и другими участками, не покрытыми лесом, или находящимися в начальной стадии заселения лесной растительностью. Здесь проявляются самые различные взаимодействия и взаимовлияния: микроклимат лесной поляны зависит от характера окружающих насаждений; направление и сила воздушных потоков, измененных вырубкой, сказываются на состоянии прилегающих древостоев; естественное облесение гари зависит от налета семян из соседних (а также и отдаленных) участков; соседство соснового и елового древостоев при определенных почвенных условиях приводит к превращению первого в смешанный сосново-еловый, а затем и в чистый еловый древостой с вытекающими отсюда изменениями и других компонентов биогеоценоза; характер вырубки, определяемый антропогенным воздействием, связан в то же время теснейшим образом с характером леса, бывшим на этом месте до рубки, а также лесом, окружающим вырубку в данный момент. При системном подходе к лесу на межбиогеоценозном уровне лес рассматривается некоторыми учеными

как единый целостный объект с математически упорядоченными связями между его элементами, то есть биогеоценозами [12, стр. 48]. Системы лесов (СЛ) по Ю. П. Бялловичу, приложимы к объектам разного масштаба: СЛ колка, состоящего из нескольких лесных биогеоценозов; СЛ водосборного бассейна малой реки; СЛ таежной зоны Западно-Сибирской равнины; СЛ в границах лесничества, области и т. д. [12, стр. 55]. Разработка СЛ только начинается. Имеется возможность использовать в этом плане накопленный лесоводством богатый материал. Это очень хорошо показано в обстоятельной статье Ю. П. Бялловича [12].

В настоящее время проявляется широкий интерес к применению кибернетического подхода в биологии; начал проявляться он и в биологии леса ([1—4], [27], [7], [8], [10], [15], [11], [12] и др.).

На любом уровне, однако, будь это внутрибиогеоценозный или межбиогеоценозный, любой метод учета и анализа, а кибернетический подход в особенности, может дать хороший результат только при наличии безупречного исходного материала. Получение первичного материала в природе в целях изучения сложной природы леса — задача очень ответственная, требующая прочных лесоводственных знаний. Только на основе объективных данных результативный выход может быть полноценным.

Известный специалист в области системной экологии профессор Калифорнийского университета К. Уатт, широко применяющий математику в биологии, отмечая чрезвычайную сложность биологических систем, делает вывод о необходимости «глубже вникать в сущность изучаемых процессов, чтобы моделирование на ЭВМ отражало их истинную природу» (подчеркнуто нами — И. М.). При системном подходе к материалам о лесе, разумеется, необходимо и выполнение специфических требований, связанных с определенными типами информации и т. п.

Мы рассмотрели главнейшие особенности леса не только как природного явления в более или менее территориально ограниченном локальном диапазоне. Эти особенности — лес как природное единство, как синтез многочисленных взаимосвязанных элементов, его изменения в пространстве и во времени — все это неотъемлемые биологические свойства леса и в значительно более широком плане, характеризующие лес как единую (хотя и не целостную с позиций строго системного подхода) природную систему, позволяющую глубже подойти к пониманию леса как весьма важной составной части биосферы.

Итак, лес представляет собой природное единство, сложную систему с ее взаимосвязанными биотическими и абиотическими компонентами, систему живых организмов и их сочетаний, с биологически активной средой, систему, которую необходимо рассматривать на разных уровнях, в нескольких измерениях — и в пространстве, и во времени, представлять не только в статике, но и в динамике. Главное объединяющее звено в этой системе — древостой как основной эдификатор лесного сообщества, органично связанный с окружающей средой, от нее зависящий и на нее влияющий. Это не ослабляет значения других параметров системы и наглядно отражает наиболее существенные прямые и обратные связи.

Хотя еще очень многое предстоит сделать для более глубокого познания леса как природной системы, уже достигнутое наукой дает определенную возможность сегодня, и тем более завтра, опираться на эту систему и разумно использовать ее в практике лесоводства, особенно имея в виду многоцелевое назначение лесов.

Системный анализ приобретает большое значение для практического использования типологии леса. Одним из моментов, сдерживающих применение типологии в лесном хозяйстве, является слабая разработка количественных критериев, характеризующих тип леса, которые позволяли бы использовать, например, метод моделирования. В этом отношении заслуживают внимания и поддержки работы по количественной диагностике особенно антропогенных типов леса (осушенные леса), по их компонентному анализу, моделированию [8—10]. Системный анализ должен помочь уточнению этапов и их границ в формировании типов леса во времени, переходов одного типа леса или вырубки в другой (динамическая типология леса).

Системный комплексный подход к лесным и другим взаимодействующим с ними экосистемам (биогеоценозам) приобретает практическое значение для планового рационального использования леса и других природных ресурсов на основе комплексных экологических моделей. Системный подход к лесу — это отражение не только сущего, то есть раскрытие леса таким, каким он есть, но и должного — возможность устанавливать оптимальные параметры будущего леса (оптимального для данных условий состава древесных пород, лучшего качества древесины, высоких рекреационных свойств и т. д.), опираясь на теорию оптимизации и используя механизм саморегуляции леса при хозяйственном воздействии на него.

Чтобы полнее представить лес как природную систему и на этой основе решать практические задачи, необходим подробный анализ ее отдельных звеньев, установление прямой и обратной связи явлений и прежде всего взаимосвязей леса и условий внешней среды, изменений леса во времени. Эта часть требует отдельного освещения, при котором можно выделить более частные системы и подсистемы, позволяющие подойти к рассмотрению леса в биофизическом, физиологическом, биохимическом аспектах, в сфере взаимосвязей леса и почвы, антропогенных влияний на лес и т. д. К лесу как биофизической системе впервые подошел Г. Ф. Хильми [26], [27].

В этих направлениях в лесоведении имеются дальнейшие некоторые сдвиги (например, в работе В. В. Протопопова [20] на материалах изучения темнохвойных лесов Сибири отражен подход к лесу как биофизической системе, в работах многих исследователей накапливается материал по физиологическим и биохимическим аспектам и др.).

Традиционные лесоэкологические исследования, сохраняя свое значение и впредь, должны все в большей мере сопровождаться комплексным системным подходом к лесу.

В заключение автор считает своим долгом выразить искреннюю признательность проф. В. Д. Александровой за ее ценные советы.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. Д. Александрова. Растительное сообщество в свете некоторых идей кибернетики. Бюллетень МОИП, 66, № 3, 1961. [2]. В. Д. Александрова. О возможности применения идей и методов кибернетики в лесной биогеоценологии. В кн.: Основы лесной биогеоценологии, М., 1964. [3]. В. Д. Александрова. О методике моделирования в фитоценологии. «Ботанический журнал», т. 55, № 3, 1970. [4]. В. Д. Александрова. Об объектах биогеоценологии. «Ботанический журнал», т. 56, № 9, 1971. [5]. В. Д. Александрова. Симпозиум «Топология геосистем — 71». «Ботанический журнал», т. 57, № 6, 1972. [6]. А. Н. Бекетов. Лес. Энциклопедический словарь. Брокгауз и Ефрон, т. XVIII, 1896. [7]. К. К. Буш. Анализ типов осушенных лесов Латвийской ССР. Журн. «Лесоведение» № 5, 1971, стр. 3—17. [8]. К. К. Буш. Некоторые вопросы биоматематического анализа антропогенных лесных сообществ на осушенных площадях. «Ботанический журнал», т. 56, № 1, 1971, стр. 22—30. [9]. К. К. Буш. Типологический анализ осушенных лесов Латвийской ССР. Тарту, 1972. [10]. К. К. Буш. Пути развития советской типологической школы, Тезисы докладов

- Второго Всесоюзного совещания по лесной типологии, Красноярск, 1973. [11]. Ю. П. Бяллович. Системы биогеоценозов. Сб. «Проблемы биогеоценологии», М., 1973. [12] Ю. П. Бяллович. Биогеоценологические основания теории систем лесов. Сб. «Проблемы биогеоценологии», М., 1973. [13]. Н. В. Дылис. Межбиогеоценозные связи, их механизмы и изучение. Сб. «Проблемы биогеоценологии», М., 1973. [14]. Е. М. Лавренко, Н. В. Дылис. Успехи и очередные задачи в изучении биогеоценозов суши СССР. «Ботанический журнал», т. 58, № 2, 1968. [15]. И. Я. Лиепа. Математическое моделирование некоторых проявлений роста деревьев в лесных сообществах. Автореферат диссертации, 1968. [16]. А. А. Ляпунов, С. В. Яблонский. Теоретические проблемы. 1961. [17]. Г. Ф. Морозов. Отрывочные заметки из лекций по общему лесоводству. «Лесной журнал», вып. 6—8, 1918. [18]. Г. Ф. Морозов. Избранные труды. Т. 1, М., 1970. [19]. Е. Одум. Экология (перевод с английского), М., 1968. [20]. В. В. Прокопов. Влияние темнохвойного леса на среду. Красноярск, 1972. [21]. Э. А. Росмесслер. Лес. СПб., 1866. [22]. В. Н. Сукачев. Основы лесной биогеоценологии. Изд-во «Наука», М., 1964. [23]. В. Н. Сукачев. Избранные труды. Т. 1, Л., 1972. [24]. М. Е. Ткаченко. Общее лесоводство. М., 1955. [25]. К. Уатт. Экология и управление природными ресурсами. Количественный учет. Изд-во «Мир», М., 1971. [26]. Г. Ф. Хильми. Теоретическая биогеофизика леса. М., 1957. [27]. Г. Ф. Хильми. Основы физики биосферы. 1966. [28]. А. А. Яценко-Хмельевский. Лес как биологическая система. Труды ЛТА, вып. 104, 1966. [29]. F. Andersson (Edit.). Ecology of the Swedish Coniferous Forest Landscape (research programme). Stockholm and Lund, 1972. [30]. G. Goff. The forest as an ecosystem. «American Forests», Dec. 1969. [31]. G. A. Hills. The total classification of forest productivity systems. Seattle, 1960. [32]. I. Rowe, P. Haddock, G. Hills, V. Krajina, A. Sentean. The Ecosystem Concept in Forestry Proceedings. Fifth World Forestry Congress. Vol. 1, 1960. [33]. A. G. Tansly. The use and abuse of vegetational concepts and terms. Ecology, 16, 3, 1935.

Поступила 26 апреля 1974 г.

УДК 634.0.161.4

О ВОЗМОЖНЫХ ПУТЯХ УДЛИНЕНИЯ СРОКА ВЕСЕННИХ ЛЕСОПОСАДОЧНЫХ РАБОТ С ПОМОЩЬЮ АНТИТРАНСПИРАНТОВ

В. П. ДАДЫКИН, Л. П. САМСОНОВА

Московский лесотехнический институт

Обсуждается вопрос об удлинении сроков весенних лесопосадочных работ путем применения антитранспирантов пленочного типа. Излагаются результаты опытов по применению в качестве антитранспиранта отечественного латекса ДММА-65-1-ГП при пересадках тополя и липы. Опыты показали эффективность антитранспирантов при пересадке лиственных саженцев.

Девятым пятилетним планом предусмотрены лесовосстановительные и лесопосадочные работы на площади 12 млн. га, примерно вдвое больше, чем в восьмой пятилетке.

Сроки весенних лесопосадочных работ крайне ограничены. По лесотехническим правилам, основанным на многолетнем опыте, посадки семян или саженцев могут быть успешными в период после оттаивания и прогревания почвы и до распускания листьев. В большинстве районов, где в широких масштабах проводят лесопосадочные работы, этот период не превышает 15—20 дней, а в районах, где весной интенсивно нарастает температура воздуха и почва быстро теряет влагу, этот срок еще меньше. В результате создается очень большая напряженность в обеспечении рабочей силой и лесопосадочной техникой.

Основная причина гибели лесопосадок после появления листьев — необратимое иссушение семян или саженцев. Это происходит вследствие интенсивной потери воды в процессе транспирации и невозможности ее восполнить из-за неизбежного повреждения корней при пересадке.

В последние десятилетия во всем мире ведется интенсивная разработка приемов, ограничивающих транспирационный расход воды растениями путем применения различных химических веществ — антитранспирантов ([1] — [3], [7] — [12] и др.).

Обзор ранних работ, посвященных этой проблеме, был сделан Гейлом и Хейгеном [10]. В СССР первая публикация появилась в 1964 г. [2], и в настоящее время исследования приобретают широкий размах ([3], [7], [8]; [1], [4] и др.).

Все многообразие веществ, применяемых в качестве антитранспирантов, по механизму действия можно объединить в две основные группы: химического действия, вызывающие закрывание устьиц; и образующие на поверхности листьев эластичные и прозрачные пленки, которые создают механические препятствия для выхода водяного пара в атмосферу.

Наиболее перспективны, по нашему мнению, антитранспиранты пленочного типа, приготовленные на основе искусственных или натуральных латексов. По сообщению В. С. Теодоронского и Г. Л. Костровой [7], испытанных ряд латексов отечественного производства, наи-

более перспективным для использования в качестве антитранспирантов оказался латекс марки ДММА-65-1-ГП, изготавливаемый на основе бутадиенакрилата с некоторыми добавками для лучшей адгезии [5]. Этот антитранспирант был испытан нами в целях удлинения срока весенних лесопосадочных работ.

Работы были проведены в районе г. Курска на базе питомника Курского механизированного лесхоза. Климат района умеренно-континентальный [6]. Погодные условия в 1972 г. существенно отличались от средних многолетних. Среднемесячная температура воздуха с мая по август была заметно выше средней многолетней (на 1,2—4,0°). В мае осадков выпало вдвое меньше нормы, в июне — на треть меньше, в июле — в полтора раза больше, в августе — в 3,5 раза меньше нормы.

Черноземные зернисто-комковатой структуры почвы питомника достаточно хорошо сохраняли весенние запасы влаги, и влажность почвы во время всей вегетации была близка к оптимальной.

В Курском механизированном лесхозе весенние лесопосадочные работы обычно заканчиваются 10—15 мая. Наши опыты по пересадке были заложены 30 мая. Объектами для исследований явились двухлетние саженцы липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill.) и тополь пирамидальный (*Populus pyramidalis* Roz.), пересаженные черенками в школьное отделение питомника ранней весной 1972 г.

Опыты предусматривали оценку эффективности применения антитранспирантов на пересаживаемых в необычное время растениях и на непересаживаемых. В соответствии с этим были заложены следующие варианты: А — без пересадки (с обработкой антитранспирантом и без обработки); Б — с пересадкой (с обработкой антитранспирантом и без обработки).

Саженцы липы мелколистной обрабатывали 15%-ным раствором антитранспиранта, а тополь пирамидальный — 8%-ным раствором. Растения варианта Б в день обработки были выкопаны и с помощью лесопосадочной машины СЛН-2 пересажены на опытный участок в заранее подготовленную почву.

В течение вегетационного периода мы вели наблюдения за влиянием антитранспиранта на приживаемость и прирост опытных растений, а также учитывали интенсивность транспирации. Регистрировали состояние пленки, отмечали время ее разрушения.

В табл. 1 представлены данные по учету приживаемости и приросту растений тополя пирамидального и липы мелколистной. Несмотря на необычный срок посадки, приживаемость обработанных растений как тополя пирамидального, так и липы мелколистной значительно превысила приживаемость контрольных растений и оказалась весьма высокой.

Таблица 1

Порода	Высота посадочного материала, см	Высота растений в конце вегетации, см	Прирост, см	Приживаемость, %	Прирост обработанных растений, % к контролю с учетом разной исходной высоты
Тополь пирамидальный	33,5	81,2	47,7 ± 2,0	80	+ 36
	30,6	89,7	59,1 ± 2,1	99	
Липа мелколистная	29	20	—	92	—
	27	21	—	96	

Примечание. В числителе показатели для необработанных растений; в знаменателе — для обработанных антитранспирантом.

Поздневесенняя пересадка обработанных антитранспирантом растений тополя пирамидального не вызвала угнетения роста в высоту. Их прирост на $\frac{1}{3}$ превысил прирост растений, пересаженных без обработки антитранспирантом.

При осенней инвентаризации липы мелколистной мы отмечали уменьшение высоты пересаженных растений по сравнению с той, которую они имели весной. Это произошло в результате усыхания верхушек. Усыхание обработанных антитранспирантом растений было несколько меньшим, чем контрольных (22% против 31%).

Высокий процент приживаемости пересаженных с обработкой растений, значительный прирост у тополя и меньшее усыхание липы, несомненно, указывают на положительное влияние антитранспиранта при пересадке облиственных растений.

При учете влияния обработки латексной эмульсией непересаженных растений на прирост в высоту оказалось, что при всех сроках обработки наблюдается уменьшение прироста у опытных растений по сравнению с контрольными (табл. 2).

Таблица 2

Порода	Дата обработки	Высота опытных растений, см	Высота растений в конце срока вегетации, см	Прирост, см	Прирост обработанных растений, % к контролю с учетом исходной высоты
Тополь пирамидальный	27 июня	39,7	133,7	$94,0 \pm 1,3$	— 24,5
		47,3	131,9	$84,6 \pm 1,4$	
	25 июля	88,0	133,7	$45,7 \pm 1,3$	— 5,8
		91,2	136,0	$44,8 \pm 1,2$	
	1 августа	92,0	128,7	$36,7 \pm 1,6$	— 36,8
		101,0	126,6	$25,5 \pm 1,0$	
Береза бородавчатая	24 июля	137,0	151,9	$14,9 \pm 0,8$	— 10,0
		131,0	146,0	$15,0 \pm 0,9$	

Примечание. В числителе показатели для необработанных растений; в знаменателе — для обработанных антитранспирантом (начальная высота измерена в день обработки).

Создаваемые на листьях пленки антитранспиранта препятствуют не только выходу водяного пара из межклетников листьев, но ограничивают и проникновение углекислого газа к хлоропластам. Последнее не может не сказаться на фотосинтетической функции растений.

Дж. Гейл и А. Поляков-Майбер [11] испытали в качестве антитранспирантов ряд пленочных препаратов. Во всех случаях одновременно с ограничением транспирации наблюдалось снижение интенсивности фотосинтеза. Следовательно, пленочные антитранспиранты (впрочем, как и антитранспиранты химического действия) предохраняют растения от водных стрессов, возникающих в засушливые периоды и при пересадках. За это надо «платить» некоторым ограничением прироста на время действия пленок.

Влияние обработки листьев латексной эмульсией на транспирацию было исследовано на пересаженных и непересаженных растениях тополя пирамидального и липы мелколистной.

На рис. 1 изображен ход транспирации тополя пирамидального, на рис. 2 — липы мелколистной. Антитранспирационный эффект как на пересаженных, так и на непересаженных растениях обеих пород отчетливо проявился в течение первых 8—10 дней, когда испарение воды растениями, обработанными латексной эмульсией, было меньше.

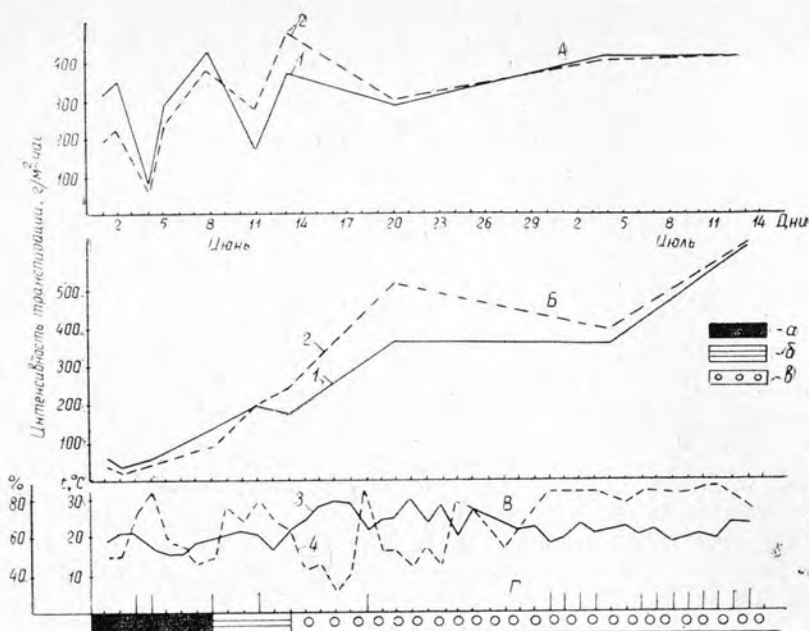


Рис. 1. Влияние обработки антитранспирантом на интенсивность транспирации *Populus pyramidalis* Roz.

А — без пересадки; Б — с пересадкой; 1 — без обработки антитранспирантом; 2 — с обработкой антитранспирантом; В — метеорологические условия в период проведения опыта; 3 — среднесуточная температура воздуха; 4 — относительная влажность воздуха; Г — дни с осадками; Г — состояние пленки антитранспиранта на листьях растений; а — пленка целая; б — пленка растрескивается; в — пленка отслаивается.

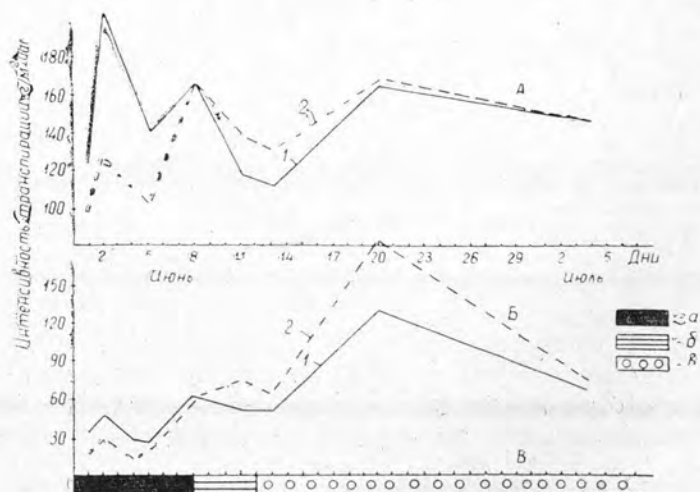


Рис. 2. Влияние обработки антитранспирантом на интенсивность транспирации *Tilia cordata* Mill.

А — без пересадки; Б — с пересадкой; 1 — без обработки антитранспирантом; 2 — с обработкой антитранспирантом; В — состояние пленки антитранспиранта на листьях растений; а — пленка целая; б — пленка растрескивается; в — пленка отслаивается.

чем контрольными. У пересаженных растений липы мелколистной уменьшение достигало 60%, а у тополя пирамидального 27%, у непересаженных соответственно 35 и 38%.

В течение этого времени пленка антитранспиранта на листьях не имела видимых признаков разрушения. С восьмого дня она начала растрескиваться, а с 12—14-го — отслаиваться. С этого времени интенсивность транспирации обработанных растений как в варианте с пересадкой, так и без пересадки начинает возрастать и превышает интенсивность процесса у контрольных растений.

Можно предположить, что пленка антитранспиранта, ограничив расход влаги, позволила обработанным растениям накопить в тканях и органах некоторое избыточное количество воды, которая после начала разрушения пленки стала расходоваться более интенсивно. Подобное повышение оводненности побегов у растений, обработанных антитранспирантом, отмечали В. П. Дадыкин, В. С. Теодоронский и Т. А. Соколова [4].

Период превышения интенсивности транспирации опытных растений над контрольными продолжался в наших опытах около трех недель. Затем интенсивность расходования воды как пересаженными, так и непересаженными растениями выравнивалась.

Можно считать, что влияние обработки листьев антитранспирантом на водный режим растений на этом закончилось.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. П. Батюк, С. К. Самохваленко. Влияние поверхностно-активных веществ на водно-физические свойства почвы и физиолого-биохимические особенности растений. Научные основы мелиорации почв, изд-во «Наука», М., 1972, 184—193. [2]. В. Ф. Верзилов, Л. В. Рункова. Применение препарата S-600 для летней пересадки деревьев и кустарников. Бюллетень Главного Ботанического сада, вып. 54, изд-во «Наука», 1964. [3]. В. Ф. Верзилов, Л. А. Хватова. О возможности снижения транспирации древесных растений при летних пересадках с помощью антитранспирантов. Известия АН СССР, сер. биологическая, № 4, изд-во «Наука», 1970. [4]. В. П. Дадыкин, В. С. Теодоронский, Т. А. Соколова. Применение антитранспирантов при лесопосадках в засушливых районах. Лесное хозяйство и лесная промышленность СССР. (К VII Международному лесному конгрессу), изд-во «Лесная промышленность», М., 1972. [5]. А. П. Крючков. Общая технология синтетических каучуков. Изд-во «Химия», М., 1969, 460—461, 468. [6]. Справочник по климату СССР. Вып. 28, Гидрометеониздат, Л., 1965. [7]. В. С. Теодоронский, Г. Л. Кострова. Первые итоги исследования отечественных латексов в качестве антитранспирантов для кустарников. Вопросы зеленого строительства, научные труды МЛТИ, вып. 37, М., 1971. [8]. Л. А. Хватова. Результаты применения антитранспирантов при летних пересадках деревьев в общественном состоянии. Вопросы зеленого строительства. Научные труды МЛТИ, вып. 37, М., 1971. [9]. D. C. Davenport. Effect of Chemical Antitranspirants on Transpiration and Growth of Grass. J. Experim. Botany, 1967 (May), 18, 55, 332—347. [10]. J. Gale, R. Hagan. Plant Antitranspirants. Annual Review of Plant Physiology, v. 17. Palo Alto, Calif., 1966, 269—282. [11]. J. Gale, A. Poljakoff-Mayber. Plastic films of Plants as Antitranspirants. Science, v. 156, № 3775, 1967 (May), 650—652. [12]. K. J. Parkinson. The Effects of Silicone Coatings on Leaves. J. Experim. Botany, 1970. (August), v. 21, № 68, 566—579.

Поступила 2 октября 1973 г.

УДК 634.0.811.1

АНАТОМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДРЕВЕСИНЫ
НЕКОТОРЫХ КЛЕНОВ ПРИМОРЬЯ

С. А. СНЕЖКОВА

Дальневосточный государственный университет

Приводятся описания микроскопического строения древесины четырех видов клена, распространенных в Приморском крае: *Acer mono*, *A. ukurunduense*, *A. tegmentosum* и *A. mandschuricum*. Наиболее отчетливым признаком, по которому отличаются изученные виды кленов, является строение лучей. Это особенно хорошо заметно на тангентальных срезах древесины.

Для Приморья Д. П. Воробьев [3] отмечает 8 видов кленов, относящихся к 7 секциям. Наиболее распространенным и ценным в хозяйственном отношении является *Acer mono* [5]. Однако анатомическое строение древесины кленов Приморья изучено недостаточно, и в литературе отсутствуют ее полные описания. Мы исследовали древесину четырех видов клена: *Acer mono* из секции *Platanidea* Pax., *Acer ukurunduense* из секции *Microcarpa* Rojark., *Acer tegmentosum* из секции *Macrantha* Pax., *Acer mandschuricum* из секции *Trifoliata* (Pax.) Koidz.

По литературным данным [1], [2], [4], [6], [8], [9] и нашим наблюдениям, в строении древесины кленов много общего, но в то же время они различаются рядностью лучей, степенью развитости паренхимы, толщиной оболочек волокон. Эти отличия обычно проявляются у видов, относящихся к разным секциям рода.

Анатомическое строение древесины мы изучали по общепринятой методике [7]. Исследования показали, что для всех изученных видов клена характерны: рассеяннососудистость; выраженность границы годичного кольца; расположение просветов на поперечном срезе одиночно, парами, реже группами, цепочками; простые перфорации на поперечных, часто скошенных, и боковых стенках; очередная межсосудистая поровость, поры крупные, сомкнутые с 6-угольным окаймлением и вытянутыми внутренними отверстиями; наличие спиральных утолщений, у некоторых сосудов они выражены слабо; основная масса древесины составлена волокнистыми трахеидами и волокнами либриформа; у волокон либриформа более толстые оболочки и простые щелевидные поры; волокнистые трахеиды с более тонкими оболочками и порами, имеющими слабо выраженные окаймления; окончания волокнистых элементов гладкие, штыкообразные и зубчатые; лучи у всех видов гомогенные; паренхима тяжевая и веретенновидная.

Кроме общих признаков, у каждого вида есть отличительные особенности, которые приводятся ниже. Размеры анатомических элементов древесины, их количество даны в стандартных обозначениях, принятых в анатомии древесины [7].

Acer mono Maxim. Очертания просветов овальные, радиально вытянутые и округлые. Просветы сосудов чрезвычайно малые и довольно малые. Членики сосудов чрезвычайно короткие и средние, некоторые

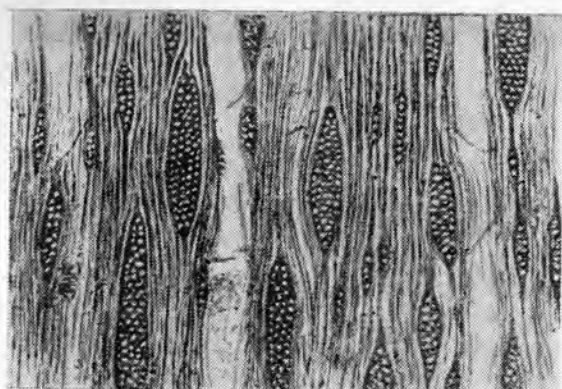


Рис. 1. *Acer mono*.
Тангентальный срез.
Увелич. 50 раз.

без клювов, чаще с короткими клювами. Древесная паренхима диффузная и терминальная. В тяже паренхимы 2—4 клетки. Оболочки клеток паренхимы довольно толстые, полости заполнены запасными веществами (рис. 1).

Лучей умеренно много и очень много; 1—6-рядные, чаще 4—5-рядные, чрезвычайно узкие и средние; лучи высотой до 55 клеток (чаще 20), чрезвычайно низкие и очень низкие. На поперечном срезе лучи примерно равны тангентальным диаметрам широких просветов. Границы годичного слоя в луче совпадают с общей границей годичного слоя. Узкие лучи при встрече с сосудами изгибаются. При переходе из одного годичного слоя в другой лучи не расширяются. На тангентальном срезе они веретеновидные, некоторые (редко) с однорядными окончаниями из 2—8 клеток. Очень редко встречаются сдвоенные лучи, однорядные лучи четковидные. На радиальном срезе лучи составлены из лежащих клеток, длина их в 3—15 раз превышает высоту, чаще в 5 раз. Поры между клетками лучей и сосудами вытянутые, крупные, в 2—4 горизонтальных рядах. Стенки клеток лучей незначительной толщины. Все клетки лучей имеют содержимое. Отмечены сердцевинные повторения.

Acer ukurunduense Trautv. et Mey. Очертания просветов овальные, реже круглые, слегка угловатые, тиллы отсутствуют. Просветы сосудов чрезвычайно малые и довольно малые. Членики сосудов очень короткие и средние с короткими клювами, реже без клювов. Древесная паренхима скудная вазцентрическая, редко диффузная и терминальная.

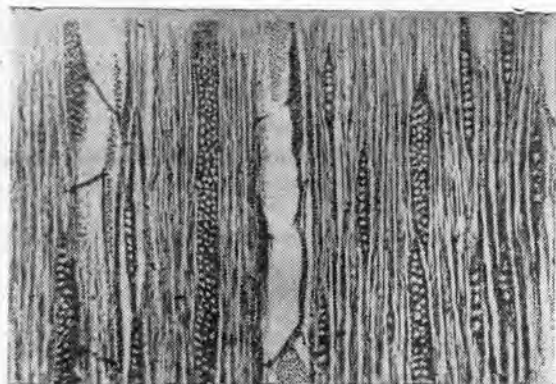


Рис. 2. *Acer ukurunduense*.
Тангентальный срез.
Увелич. 50 раз.

В тяже паренхимы 2—6 клеток. Оболочки клеток паренхимы довольно толстые, полости заполнены запасными веществами (рис. 2).

Лучи 1—5-рядные, чаще 3-рядные, чрезвычайно узкие и довольно узкие; высотой до 140 клеток, чрезвычайно низкие и низкие. На поперечном срезе лучи уже тангентальных диаметров широких просветов. Границы годичного слоя в лучах совпадают с общей границей годичного слоя. Узкие лучи при встрече с сосудами изгибаются. При переходе из одного годичного слоя в другой лучи не расширяются.

На тангентальном срезе лучи слабо веретеновидные, некоторые с однорядными окончаниями из 2—9 клеток. Однорядные лучи линейные и четковидные; встречаются сдвоенные лучи. На радиальном срезе лучи составлены в основном из лежачих клеток, изредка в краевых слоях среди лежачих встречаются квадратные. Длина лежачих клеток в 2—8 раз превышает высоту (чаще в 4 раза). Поры между клетками лучей и сосудами овальные, крупные, многочисленные в 2—4 горизонтальных рядах. Стенки клеток лучей незначительной толщины. Все клетки лучей имеют содержимое. Отмечены сердцевинные повторения.

Acer tegmentosum Maxim. Очертания просветов овальные, реже округлые. В одном из образцов примерно $\frac{1}{4}$ всех сосудов затиллована. Просветы сосудов чрезвычайно малые и довольно малые. Членики сосудов довольно короткие и средние, без клювов, с короткими и реже длинными клювами (до $\frac{1}{3}$ длины членика). Древесная паренхима скудная вазикентрическая, редко диффузная и терминальная, в тяже от 2 до 8 клеток. Оболочки клеток довольно толстые, в клетках имеется содержимое (рис. 3).



Рис. 3. *Acer tegmentosum*.

Тангентальный срез.

Увелич. 50 раз.

Лучей умеренно много и очень много, они 1—3-рядные (3-рядные реже), чрезвычайно узкие и довольно узкие, высотой до 70 клеток, очень низкие и чрезвычайно низкие. На поперечном срезе все лучи уже тангентальных диаметров широких просветов. Границы годичного слоя в лучах совпадают с общей границей годичного слоя. Лучи при встрече с сосудами изгибаются. При переходе из одного годичного слоя в другой лучи не расширяются. На тангентальном срезе лучи линейные и веретеновидные. Часть из них имеет длинные однорядные окончания из 2—12 клеток. Встречаются сдвоенные лучи, некоторые однорядные лучи четковидные, остальные линейные. На радиальном срезе лучи составлены из лежачих клеток, длина их в 2—8 раз превышает ширину. Поры между клетками лучей и сосудами имеются во всех слоях клеток, соприкасаются с сосудами, вытянутые, крупные, в 2—4 горизонтальных

рядах. Стенки клеток лучей незначительной толщины. Все клетки лучей имеют содержимое.

Acer manschuricum Maxim. Очертания большинства просветов овальные, радиально вытянутые, реже округлые. Просветы сосудов чрезвычайно малые и довольно малые. Членики сосудов довольно короткие и средние, с короткими клювами, реже без клювов и с длинными клювами размерами с членик.

Древесная паренхима редкая, терминальная в узких полосках, диффузная и скудная вазикентрическая (по несколько клеток у некоторых сосудов). В тяже паренхимы 4—6 клеток. Оболочки клеток паренхимы довольно толстые, полости заполнены запасными веществами (рис. 4).

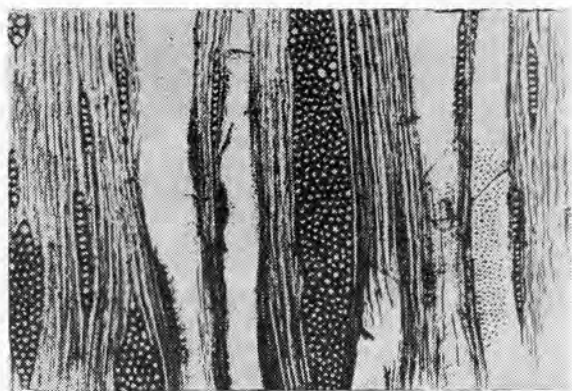


Рис. 4. *Acer manschuricum*.
Тангентальный срез.
Увелич. 50 раз.

Лучей умеренно много и много, они 1—10-рядные, чаще одно- и восьмиядерные, от чрезвычайно узких до средних. Высота лучей от 1 до 90 клеток, они чрезвычайно низкие и очень низкие. На поперечном срезе лучи немного превышают тангентальные диаметры сосудов. Узкие лучи при встрече с сосудами изгибаются. На тангентальном срезе лучи веретеновидные, некоторые с однорядными окончаниями из 2—10 клеток, однорядные лучи четковидные. На радиальном срезе лучи составлены из лежащих клеток, длина их в 2—12 раз превышает высоту (чаще в 5 раз). Поры между клетками лучей и сосудами имеются во всех слоях клеток, соприкасающихся с сосудами; поры овальные, крупные, в 2—3 рядах по высоте клетки. Стенки клеток лучей довольно утолщены. Все клетки лучей содержат запасные вещества.

Наиболее отчетливым признаком, по которому отличаются изученные виды кленов, является строение лучей. Так, для *Acer tegmentosum* характерны самые узкие 1—3-рядные лучи, высотой до 70 клеток, на тангентальном срезе линейные и веретеновидные, часть их с однорядными окончаниями из 2—12 клеток. У *Acer ukurunduense* лучи 1—5-рядные, высотой до 140 клеток, на тангентальном срезе слабо веретеновидные, некоторые с однорядными окончаниями из 2—9 клеток. Для *Acer topo* характерны лучи 1—6-рядные, до 55 клеток высотой, на тангентальном срезе веретеновидные, некоторые с однорядными окончаниями из 2—8 клеток. *Acer manschuricum* характеризуется самыми широкими, 1—10-рядными лучами, до 90 клеток высотой, на тангентальном срезе лучи веретеновидные, некоторые с однорядными окончаниями в 2—10 клеток.

Все сказанное позволяет сделать вывод, что характер лучей можно считать довольно отчетливым диагностическим признаком при изучении древесины кленов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Т. Г. Бордонос, Д. С. Рудин. Судебнобиологическая экспертиза мелких частиц древесины. Киевский научно-исследовательский институт судебной экспертизы, Киев, 1970. [2]. С. И. Ванин. Древесиноведение. Гослесбумиздат, М.—Л., 1949. [3]. Д. П. Воробьев. Дикорастущие деревья и кустарники Дальнего Востока. Изд-во «Наука», Л., 1968. [4]. А. Ф. Гаммерман, А. А. Никитин, Г. Л. Николаева. Определитель древесины по микроскопическим признакам. Изд. АН СССР, М.—Л., 1946. [5]. К. П. Солдвьев. Некоторые биологические особенности мелколистного клена. Журн. «Советская ботаника», т. XIII, № 1, 1945. [6]. А. А. Яценко-Хмелевский. К определению кавказских представителей рода *Acer* L. по строению их древесины. Заметки по систематике и географии растений, вып. 7, Тбилиси, 1939. А. А. Яценко-Хмелевский. Основы и методы анатомического исследования древесины. Изд. АН СССР, М.—Л., 1954. [8]. P. Greguss. Holzanatomie der Europäi-schen Laubhölzer und Sträucher. Budapest, 1959. [9]. S. Sudo. Identification of Japanese Hardwoods. Reprinted from Bulletin of the government forest experiment station, N 118, Tokyo, 1959.

Поступила 5 мая 1973 г.

УДК 634.05

ИЗМЕНЧИВОСТЬ И ВЗАИМОСВЯЗЬ ТАКСАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СТВОЛОВ В ДУБОВОМ МОЛОДНЯКЕ*

М. М. МИХАЙЛОВ

Марийский политехнический институт

Приведены результаты изучения изменчивости и взаимосвязи разных таксационных показателей стволов молодняка древостоя семенного дуба по материалам сплошной рубки. Полученные данные позволяют установить необходимое число наблюдений при заданной точности определения основных средних таксационных показателей древостоя 30—40 лет.

Изучение изменчивости (варьирования) разных таксационных показателей стволов древостоя, характера и тесноты связи между ними позволяет установить необходимое количество наблюдений для получения средней величины с заданной точностью вычислений. Дубовые древостои, несмотря на их высокую ценность, в этом отношении еще мало изучены [4].

Мы изучали изменчивость разных таксационных показателей стволов дуба и тесноту связи между ними в семенном дубовом древостое 35 лет состава 8Д2Лп,К,Ил. Пробная площадь со сплошной рубкой 206 деревьев дуба была заложена в Приволжских нагорных дубравах Чувашской АССР. Средний диаметр древостоя 13,8 см, средняя высота 14,0 м, класс бонитета I, относительная полнота 0,8, запас дуба 111 м³ на 1 га, древостой условно одновозрастный. Почва дерново-слабоподзолистая суглинистая на лёссовидном суглинке, тип леса дубрава свежая кленово-липовая снытьевая D₂. Стволы обмеряли по однометровым секциям, текущий прирост определяли за 5 лет.

Изменчивость разных таксационных показателей стволов древостоя весьма различна (табл. 1): умеренная — второго коэффициента формы (коэффициент изменчивости $C = 7,2\%$) и видового числа (8,9%), значительная — высоты стволов (11,1%), большая — диаметра стволов на высоте груди (28,7%), процента объемного прироста

* В вычислении показателей принимали участие дипломники Н. В. Куклин и Г. И. Алексеев, которым автор выражает признательность.

Таблица 1

Таксационные показатели стволов древостоя	Обозначение	Коэффициент изменчивости C , %	Ошибка коэффициента изменчивости $\pm m_c$, %	Точность опыта P , %
Диаметр ствола на высоте груди в коре	$d_{1,3}$	28,7	1,5	2,0
Площадь сечения ствола на высоте груди в коре	$g_{1,3}$	60,6	3,9	4,2
Высота ствола	h	11,1	0,1	0,7
Объем ствола в коре	v_k	62,9	3,6	3,9
Объем ствола без коры	$v_{6/k}$	63,3	4,2	4,4
Второй коэффициент формы ствола в коре	q_2	7,2	0,3	0,4
Видовое число ствола в коре	f	8,9	0,4	0,6
Текущий периодический прирост диаметра ствола на высоте груди за 5 лет	$z_{d_{1,3}}$	52,5	3,2	3,7
Текущий периодический прирост площади сечения ствола на высоте груди за 5 лет	$z_{g_{1,3}}$	78,3	5,8	5,5
Элементарный прирост объема ствола ($z_v : z_{d_{1,3}}$)	z_{v_3}	36,5	2,0	2,5
Текущий периодический прирост объема ствола за 5 лет	z_v	77,3	5,7	5,4
Средний периодический процент прироста объема ствола (вычислен по формуле)	p_v	34,7	1,9	2,4

Таблица 2

Таксационные показатели	Коэффициент корреляции и его ошибки		Достоверность коэффициента корреляции t	Корреляционное отношение и его ошибки	
	r	m_r		η	m_η
$d_{1,3}$ и h	0,75	0,03	27,7	0,81	0,02
$d_{1,3}$ и v_k	0,95	0,00	44,6	0,97	0,00
$g_{1,3}$ и $v_{6/k}$	-0,96	0,00	24,8	0,96	0,01
$d_{1,3}$ и q_2	-0,17	0,06	2,9	0,19	0,06
$d_{1,3}$ и f	0,46	0,05	9,5	0,54	0,04
$d_{1,3}$ и $z_{d_{1,3}}$	0,72	0,03	21,9	0,74	0,03
$d_{1,3}$ и $z_{g_{1,3}}$	0,85	0,02	44,8	0,88	0,02
$d_{1,3}$ и z_v	0,88	0,02	54,7	0,90	0,01
$d_{1,3}$ и z_{v_3}	0,86	0,02	47,8	0,87	0,02
$d_{1,3}$ и p_v	0,34	0,06	56,4	0,38	0,06
$g_{1,3}$ и z_v	0,88	0,02	54,8	0,90	0,01
$v_{6/k}$ и z_v	0,92	0,01	83,3	0,93	0,01
$z_{d_{1,3}}$ и z_v	0,88	0,02	55,1	0,89	0,01
z_{v_3} и z_v	0,75	0,03	24,1	0,76	0,03

(34,7%) и элементарного прироста (36,5%), очень большая — текущего периодического прироста диаметра ствола (52,5%), объемного прироста (77,3%) и объема стволов (62,9%).

Примечательно, что изменчивость элементарного прироста объема стволов, а также процента объемного прироста в два раза меньше из-

менчивости текущего периодического прироста объема стволов. В связи с этим вычисление текущего периодического прироста запаса древостоя через элементарный прирост [3] или процент прироста стволов при одном и том же количестве модельных деревьев должно обеспечить большую точность, чем при непосредственном вычислении его через объемный прирост моделей.

У стоящих стволов некоторые таксационные показатели (объем и текущий периодический прирост объема ствола) недоступны для непосредственного измерения. Однако они могут быть определены по значению того легко измеряемого признака, с которым они тесно связаны. В этом случае необходимое число наблюдений устанавливается по формуле, учитывающей коэффициент корреляции между ними r [2],

$$n = \frac{C^2}{p^2} (1 - r^2).$$

В изученном древостое дуба связь между разными таксационными показателями оказалась (табл. 2):

- прямая, очень высокая между $d_{1,3}$ и v , v и z_v ($r = 0,92 \div 0,97$);
- прямая, высокая между $d_{1,3}$ и z_v , $g_{1,3}$ и z_v , z_{v_2} и z_v , $d_{1,3}$ и h , $d_{1,3}$ и $z_{d_{1,3}}$ ($r = 0,72 \div 0,88$);
- прямая, умеренная между $d_{1,3}$ и p_v ($r = 0,34$);
- обратная, умеренная между $d_{1,3}$ и f ($r = -0,46$);
- слабая, обратная между $d_{1,3}$ и q_2 ($r = -0,17$).

Любопытно, что по сравнению с 45-летним сосновым древостоем с относительной полнотой 0,7 [1] в изученном дубовом древостое изменчивость $d_{1,3}$, h и v оказалась меньше, а изменчивость q_2 , $z_{d_{1,3}}$, p_v близкой. Теснота связи между $d_{1,3}$ и h в дубовом древостое ниже, чем в сосняке, а между $d_{1,3}$ и v , $d_{1,3}$ и $z_{d_{1,3}}$, $d_{1,3}$ и z_v , $d_{1,3}$ и p_v в дубовом древостое почти такая же, как в сосняке.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. М. Л. Дворецкий. Изменчивость и взаимосвязь таксационных признаков стволов древостоя. Сборник трудов Поволжского лесотехнического института, № 52, Йошкар-Ола, 1952. [2]. М. Л. Дворецкий. Определение текущего прироста по запасу наличного древостоя с рубкой деревьев. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1961. [3]. М. Л. Дворецкий. Определение текущего прироста по запасу древостоя с рубкой небольшого числа моделей. Журн. «Лесное хозяйство» № 12, 1961. [4]. М. М. Михайлов. Изменчивость и взаимосвязь текущего прироста стволов древостоя дуба. Материалы научной конференции по вопросам лесного хозяйства, Госкомитет лесного хозяйства СМ СССР, ВНИИЛМ, М., 1970.

Поступила 17 сентября 1973 г.

УДК 634.0.232.2

ВЛИЯНИЕ ПОДГОТОВКИ ПОЧВЫ НА РАЗВИТИЕ ТРАВЯНОГО ПОКРОВА НА СВЕЖИХ НЕРАСКОРЧЕВАННЫХ ВЫРУБКАХ

В. Н. ЕРМОЛАЕВА, Г. А. ХАРИТОНОВ

Львовский лесотехнический институт

Свежие вырубки в типах D₂, D₃ быстро зарастают травяной растительностью с преобладанием ситника, кипрея и осоки волосистой. Подготовка почвы, связанная с удалением или нарушением подстилки, способствует ускоренному развитию ситника, который оказывает отрицательное влияние на саженцы. Учитывая отсутствие радикальных мер борьбы с ситником, подготовку почвы и последующий уход за культурами в данных условиях не следует проводить методами, связанными с рыхлением или удалением подстилки.

В Западной лесостепи, в силу мягкого влажного климата, вырубки в условиях свежей и влажной грабовой бучины очень быстро зарастают травяной растительностью. При отсутствии древостоя этот напочвенный покров в значительной мере влияет на местную экологическую среду и предопределяет возможности и особенности создания лесных культур ([3], [1] и др.). Формирующийся на вырубках травяной покров обычно отрицательно сказывается на развитии культур и поэтому для них необходима предварительная подготовка почвы и последующий уход.

Цель данной работы — выяснить влияние частичной подготовки почвы под лесные культуры на видовой состав, рост и развитие травяного покрова на нераскорчеванных вырубках. Для этого были заложены опытные делянки в Бобрском лесхоззаге Львовской области на сплошных вырубках, только что вышедших из-под леса в свежей и влажной грабовых бучинах; характеристика опытных участков приведена в табл. 1.

Климат района исследований умеренно-континентальный, количество осадков около 650 мм, среднегодовая температура +7,2°, коэффи-

Местонахождение участка	Характеристика насаждения			
	состав, подрост, подлесок, почва	возраст, лет	для преобладающей породы	
			высота, м	диаметр, см
Суходольское лесничество, Бобрский ЛХЗ (стационар 2)	7Бк2Г1Яв. Подрост—граб, бук, явор. Почва серая лесная, слабо-подзолистая, легкосуглинистая на лёссовидных суглинках	90	23	40
Романовское лесничество, Бобрский ЛХЗ (стационар 3)	6Бк3Г1К. Подрост—клен, граб, бук. Подлесок—редко лещина, буз. Почва темно-серая лесная, слабо-подзолистая, легкосуглинистая на лёссовидных суглинках	60	21	24

циент увлажнения 1,1. Метеорологические условия в период исследований близки к средним многолетним.

По схеме опытов предусматривались следующие варианты подготовки почвы:

- 1) площадки (1 × 1 м), приготовленные методом перештыковки почвы на глубину до 15 см;
- 2) бороздная подготовка плугом ПЛ-70 с последующей посадкой культур по пласту;
- 3) бороздная подготовка плугом ПЛ-70 с последующей посадкой культур по дну борозды;
- 4) ленты, созданные культиватором КЛБ-1,7;
- 5) контроль — участок без подготовки почвы.

Площадь каждого опытного участка 0,2 га. По подготовленной почве была произведена посадка лесных культур под лопату. В свежей грабовой бучине посажены однолетние сеянцы дуба и ясеня и двухлетние — ели и лиственницы (всего 7142 шт. на 1 га), состав 5ДЗЕ1Лц1Яс. На вырубке во влажной грабовой бучине высажено 8350 сеянцев, состав 6ДЗЕ1Яс+Лц. Ель и лиственницу высаживали двухлетними сеянцами, дуб и ясень — однолетними. В последующем на всех вариантах за лесными культурами уход был одинаков. В первый год делали 3 раза рыхление и одну обжинку; во второй год — одно рыхление и дважды обжинку. Следовательно, сравниваемые варианты культур отличались только по способам подготовки почвы.

Развитие травяного покрова на вырубке обследовали маршрутным методом. Обилие каждого представителя оценивали по шкале Г. Н. Высоцкого. К моменту подготовки почвы и посадки лесных культур травяной покров на всех участках был распространен более или менее равномерно. Общая сомкнутость 0,3—0,4. К середине вегетации первого года состояние травяного покрова на опытных делянках резко изменилось. В свежей грабовой бучине сомкнутость его достигла 0,7, а во влажной грабовой 0,9. Наиболее широко распространенные представители травяного покрова (ситник растопыренный, кипрей, осока волосистая, ежевика, звездчатка лесная) обычно образуют ассоциации, в которых преобладает какой-либо один из указанных видов. Между ними располагаются куртины разнотравья, чередуясь с участками, лишенными растительного покрова. Состав травяной растительности представлен в табл. 2.

В условиях свежей и влажной грабовой бучины через два месяца после подготовки почвы происходят изменения в составе травяной растительности, особенно в местах подготовки. По дну борозд в массо-

Таблица 1

до рубки			Характеристика опытных участков в период закладки опытов
класс бонитета	тип леса	полнота	
II	Грабовая бучина (D ₃)	0,6	Произведена сплошная рубка. Сохранен подрост граба, бука, явора. Напочвенный покров — кислица, барвинок малый, ясменник душистый, фиалка лесная и др.
II	Грабовая бучина (D ₂)	0,7	Произведена сплошная рубка, сохранен подрост клена, граба. Напочвенный покров — звездчатка лесная, ясменник душистый, чистец лесной, сныть и др.

Название растения	Обилие по шкале Н. Г. Высоцкого в периоды наблюдений		
	май 1971 г.	август 1971 г.	июль 1972 г.
Свежая грабовая бучина			
Ситник растопыренный <i>Juncus squarrosus</i> L.	e	2	3
Кипрей <i>Chamaenerion angustifolium</i> (L.) Scop.	e	2	2
Звездчатка лесная <i>Stellaria Holostea</i> L.	2	p	e
Ясменник душистый <i>Asperula odorata</i> L.	1	p	e
Чистец лесной <i>Stachus silvatica</i> L.	1	p	e
Кислица обыкновенная <i>Oxalis acetosella</i> L.	1	p	e
Сныть обыкновенная <i>Aegopodium podagraria</i> L.	e	e	e
Осока волосистая <i>Carex pilosa</i> Scop.	e	e	p
Ежевика <i>Rubus caesius</i> L.	e	e	p
Зверобой продырявленный <i>Hypericum perforatum</i> L.	e	p	p
Фиалка лесная <i>Viola silvestris</i> Lam.	e	e	e
Влажная грабовая бучина			
Ситник растопыренный <i>Juncus squarrosus</i> L.	e	3	4
Кипрей <i>Chamaenerion angustifolium</i> (L.) Scop.	e	1	1
Осока волосистая <i>Carex pilosa</i> Scop.	e	1	p
Ежевика <i>Rubus caesius</i> L.	—	p	p
Копытень европейский <i>Asarum europaeum</i> L.	1	p	p
Ясменник душистый <i>Asperula odorata</i> L.	1	p	p
Зубянка железная <i>Dentaria glandulosa</i> W. K.	1	p	e
Барвинок малый <i>Vinca minor</i> L.	p	p	p
Звездчатка лесная <i>Stellaria Holostea</i> L.	e	e	e
Кислица обыкновенная <i>Oxalis acetosella</i> L.	e	e	e
Сныть обыкновенная <i>Aegopodium podagraria</i> L.	e	e	e
Щитовник мужской <i>Dryopteris filix mas</i> (L.) Schott.	e	e	e

вом количестве развивается ситник, появляется он также на лентах, подготовленных КЛБ-1,7, и площадках. Замечено, что любое случайное поранение почвы, связанное с нарушением подстилки, вызывает быстрое распространение ситника.

В вариантах, где не было подготовки почвы и сохранена подстилка, ситник не развивается. На этих участках появляется кипрей, который, разрастаясь, образует куртины. В зарослях кипрея ситника нет вообще, очевидно, в силу отрицательного межвидового взаимодействия в сочетании с обработкой почвы.

В микропонижениях, появившихся в результате подготовки почвы, например, по дну борозд, успешно развивается осока волосистая. К началу вегетации второго года культур, как в типе D₂, так и в D₃ сомкнутость напочвенного покрова на всех участках достигла 1 балла. Ситник к этому времени занимает около 70% всей территории, вытесняя другие растения (кроме кипрея). В наземной части ситник образует густую щетину зеленых стеблей, препятствующих росту и развитию саженцев. Основная масса его корней (около 80%) располагается в верхнем слое почвы до глубины 15—20 см, задерняя и уплотняя ее. Под этим ярусом корней других растений нет. Ситник увеличивает кислотность почвы, содержание подвижного алюминия и уменьшает содержание подвижного фосфора, о чем свидетельствуют результаты анализов, приведенных в табл. 3.

Ситник отрицательно влияет на инфильтрацию почвы, заполняя корнями почвенные поры. Коэффициент водопоглощения почвы в зоне

Таблица 3

Место отбора образцов	pH солевой вытяжки	Гидролитическая кислотность по Каппену	Al по Соколову, мг на 100 г почвы	P ₂ O ₅ по Кирсанову, мг на 100 г почвы
В зоне размещения корней ситника	4,2	13,9	19,1	5,1
На расстоянии 1—4,5 м от зоны размещения корней ситника	4,5	12,0	15,3	8,3

размещения корней ситника составляет 0,8 мм/мин, в то время как вне этой зоны 3,9 мм/мин (в среднем за часовой период).

Для определения размеров накопления органической массы преобладающими травяными растениями были заложены пробные площадки размером 1 м² в ассоциациях ситника, кипрея и осоки волосистой, повторность 3—5-кратная. Было установлено, что к концу второй вегетации культур надземная масса ситника в среднем составляет в типе D₃ 650—700 г, а в типе D₂ 580—600 г на 1 м² в воздушно сухом состоянии. Органическая масса кипрея в воздушно сухом состоянии на второй год культур составляет в типе D₂ — 700 г, а в типе D₃ — 650 г на 1 м², при этом на долю листьев приходится 20% от веса всей массы.

Органическая масса осоки волосистой накапливается значительно медленнее: во вторую вегетацию культур в типе D₃ 270—300 г воздушно сухой массы на 1 м².

Таким образом, ситник является наиболее злостным антагонистом культур на вырубках в типах D₂ и D₃. Наиболее интенсивно он появляется на местах, где удалена и нарушена подстилка. Вероятно, подстилка задерживает мелкие семена ситника, которые не прорастают, так как верхний слой подстилки быстро пересыхает. Кроме этого, в подстилке накапливаются токсические вещества, препятствующие прорастанию травянистой растительности и угнетающие их развитие [4].

Подготовка почвы в виде площадок, лент, борозд, связанная с полной или частичной ликвидацией подстилки, создает наиболее благоприятные условия для появления ситника. В литературе [5] для борьбы с ситником рекомендуется использовать далапон или его производные. Однако по исследованиям других авторов [2], далапон отрицательно влияет не только на травяную растительность, но и на саженьцы, поэтому целесообразно применять его для борьбы с ситником в культурах.

Из приведенного обзора следует, что при искусственном лесовосстановлении в условиях свежей и влажной грабовой бучины не следует удалять верхний слой почвы, а также подстилку, даже частично.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Г. Н. Бурдуков. Изучение роста и развития культур сосны и ели в ранние годы и разработка агротехники их выращивания в Кировской области. Автореферат кандидатской диссертации, Свердловск, 1968. [2]. В. П. Лавров, Г. А. Харитонов и др. Научный отчет по применению удобрений и гербицидов в Карпатах, 1966. [3]. И. С. Мелехов. Рубки главного пользования. Гослесбумиздат, М., 1963. [4]. Е. В. Рунов, Е. С. Кудрина. Влияние лесных насаждений на микрофлору черноземов сухой степи. Труды Института леса АН СССР, т. XXIII, 1954. [5]. A. Garzelak, Z. Rychlinski. Chemiczne zwalczanie chwastów w lesnictwie. PWPiL, Warszawa, 1968.

Поступила 3 декабря 1973 г.

УДК 631.31

К ВОПРОСУ О РАЗРАБОТКЕ ЗОНАЛЬНЫХ ПОПРАВОЧНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ К НОРМАМ РАСХОДА ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ ДЛЯ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН

А. И. КУТЕПОВ, В. Н. ВИНУКUROB

Московский лесотехнический институт

Излагается методика расчета поправочных зональных коэффициентов к общесоюзным нормам расхода запасных частей к лесохозяйственным машинам по данным реализации деталей за 3—5 лет. По этой методике определены зональные поправочные коэффициенты к быстро изнашивающимся деталям тракторных плугов для союзных республик. Эти коэффициенты могут быть использованы при распределении запасных частей.

В настоящее время запасные части к лесохозяйственным машинам распределяются по административным районам в соответствии с установленными среднесоюзными нормами, с учетом наличия марочного состава машин. При этом не принимаются во внимание почвенно-климатические условия отдельных зон страны и хозяйственные условия эксплуатации машин. Поэтому возникает необходимость в разработке поправочных коэффициентов к среднесоюзным нормам расхода запасных частей, которые учитывали бы зональные особенности эксплуатации машин.

На износ и расход деталей влияют многие факторы: механический состав и каменистость почв, длина гонов, конфигурация и рельеф полей, увлажненность, закустаренность и корнистость участков и др. Все эти факторы можно отнести к двум основным группам. В первую группу входят факторы, характеризующие почвенно-климатические условия эксплуатации машин: тип и механический состав, твердость, влажность почвы, наличие каменистых включений и др.; во вторую — факторы, определяющие условия эксплуатации машин и влияющие на производительность машин и общий объем выполняемой ими работы.

Факторы первой группы характеризуют абразивные свойства почвы, которые оцениваются коэффициентом ее изнашивающей способности. Все факторы второй группы в конечном счете влияют на сезонную наработку машин, которую следует учитывать при распределении запасных частей. Для установления коэффициентов изнашивающей спо-

Таблица 1

Механический состав почвы	Интенсивность износа, г/га		
	лемехов	отвалов	полевых досок
Песчаная	71,5	40,6	23,7
Супесчаная	56,8	22,2	21,6
Легкосуглинистая	41,0	11,6	11,2
Среднесуглинистая	27,5	5,4	6,7
Тяжелосуглинистая	15,8	3,1	4,2

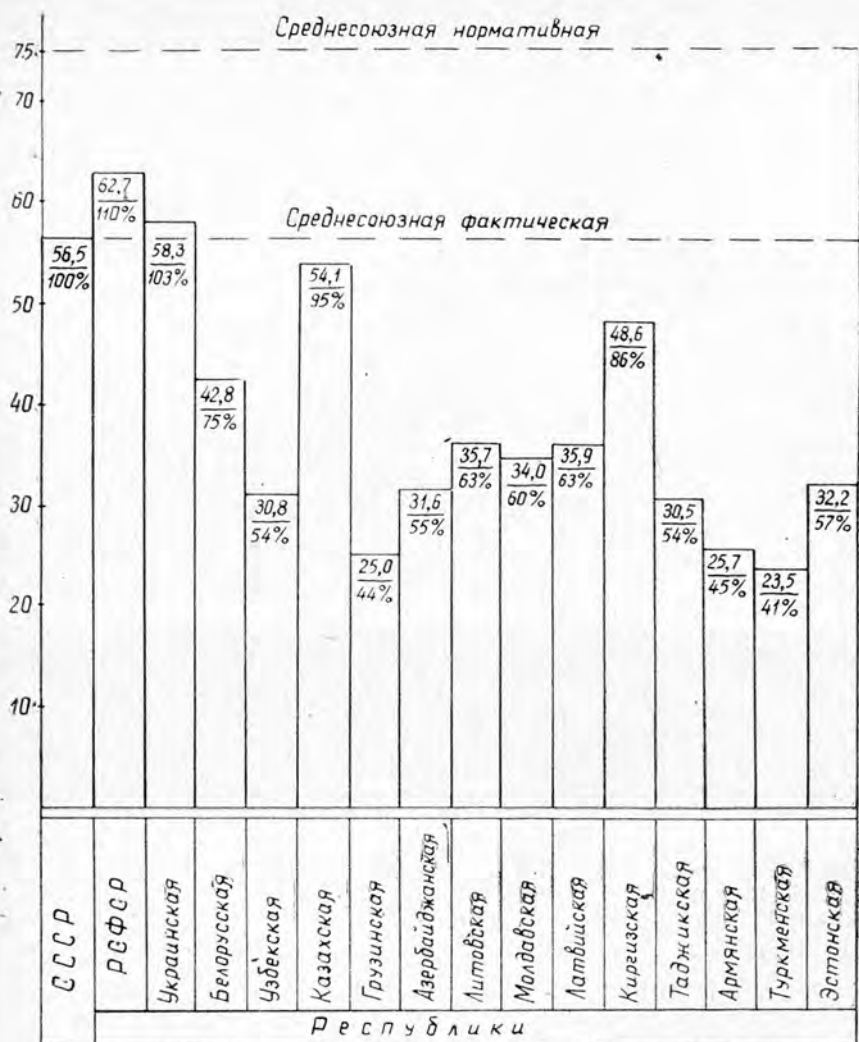


Рис. 1.

способности почв мы исследовали износ плужных лемехов, отвалов и полевых досок в разных почвенных условиях. В результате были получены значения интенсивности износа указанных деталей при работе на почвах разного механического состава (табл. 1).

Как видно из данных таблицы, изнашивающая способность пахотных почв изменяется в больших пределах. В одних районах можно встретить почвы разного механического состава, поэтому для корректировки общесоюзных норм расхода запасных частей необходимо иметь усредненные по административным районам значения коэффициентов изнашивающей способности почв. Такие коэффициенты следует определять с учетом удельного веса почв разного механического состава.

Для изучения влияния наработки машин на расход запасных частей мы проанализировали данные по объемам выполненной работы во всех республиках СССР. Первоначально определяли среднегодовой

объем работы в физических гектарах, выполненный плугами общего назначения за три последних года по всем республикам и в целом по стране. Затем устанавливали парк плугов общего назначения в одно-корпусном исчислении. По этим данным получали физическую наработку в расчете на один корпус и на каждый тип плуга (рис. 1). Как видно, сезонная наработка на плуги общего назначения (в расчете на один корпус) изменяется в широких пределах. Только в трех республиках (РСФСР, УССР и Каз. ССР) значение наработки плугов близко к общесоюзному. В большинстве других республик она ниже общесоюзной в 1,5—2 раза.

Обобщенных данных по характеристике изнашивающей способности почв нет, поэтому мы предлагаем методику определения зональных поправочных коэффициентов по данным реализации деталей. За основу такого расчета принимаются данные реализации деталей в течение 3—5 лет и только по тем запасным частям, по которым имеется не менее чем 30% -ный переходящий запас.

Для получения сопоставимых данных устанавливают расход деталей в расчете на объем выполненных работ. Например, при подсчете коэффициентов на детали плугов за единицу объема принимают гектар пашни. По расходу деталей на единицу выполненного объема работ в различных зонах, областях или районах устанавливают коэффициенты зональности. При этом за единицу принимают расход деталей в целом по области (если коэффициенты находят для отдельных хозяйств).

Пользуясь приведенной методикой, мы определяли зональные поправочные коэффициенты к нормам расхода быстро изнашивающихся деталей тракторных плугов для союзных республик. Для этого были обработаны данные их реализации за 1966—1970 гг. по союзным республикам и в целом по стране. По каждой детали годовой расход находили как сумму остатка их от предыдущего года и поступления за текущий год за вычетом остатка деталей на конец года. В расчет принимали данные только по тем запасным частям, переходящий запас которых был не менее 30% от годовой их потребности. Затем по данным МСХ СССР определяли годовые объемы пашни в целом по стране и по республикам. На основании этих данных подсчитывали расход деталей в расчете на 1000 га пашни.

Таблица 2

Республика	Количество израсходованных деталей на 1000 га пашни			Поправочные коэффициенты для		
	лемехов	отвалов	полевых досок	лемехов	отвалов	полевых досок
РСФСР	69,2	7,0	15,8	0,90	0,88	1,03
Украинская	49,8	7,1	13,5	0,65	0,90	0,88
Белорусская	266,5	21,1	31,5	3,46	2,67	2,06
Узбекская	165,3	12,4	19,9	2,15	1,57	1,30
Казахская	54,9	5,8	9,1	0,71	0,73	0,60
Грузинская	270,0	17,2	22,5	3,51	2,18	1,47
Азербайджанская	148,9	10,7	19,0	1,94	1,35	1,24
Литовская	349,7	31,8	40,3	4,55	4,02	2,63
Молдавская	63,0	10,0	27,3	0,82	1,26	1,78
Латвийская	302,3	22,4	25,7	3,93	2,83	1,63
Киргизская	239,8	14,3	38,3	3,12	1,81	2,50
Таджикская	274,0	15,7	21,1	3,56	1,98	1,38
Армянская	377,0	11,5	21,2	4,90	1,45	1,38
Туркменская	157,5	6,3	21,1	2,05	0,80	1,38
Эстонская	330,9	34,0	27,4	4,30	4,30	1,80
В целом по СССР	76,9	7,9	15,3	1,00	1,00	1,00

В результате проведенной работы были получены данные о реализации запасных частей. Значение удельного расхода рабочих деталей плугов по республикам и в целом по стране приведено в табл. 2. На основании этих данных установлены коэффициенты зональности по всем республикам. За единицу принят удельный расход деталей в целом по стране в расчете на 1000 га пашни. Полученные значения коэффициентов зональности также представлены в табл. 2. Аналогичным образом могут быть определены коэффициенты и рассчитаны зональные нормы расхода как для областей, административных районов, так и для отдельных предприятий лесного хозяйства.

Поступила 5 ноября 1973 г.

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 634.0.378.1.001.5

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОТРЫВА ПЛАВАЮЩЕГО ГРУЗА ОТ ПОКОЯЩЕЙСЯ ЖИДКОСТИ

Ю. В. ЛОБАНОВ, П. Ф. ВОЙТКО, В. Г. ГРУДАЧЕВ

Марийский политехнический институт

Приведены материалы по оптимизации процесса отрыва плавающего груза от покоящейся жидкости. Построена математико-статистическая модель зависимости максимальных усилий, возникающих при подъеме пучка бревен из воды, от значимых факторов.

В связи с планируемым увеличением объемов сплава круглых лесоматериалов в плотках и перевозок в судах особо важное значение приобретают вопросы эффективного использования пружоподъемных машин, занятых на выгрузке пучков (пакетов) бревен из воды.

В настоящей работе решается задача оптимизации процесса отрыва сортиментного пучка от покоящейся жидкости. В качестве критерия оптимизации нами была принята разность между максимальным усилием подъема (без учета динамических колебаний) и весом поднимаемого груза. Если принять во внимание, что усилие в грузовом канате достигает максимума приблизительно в момент отрыва пучка бревен от воды, выталкивающая сила при этом равна нулю, а движение груза становится равномерным, то указанная разность представляет собой сумму гидромеханических сил: сопротивления воды движению груза и веса остаточной жидкости внутри пучка [1], [3]. С целью повышения эффективности исследований применяли математическую теорию планирования эксперимента [6]. Предварительные экспертные оценки и отсеивающие эксперименты, проведенные в лабораторных условиях на моделях в масштабе 1:10 по классическому методу [7], позволили выявить из 14 факторов, включенных в матрицу планирования опытов, девять существенно влияющих на гидромеханические силы: скорость подъема X_1 , объем пучка X_2 , длина бревен X_3 , диаметр бревен X_4 , коэффициент формы пучка X_5 , угол взаимного расположения бревен в пучке X_6 , угол наклона поднимаемого груза к горизонту воды X_7 , отношение глубины воды в дворике к осадке пучка X_8 , отношение площади акватории воды в дворике к площади миделя пучка X_9 . Остальные факторы были отнесены к «шумовому полю», которое лимитировалось точностью измерения тензометрической аппаратурой усилия подъема [4].

Для построения математико-статистической модели использовали метод ортогональных латинских квадратов [7]. Исследования были проведены по девяти перечисленным выше факторам, которые варьировались на пяти уровнях (табл. 1).

Все остальные факторы были зафиксированы на некоторых уровнях, обусловленных технологическими и экономическими соображениями: вид моделей — пучки из точеных сосновых цилиндров; объемный вес их $0,8 \text{ кг/дм}^3$; шероховатость поверхности цилиндров 2 мм ; высота подъема груза 2 м ; угол отклонения груза от оси подъема 0° .

Таблица 1

Уровни	Выбранные факторы								
	X_1 , см/сек	X_2 , дм ³	X_3 , см	X_4 , см	X_5	X_6 , град	X_7 , град	X_8	X_9
-2	3,2	5	45	1	1,0	60	0	1,0	1,7
-1	6,3	10	55	2	1,2	65	3	1,5	4,4
0	14,5	15	65	3	1,4	70	7	2,0	11,4
+1	24,0	25	85	4	1,7	80	17	3,0	29,0
+2	47,5	40	100	5	2,0	90	45	4,0	75,0

По обработанным экспериментальным данным построена математико-статистическая модель зависимости суммы гидромеханических сил, отнесенных к весу поднимаемого груза, от варьируемых факторов

$$\frac{\hat{Y}}{10^{-5}} \% = 3667 - 67X_7 + 1767X_1 - 32,5X_1X_7 + \frac{155797 + 75066X_1 - 2859X_7 - 1377X_1X_7}{X_4} \quad (1)$$

Отсутствие факторов $X_2, X_3, X_5, X_6, X_8, X_9$ в уравнении (1) объясняется тем, что в результате дисперсионного анализа экспериментальных данных [2] они оказались незначимыми и были отнесены к «шумовому полю» (табл. 2).

Таблица 2

Источник изменчивости	Число степеней свободы	Сумма квадратов	Дисперсия	Математическое ожидание дисперсии	Сила влияния фактора	F
X_1	4	458,791	114,697	143,794	0,545	32,984
X_2	4	88,585	22,146	44,393	0,091	1,325
X_3	4	120,912	30,228	54,495	0,124	1,808
X_4	4	293,200	73,300	95,030	0,356	21,527
X_5	4	23,262	5,815	10,674	0,028	1,707
X_6	4	30,433	7,608	12,915	0,036	2,234
X_7	4	168,600	42,150	69,398	0,173	2,522
X_8	4	9,143	2,285	4,767	0,088	2,383
X_9	4	7,517	1,879	4,260	0,019	2,220

Примечание. $F_{0,05} = 3,8$.

Шумовое поле представляло собой зону 5%-ных отклонений оптимизируемого параметра Y от веса поднимаемого груза G_1 . Уравнение (1) подвергалось статистическому анализу по типовой схеме для уравнений регрессии второго порядка [5]. Полученные в результате анализа и табличные значения критерия Фишера показали, что в уравнении (1) первые два линейных коэффициента незначимы, остальные значимы

$$\frac{\hat{Y}}{10^{-5}} \% = 1767X_1 - 32,5X_1X_7 + \frac{155797 + 75066X_1 - 2859X_7 - 1377X_1X_7}{X_4} \quad (2)$$

Из выполнения условия $F_{ад} < F_{0,05}$ ($F_{ад} = 0,62$; $F_{0,05} = 2,12$) следует, что аппроксимирующая модель (2) адекватно описывает процесс отрыва плавающего пучка бревен от покоящейся жидкости.

Поверхность отклика функции оптимизируемого параметра \hat{Y} , описываемая математико-статистической моделью (2), представляет собой трехмерную поверхность второго порядка и, с точки зрения ее экстремальных характеристик, допускает большое разнообразие. В результате исследования уравнения (2) установлены оптимальные значения варьируемых факторов: $X_1 = 0,897$ см/сек; $X_4 = 4,588$ см; $X_7 = 54,5^\circ$, при которых оптимизирующий параметр составляет $3,8 \cdot 10^{-5} \% G_1$. Полученные оптимальные независимые переменные X_1 и X_7 лежат за областью эксперимента, определяемой ограничениями $3,2 < X_1 < 47,5$ см/сек; $1 < X_4 < 5$ см; $0^\circ > X_7 > 45^\circ$.

На границе области эксперимента $X_1 = 3,2$ см/сек; $X_4 = 5$ см; $X_7 = 45^\circ$ минимальный оптимизирующий параметр составляет $0,15 \% G_1$. Максимальный оптимизирующий параметр равен $38,05 \% G_1$ при $X_1 = 47,5$ см/сек; $X_4 = 1$ см; $X_7 = 0^\circ$. В результате исследования района условного экстремума функции \hat{Y} найдено геометрическое место точек на поверхности отклика, в которых, при различных X_1 и X_4 (если $X_7 = 45^\circ$), критическое значение оптимизирующего параметра не превышает $6,25 \% G_1$.

Полученное уравнение (2) позволяет прогнозировать возможные величины влияния гидромеханических сил на максимальное усилие подъема пучка бревен из воды

$$F_{max} = G_1 \left[1 + 10^{-4} \left(0,91X_1 - 0,02X_1X_7 + \frac{1557,98 + 396,2X_1 - 28,6X_7 - 7,27X_1X_7}{X_4} \right) \right]. \quad (3)$$

Так, например, при подъеме пучка бревен ($G_1 = 30$ Т; $X_4 = 10$ см; $X_7 = 0^\circ$) из воды электрическим мостовым краном КМ-3076 ($X_1 = 28$ м/мин) в грузовом канате возникает максимальное усилие (без учета динамических колебаний), равное 34 Т. Поскольку ограничители перегрузки устанавливаются на номинальную величину грузоподъемности крана, то уменьшение оптимизирующего параметра \hat{Y} позволяет сократить энергозатраты на подъем номинального груза, повысить полезную грузоподъемность труда на выгрузке круглых лесоматериалов из воды в пучках (пакетах).

Таким образом, математико-статистическая модель (3), полученная в результате оптимизации процесса отрыва плавающего груза от покоящейся жидкости, дает хорошее приближение к экспериментальным данным, полученным в лабораторных условиях. Исследование модели (3) показало ее эффективность для практических расчетов.

Задачей дальнейших исследований является проверка полученных результатов в производственных условиях.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] М. В. Борисов и др. Исследование усилий в грузовом канате крана при подъеме пучка бревен из воды. Труды ВКНИИВОЛТ, вып. X, 1971. [2] К. А. Браунли. Статистические исследования в производстве. ИЛ, М., 1949. [3] П. Ф. Войтко. Методика и некоторые результаты натуральных исследований усилий, возникающих при подъеме пучка бревен из воды. Вторая научно-техническая конференция по лесосилу, ЦНИИЛесосплава, Л., 1972. [4] Ю. И. Иорш. Виброметрия. Измерение вибрации и ударов. Общая теория, методы и приборы. Машгиз, М., 1965. [5] А. К. Митропольский. Техника статистических вычислений. Физматгиз, М., 1971. [6] В. В. Налимов, Н. А. Чернова. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. Изд-во «Наука», М., 1965. [7] М. М. Протодьяконов, Р. И. Тедер. Методика рационального планирования эксперимента. Изд-во «Наука», М., 1970.

УДК 634.0.372

К ОБОСНОВАНИЮ БЕЛИЧИНЫ ЗАПАСА ПРОЧНОСТИ НЕСУЩИХ КАНАТОВ ПОДВЕСНЫХ ЛЕСОТРАНСПОРТНЫХ УСТАНОВОК И КАНАТНЫХ ДОРОГ

Н. М. БЕЛАЯ, А. Г. ПРОХОРЕНКО

Львовский лесотехнический институт

Изложены результаты многолетних исследований выносливости несущих канатов прядевой конструкции при различных натяжениях и величинах поперечной нагрузки. Каждой конструкции каната соответствуют вполне определенные значения запасов прочности и поперечной нагрузки. Чем меньше поперечная нагрузка, тем меньший следует назначать запас прочности и тем больше долговечность каната.

Обоснование запаса прочности несущих канатов, удовлетворяющего всему комплексу условий работы на подвесных лесотранспортных установках, — одна из основных задач дальнейшего совершенствования канатного транспорта, поэтому ее решение привлекает внимание многих отечественных и зарубежных ученых.

В докладе Р. Ветштейна (Австрия) на V международном симпозиуме по проблеме лесозаготовительных работ в горных районах, проведенном в СССР в 1971 г., обобщены данные 12 стран мира по вопросу о выборе запасов прочности канатов лесотранспортных канатных систем и показано, что величина запаса прочности n для всех типов канатов, применяемых на лесозаготовительных работах, колеблется весьма широко [13] и мнения специалистов о коэффициенте безопасности проволочных канатов очень различны [8].

Обычно при проектировании конструкций и механизмов к выбору коэффициента запаса n принято подходить по условию прочности в зависимости от ответственности конструкции. Опыт эксплуатации несущих канатов подвесных систем показал, что для назначения запасов прочности несущих канатов этот принцип неприемлем. Оказалось, что со снижением n до определенного предела сроки службы несущих канатов увеличиваются [2], [3], [6], [9], [11], [12].

Возможны два варианта работы канатов: когда при большом запасе прочности каната срок его службы сравнительно невелик и когда при малом запасе прочности срок службы в 2—3 раза больше. Исследователь должен найти наиболее приемлемый вариант.

Очевидно, для производства представляет больший интерес второй вариант, обеспечивающий повышенную долговечность каната, так как эффективность установки при этом повышается. Нужно только, чтобы была обеспечена безопасность работы.

Отсюда следует, что максимально возможный срок службы несущего каната можно обеспечить лишь при условии, что оптимальный запас его прочности n будет назначаться исходя из двух критериев: прочности и долговечности.

Для подвесных лесотранспортных установок «Временной инструкцией по выбору, расчету и эксплуатации канатов...» [7] запас прочности несущих канатов был установлен равным $n = 2,5$. Однако на

практике это указание, как правило, не соблюдалось, фактические запасы прочности несущих канатов оказались значительно ниже [1], [2], [4].

Последующие исследования показали, что снижение запасов прочности до $n = 1,7 \div 2,2$ значительно увеличивает долговечность канатов; при этом создаются условия для большей безопасности работы лесотранспортных установок [1] — [3], [6], [11], [12].

Это обстоятельство, весьма важное для дальнейшего совершенствования канатного транспорта в целом, выходит за пределы интересов лесной промышленности и еще раз подтверждает необходимость быстрого перехода к выбору канатов по прочности и долговечности.

На протяжении последних 50 лет наблюдается устойчивая тенденция к снижению запасов прочности несущих канатов [9]. До последнего времени она основывалась, как правило, на опыте эксплуатации канатных систем и не имела достаточного научного обоснования.

Нами были опубликованы рекомендации о возможности и целесообразности снижения запасов прочности несущих канатов подвесных лесотранспортных установок типа ВТУ-3 до $n = 1,8 \div 2,2$, для канатов диаметром 22—25 мм. Рекомендации имели соответствующее научное обоснование и были подтверждены многолетней практикой эксплуатации подвесных установок [1] — [4], [6], [10] — [12]. Однако для возможности их распространения на более широкий круг установок и канатов других размеров требовалась дальнейшая проверка и уточнение.

Для изучения основных закономерностей изменения долговечности стальных канатов, в зависимости от условий работы, в канатной лаборатории Львовского лесотехнического института были проведены исследования выносливости канатов двух типов: 25,5-Г-В-Н-160, ГОСТ 2688—69 с суммарным разрывным усилием $T_{\text{разр}} = 33,15 T$ и опытного каната диаметром 30 мм конструкции 18X(4+8)+12(4+8)+6(4+8)+1 о.с. с суммарным разрывным усилием $T_{\text{разр}} = 91,60 T$. Испытания проводили на пробежных машинах при минимальной интенсивности работы канатов [5].

Долговечность исследовали в диапазоне изменения натяжения канатов $9,5 \leq T \leq 22,0 T$ и поперечной нагрузки $0,5 \leq V \leq 2,0 T$. Канаты ГОСТ 2688—69 испытывали грузовыми каретками с одним и двумя катками $D = 170$ мм, с твердостью материала обода $H_{RC} = 50 \div 55$; опытный канат — кареткой с одним катком $D = 170$ мм.

По данным результатов исследований на график с координатами T и V были нанесены опытные точки выносливости канатов в тысячах проходов грузовой каретки, соответствующие определенным значениям натяжения каната T и поперечной нагрузки V и получено соответствующее поле точек I_i с координатами T_i и V_i (рис. 1). Это поле явилось основой для построения серии интерполяционных кривых $I = j(T, V, k)$, здесь k — число катков каретки, соответствующих определенной выносливости канатов.

Из графиков следует, что долговечность несущих канатов зависит от величины и характера распределения нагрузки на каток. При этом все кривые подобны по форме и подчиняются общей, вполне определенной закономерности.

Это позволяет сделать общий вывод: каждой конструкции каната, в зависимости от заданного натяжения T , соответствует вполне определенная, оптимальная величина поперечной нагрузки V , или для каждой заданной поперечной нагрузки V существует оптимальное значение натяжения каната T , а значит и запаса прочности n .

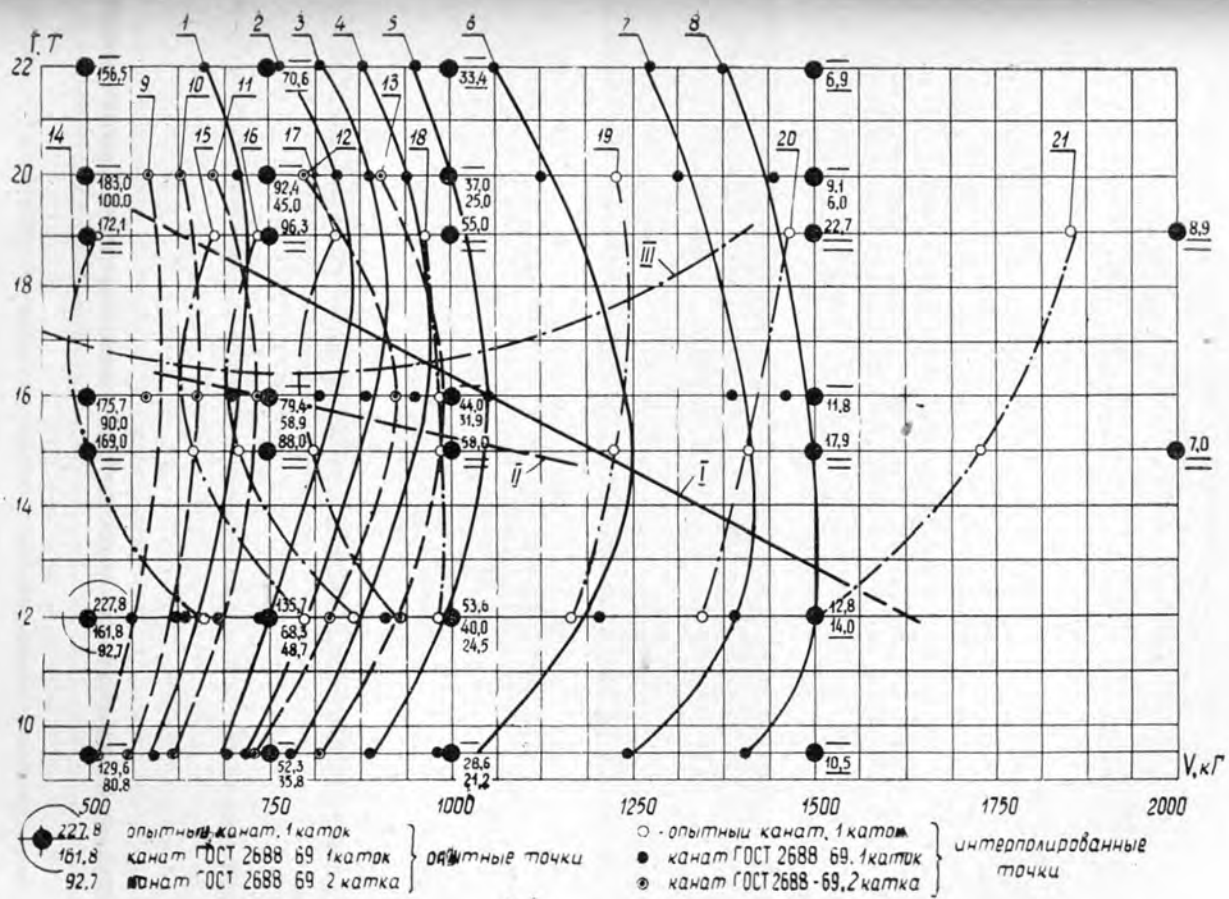


Рис. 1. График $I = f(T, V, k)$ каната ГОСТ 2688-69 $I = 25,5$ мм и опытного каната $d = 30$ мм.

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 — кривые выносливости каната ГОСТ 2688-69; соответственно $I = 100, 70, 60, 50, 40, 30, 20, 14$ тыс. проходов каретки с одним катком; 9, 10, 11, 12, 13 — кривые выносливости каната ГОСТ 2688-69; соответственно $I = 80, 70, 60, 40, 32$ тыс. проходов каретки с двумя катками; 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 — кривые выносливости опытного каната; соответственно $I = 169, 120, 100, 80, 60, 40, 25, 12, 8$ тыс. проходов каретки с двумя катками.

Так, для каната ГОСТ 2688—69, $d = 25,5$ мм, при $V = 550 \div 700$ кг оптимальное натяжение $T = 18,5 T$. Долговечность каната при этом составляет $I = 100$ тыс. проходов и запас прочности $n = 1,8$ (кривая 1). Судя по кривой 1, любое отклонение от оптимальных значений T и V для данного каната приводит к ухудшению условий его работы. Кривая 1 построена для каната, загруженного кареткой с одним катком. Кривая 2, для тех же условий, соответствует $I = 70$ тыс. проходов и $n = 1,9$; кривая 3 — $I = 60$ тыс. проходов, $n = 1,95$; кривая 7 — $I = 20$ тыс. проходов, $n = 2,30$; кривая 8 — $I = 14$ тыс. проходов, $n = 2,58$; кривая 9 построена для того же каната, но загруженного кареткой с двумя катками, $I = 80$ тыс. проходов, $n = 2,06$; кривая 10 — для тех же условий, $I = 70$ тыс. проходов и $n = 2,1$. Эти данные еще раз подтверждают правильность ранее предложенных авторами рекомендаций по назначению для таких канатов запасов прочности в пределах $n = 2,0 \div 2,1$ [2], [3], [6], [12].

По данным графика, в пределах колебаний заданного натяжения каната T можно определить рекомендуемое значение поперечной нагрузки V . Например, для каната ГОСТ 2688—69, при двух катках в каретке и долговечности каната $I = 80$ тыс. проходов, рекомендуемое значение нагрузки на каток должно находиться в пределах $V = 500 \div 600$ кг. В пределах изменения натяжения $T = 12 \div 20 T$ выносливость каната практически не изменяется и можно предположить, что эта зона кривой 9, при двух катках соответствует оптимальной поперечной нагрузке. При увеличении поперечной нагрузки до $V = 750 \div 900$ кг оптимальное натяжение $T = 15,2 T$ и соответствует запасу прочности $n = 2,18$.

При более высоких значениях поперечной нагрузки, равных $V = 1000 \div 1200$ кг, оптимальный запас прочности каната увеличивается до $n = 2,14 \div 2,28$, а при $V = 1500$ кг достигает $n = 2,6$.

Работа опытного каната $d = 30$ мм в пределах изменения натяжения $T = 12 \div 20 T$ и поперечной нагрузки $V = 500 \div 2000$ кг характеризуется большими колебаниями выносливости и только при $V = 1000$ кг (кривая 18) показывает сравнительно малое изменение значения долговечности $I = 40$ тыс. проходов. По-видимому, в пределах приведенных значений натяжения такого типа канатов поперечная нагрузка не должна превышать $V = 1000$ кг.

Характер изменения кривых для этого каната при других значениях V показывает, что оптимальный запас прочности при поперечных нагрузках $1500 \leq V \leq 2000$ кг можно предполагать равным $n = 3,0 \div 4,0$, что будет соответствовать натяжению $T = 30,0 \div 35,0 T$. При малых давлениях на каток $500 \leq V \leq 750$ кг и $8 \leq T \leq 10 T$ для этого каната $n \approx 5 \div 10$.

Сравнивая испытания каната одним и двумя катками при примерно равном числе проходов каретки $I = 60$ тыс. (кривые 3 и 11), можно сказать, что эти случаи загрузки имеют различные оптимальные значения V и n . Для одного катка оптимальное значение $V = 900$ кг (кривая 3), а для двух $V = 750$ кг (кривая 11). При загрузке одним катком $n = 1,95$, а двумя катками $n = 2,12$ *.

Очевидно, на напряженное состояние материала проволоки, находящейся в зоне контакта пары канат — каток, влияет также и число катков каретки. При двух катках в каретке зоны распространения изгибных напряжений перекрываются [9], [10]. Можно полагать, что при этом понижаются суммарные (предельные) напряжения изгиба и

* Здесь рассматривается только работа каната под катком без оценки количества грузов, которое может быть перевезено при различных конструкциях каретки.

контакта, и благоприятные условия работы каната обеспечиваются при малом натяжении, то есть по условиям работы с двумя катками канат приближается к монолитному стержню при меньшем осевом растяжении.

Верхние точки кривых $I = f(T, V, k)$ с максимальным значением поперечной нагрузки можно рассматривать так же, как точки значений T/V , которым соответствуют наиболее благоприятные условия работы каната при определенных n , и, по-видимому, оптимальное значение суммарных или приведенных напряжений, вызванных совместным воздействием силовых факторов в канате в процессе его работы.

Соединив точки оптимальных значений T/V всех однотипных кривых, получим результирующие графические зависимости I , II , III которые определяют законы изменения напряженного состояния материала проволок и характер влияния на работу исследованных канатов суммарных напряжений от растяжений, изгиба и контакта при изменении T и V . Кривые I , II , III представляют собой синтез полученных результатов исследования. Верхняя точка линии I соответствует поперечной нагрузке $V = 720$ кг и натяжению $T = 18,5 T$ или $n = 1,8$. Эта точка определяет максимум силового воздействия на канат. Выше $T = 18 \div 19 T$ канат растягивать не следует, чтобы результирующие напряжения в материале по условию безопасности не превысили предельного значения.

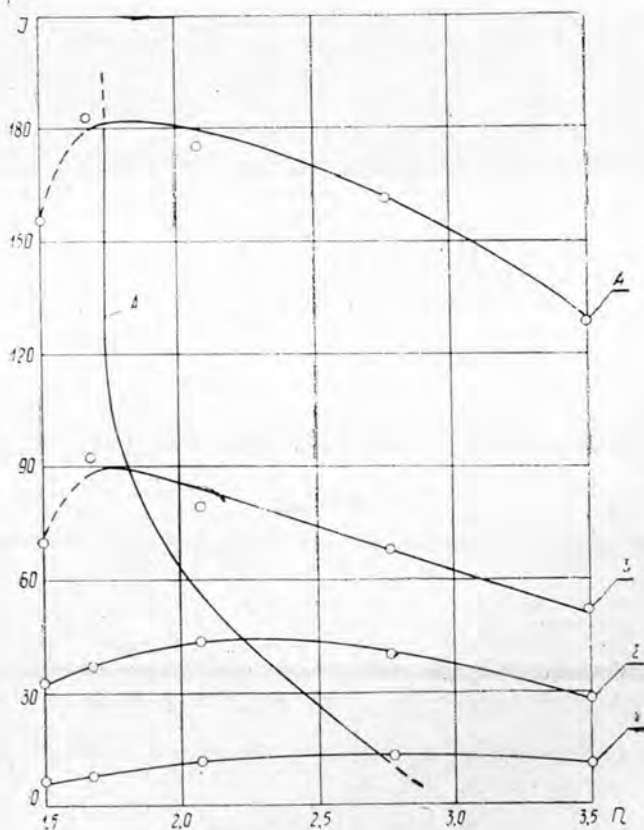


Рис. 2. График $I = f(n)$ при различных величинах поперечной нагрузки для каната ГОСТ 2688-69.

1 - $V = 1500$ кг; 2 - $V = 1000$ кг; 3 - $V = 750$ кг; 4 - $V = 530$ кг.

Кривые *I* и *II* в первом приближении приняты линейными, а кривая *III* имеет ярко выраженный криволинейный характер. Весьма вероятно, что для других типов канатов, особенно при изменении предела прочности материала проволоки σ_n характер зависимостей *I*, *II*, *III* может значительно измениться. Принципиальное значение полученных зависимостей весьма существенно. Очевидно, они представляют собой физическую границу, за пределами которой увеличение натяжения будет вызывать снижение долговечности каната и степени надежности его работы. Для всех точек кривых $I = f(T, V, k)$ — рис. 1, расположенных выше линий *I*, *II*, *III*, долговечность канатов уменьшается при одновременном снижении безопасности. В точках, соответствующих максимальным значениям *V*, график *II* расположен значительно ниже *I* и максимальное значение поперечной нагрузки для него составляет $V \approx 600$ кг. Интуитивно можно предположить, что для исследуемого каната, нагруженного кареткой с четырьмя катками, оптимальное давление на один каток следует назначать не более $V = 500$ кг.

Результаты испытаний каната ГОСТ 2688—69, загруженного одним катком, представлены в виде графика $I = f(n)$ — рис. 2. График наглядно подтверждает, что увеличение нагрузки *V* на каток каретки приведет к резкому снижению долговечности каната *I*.

Результирующая кривая *A* определяет закон изменения запаса прочности *n* от давления на каток *V* и, главное, показывает характер изменения границы области благоприятных условий работы каната в зависимости от значений поперечной нагрузки *V* и запаса прочности *n*. С помощью кривой *A* можно определить минимальное значение запасов прочности *n*, допускаемых по условию безопасности, при различных величинах *V*.

Приведенные данные получены при стендовых испытаниях канатов с точностью измерений в пределах ± 15 —20%.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. М. Белая. Исследование работы несущих канатов. Сб. «Стальные канаты», вып. 2, изд-во «Техніка», Киев, 1965. [2]. Н. М. Белая. Исследование работы подвесных канатных лесотранспортных установок, перспективы их развития и совершенствования. Сб. «Проблемы комплексных лесных предприятий в Карпатах», изд-во «Карпаты», Ужгород, 1965. [3]. Н. М. Белая. Выбор канатов подвесных лесотранспортных установок и определение запасов их прочности. Доклад на международном симпозиуме по лесозаготовкам в горных условиях. Труды ЦНИИМЭ, вып. 118, отдел научно-технической информации, Химки, 1971. [4]. Н. М. Белая, А. Г. Прохоренко. Канатные лесотранспортные установки. Гослесбумиздат, М., 1964. [5]. Н. М. Белая, А. Г. Прохоренко. О влиянии работы пробегных машин на показатели долговечности канатов. Сб. «Стальные канаты», вып. 9, изд-во «Техніка», Киев, 1972. [6]. Н. М. Белая, А. Г. Прохоренко, Э. Н. Матвеев. До обґрунтування запасів міцності несучих канатів підвісних лісотранспортних установок. Збірник «Лісова, паперова та деревообробна промисловість», вип. 9, вид-во «Будівельник», Киев, 1972. [7]. Временная инструкция по выбору и эксплуатации канатов на трособлочных установках в условиях горных лесозаготовок. УкрНИИМОД, Киев, 1963. [8]. Доклад о симпозиуме по вопросу лесозаготовительных работ в горных районах, § 38, 39. Симпозиум по лесозаготовкам в горных районах, Европейская Экономическая Комиссия и др., Краснодар, СССР, 30 августа — 11 сентября, 1971. [9]. А. И. Дукельский. Подвесные канатные дороги и кабельные краны. Изд-во «Машиностроение», М.—Л., 1966. [10]. А. Г. Прохоренко. Напряжение изгиба в несущих канатах открытого типа. Сб. «Стальные канаты», вып. 4, изд-во «Техніка», Киев, 1967. [11]. А. Г. Прохоренко. Исследование выносливости несущих канатов двойной свивки. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1969. [12]. А. Г. Прохоренко. Пути повышения сроков службы несущих канатов подвесных лесотранспортных установок. Сб. «Лесная, бумажная и деревообрабатывающая промышленность», вып. 7, изд-во «Будівельник», Киев, 1970. [13]. R. Wettstein. Construction and life time wire ropes LOG [Symposium, ^{5/79}, Krasnodar, 1971] (только английский вариант).

УДК 634.0.375

УЧЕТ ВЛИЯНИЯ РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ ПРИ РАЗМЕЩЕНИИ СЕТИ ТРЕЛЕВОЧНЫХ ВОЛОКОВ И ЛЕСОВОЗНЫХ ПУТЕЙ*

А. И. БОГОСЕВИЧ

Ленинградская лесотехническая академия

Рассматриваются некоторые вопросы, связанные с размещением трелевочных волоков в местности со склоном выше 50°. В качестве конкурирующих вариантов сравниваются способы прокладки волоков с направлением трелевки, совпадающим с направлением вывозки и против направления вывозки.

При размещении сети трелевочных волоков необходимо учитывать влияние рельефа местности. По соображениям безопасности работы и лучшего использования силы тяги величину руководящего подъема на волоках принимают обычно не больше 10—150 ‰, а спусков — не более 200 ‰.

Учет рельефа местности, в особенности влияния крутизны склонов, позволяет выделить в лесном массиве зоны наиболее экономически и технически целесообразных способов трелевки. При этом необходимо учитывать следующие критерии: грунтовые условия; уклоны местности; способы ведения лесного хозяйства, виды рубок, размеры лесосек и способы расположения их по косоугору.

Как показали исследования Ш. Антончика **, в местности с суглинистыми и гравийными грунтами и склонами, не превышающими 400 ‰, можно применить тракторную трелевку, так как наличие легко разрабатываемых грунтов позволяет строить дешевые косоугорные дороги и трелевочные волоки. В случае каменных грунтов тракторная трелевка возможна при уклоне до 200 ‰.

Величина предельного допускаемого угла примыкания магистральных волоков к лесовозной дороге зависит от способа рубки, размещения площади лесосеки по склону, крутизны склона и других факторов.

Из рис. 1 видно, что зависимость угла между направлением трелевочного волока и лесовозной дороги α от угла наклона трелевочного волока β и угла наклона косоугора γ (в градусах) можно выразить формулой

$$\sin \alpha = \frac{\operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} \gamma} \quad \text{или} \quad \sin \alpha = \frac{i}{n}, \quad (1)$$

где i — уклон трелевочного волока, ‰;
 n — уклон косоугора, ‰.

На основании формулы (1) составлен график (рис. 2), позволяющий определить угол α в зависимости от угла наклона косоугора γ и трелевочного волока β . Критерием определения предельного значения угла α принято считать величину предельного наклона трелевочного пути. Как видно из графика, рост крутизны склона уменьшает макси-

* Работа выполнена под руководством доктора технических наук, проф. Б. А. Ильина.

** S. Z. Antonczyk. Proces technologiczny zrywki i wywozu drewna a siec dróg lesnych w górach. «Las Polski», № 15—16, 1969.

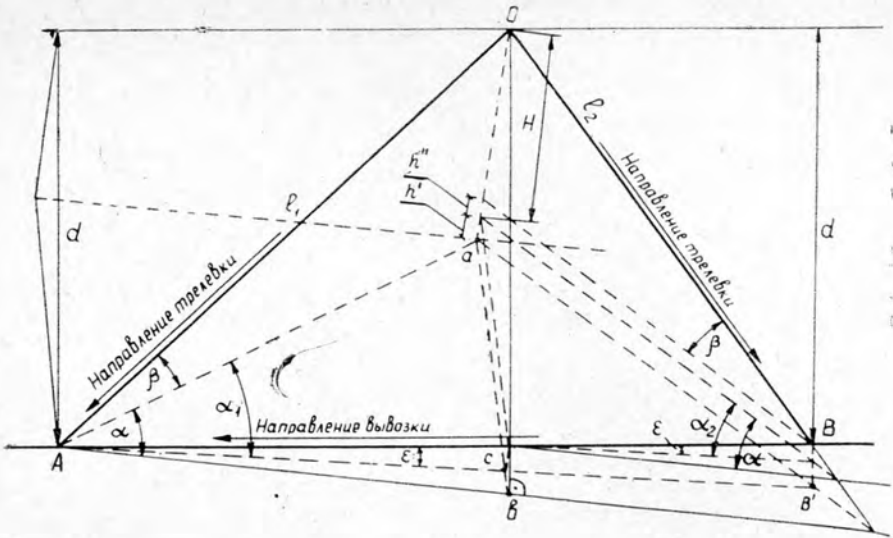


Рис. 1.

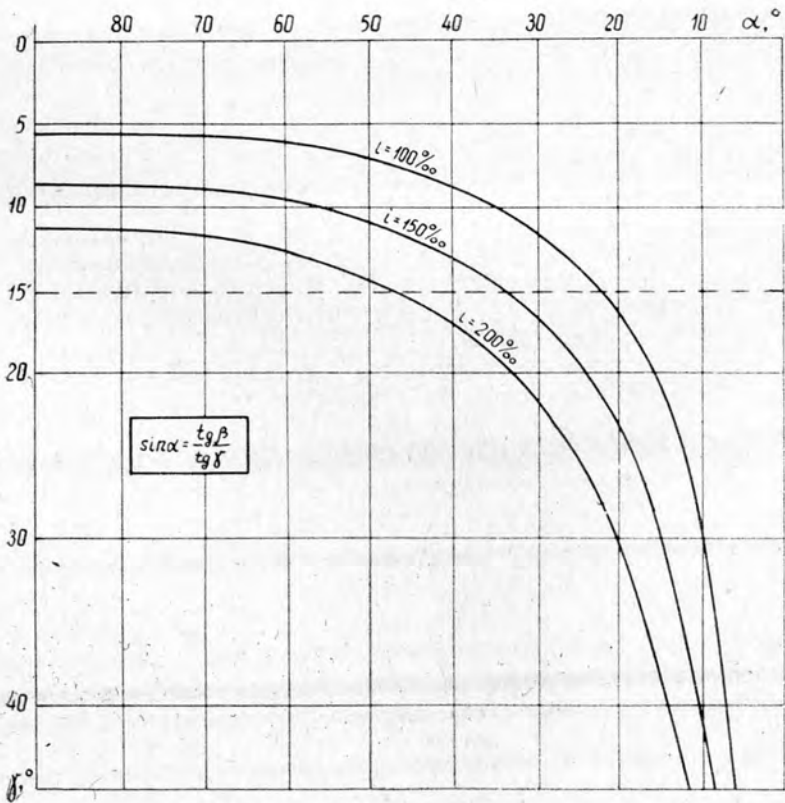


Рис. 2. График для определения предельного угла примыкания магистральных волоков к лесовозной дороге в зависимости от крутизны склона и уклона трелевочного волока.

мально допускаемую величину α , что вызывает необходимость строительства сети трелевочных волоков большей протяженности. В случае, когда $\gamma \leq \beta$, крутизна склона не влияет на величину угла α .

Предельными для тракторной трелевки считаются склоны, крутизна которых не превышает 15° . На более крутых склонах трелевочные волокна для тракторов необходимо прокладывать по горизонталям или укладывать трассу с использованием серпантинов, не допуская спусков с уклоном более 15° . При склонах выше 20° для трелевки леса следует применять канатные установки. Тракторные трелевочные волокна желательнее располагать со спусками в грузовом направлении.

В равнинной местности, когда γ не превышает $5-6^\circ$, среднее расстояние трелевки зависит от границы зоны тяготения до дороги

$$l_{cp} = \frac{0,5d}{\sin \alpha}, \quad (2)$$

где l_{cp} — среднее расстояние трелевки с площади, тяготеющей к лесовозной дороге, км;

d — ширина полосы леса, тяготеющей к дороге с одной ее стороны, км.

Когда $\gamma > 5^\circ$, в формулу (2) необходимо ввести ограничения, вызванные рельефом местности. Тогда она принимает вид

$$l_{cp} = \frac{0,5d}{\sin \alpha} \cdot \frac{\cos \gamma}{\cos \beta}. \quad (2a)$$

При определении среднего расстояния трелевки по формуле (2a) не учитывается влияние направления трелевки по отношению к направлению вывозки, а также влияние продольного уклона лесовозной дороги. Направление и способ примыкания трелевочных волоков к лесовозной дороге зависят от рельефа местности, размещения и размеров лесосек, технологии лесозаготовок и других технических и экономических факторов.

Для сокращения среднего расстояния трелевки трелевочные волокна приходится прокладывать с максимально допускаемым спуском в грузовом направлении. При $\operatorname{tg} \beta = \operatorname{tg} \gamma$ угол $\alpha = 90^\circ$. При $\operatorname{tg} \beta < \operatorname{tg} \gamma$, то есть когда крутизна косогора превышает предельное значение уклона трелевочного волокна, необходимо установить угол примыкания магистральных волоков к лесовозной дороге меньше 90° . Направление трелевки может совпадать с направлением вывозки (l_1) или быть против направления вывозки (l_2). При одинаковом $\operatorname{tg} \beta$ более выгоден первый вариант, однако при втором варианте значительно сокращается среднее расстояние трелевки, что нужно учитывать при определении затрат на трелевку леса. Условие экономической целесообразности второго варианта будет выполнено тогда, когда дополнительные затраты на трелевку $\left(\frac{l_1 - l_2}{2} \cdot C_t \right)$ превысят сумму затрат на строительство участка дороги AB и перевозку леса по этому участку (C_t — стоимость трелевки за $1 \text{ м}^3 \cdot \text{км}$). Расстояние AB определяется по формуле

$$AB = \frac{\cos \beta}{\cos \varepsilon} \sqrt{l_1^2 + l_2^2 - 2l_1l_2(\sin \alpha_1 \sin \alpha_2 - \cos \alpha_1 \cos \alpha_2)}$$

или

$$AB = \frac{h'_1 + h'_2}{\sin \varepsilon}.$$

Особенности рельефа местности могут предопределять необходимость применения обоих видов примыкания трелевочных волоков к лесовозным дорогам.

Расстояния трелевки по первому (l_1) и второму (l_2) вариантам связаны следующим соотношением (рис. 1):

$$\frac{l_2}{l_1} = \frac{\operatorname{tg} \beta - \operatorname{tg} \varepsilon}{\operatorname{tg} \beta + \operatorname{tg} \varepsilon},$$

отсюда

$$l_2 = l_1 \frac{\operatorname{tg} \beta - \operatorname{tg} \varepsilon}{\operatorname{tg} \beta + \operatorname{tg} \varepsilon}, \quad (3)$$

где $\operatorname{tg} \beta$ — уклон лесовозной дороги.

Например, при $\operatorname{tg} \beta = 0,25$, $\operatorname{tg} \varepsilon = 0,10$ и $l_1 = 500$ м среднее расстояние трелевки по второму варианту

$$l_2 = 500 \cdot \frac{0,25 - 0,10}{0,25 + 0,10} = 214 \text{ м},$$

то есть уменьшается более чем в два раза.

Если учитывать уклон лесовозной дороги ($\operatorname{tg} \varepsilon$) при одной и той же ширине полосы d , тяготеющей к лесовозной дороге, и одинаковых значениях γ и β , то среднее расстояние трелевки по первому варианту получается больше, а по второму меньше среднего расстояния трелевки, определенного по формуле (2а).

Рассмотрим схему расположения трелевочного волока, имеющего направление, совпадающее с направлением вывозки. Из рис. 1 видно, что

$$Aa = \frac{AB}{\cos \alpha} = \frac{Ac \cos(\alpha - \alpha_1)}{\cos \alpha} = \frac{h' \operatorname{ctg} \varepsilon \cos(\alpha - \alpha_1)}{\cos \alpha}; \quad (4)$$

$$H = d \sin \gamma; \quad (5)$$

$$H + h' = Aa \operatorname{tg} \beta. \quad (6)$$

Сопоставив выражения (5) и (6) и подставив вместо Aa выражение (4), после преобразования получим

$$h' = \frac{d \sin \gamma \operatorname{tg} \varepsilon \cos \alpha}{\operatorname{tg} \beta \cos(\alpha - \alpha_1) - \operatorname{tg} \varepsilon \cos \alpha}.$$

Таким образом,

$$l_1 = \frac{H + h'}{\sin \beta} = \frac{d \sin \gamma}{\sin \beta} \left[1 + \frac{\operatorname{tg} \varepsilon \cos \alpha}{\operatorname{tg} \beta \cos(\alpha - \alpha_1) - \operatorname{tg} \varepsilon \cos \alpha} \right]; \quad (7)$$

$$l_1 = \frac{d \sin \gamma \cos(\alpha - \alpha_1)}{\cos \beta [\operatorname{tg} \beta \cos(\alpha - \alpha_1) - \operatorname{tg} \varepsilon \cos \alpha]}. \quad (7a)$$

Аналогичным путем можно определить величину l_2

$$h'' = \frac{d \sin \gamma \operatorname{tg} \varepsilon \cos \alpha}{\operatorname{tg} \beta \cos(\alpha_2 - \alpha) + \operatorname{tg} \varepsilon \cos \alpha};$$

$$l_2 = \frac{H - h''}{\sin \beta} = \frac{d \sin \gamma}{\sin \beta} \left[1 - \frac{\operatorname{tg} \varepsilon \cos \alpha}{\operatorname{tg} \beta \cos(\alpha_2 - \alpha) + \operatorname{tg} \varepsilon \cos \alpha} \right]; \quad (8)$$

$$l_2 = \frac{d \sin \gamma \cos(\alpha_2 - \alpha)}{\cos \beta [\operatorname{tg} \beta \cos(\alpha_2 - \alpha) + \operatorname{tg} \varepsilon \cos \alpha]}. \quad (8a)$$

Зависимость углов между направлением трелевки и направлением вывозки, соответственно по первому и второму вариантам (α_1 и α_2), от крутизны косогора и уклона лесовозной дороги выражается формулой

$$\sin(\alpha - \alpha_1) = \sin(\alpha_2 - \alpha) = \frac{\operatorname{tg} \varepsilon}{\operatorname{tg} \gamma}, \quad (9)$$

$$m_{\phi_i} = \frac{I_{x m_i}}{H_0^2}, \quad (2)$$

где $I_{x m_i}$ — момент инерции массы m_i относительно оси боковой качки x ;

$d_3 = d_4$ — полубаза полусцепы;

a — свес пакета.

Пусть микропрофиль превышения одной нити рельсов представлен гармоникой $M \sin pt + N \cos pt$,

где $p = \frac{2\pi}{3,6s} v$ — частота возмущающей силы;

s — длина волны микропрофиля, m ;

v — скорость движения вагона-сцепы, $км/час$.

Тогда соответствующие обобщенные силы

$$Q_{z_1} = [M \sin pt + N \cos pt + M \sin (pt + \delta_1) + N \cos (pt + \delta_1)] \frac{c_1 b_1}{2H_0};$$

$$Q_{z_2} = [M \sin (pt + \delta_2) + N \cos (pt + \delta_2) + M \sin (pt + \delta_3) + N \cos (pt + \delta_3)] \frac{c_1 b_1}{2H_0};$$

$$Q_{z_3} = 0,$$

где $\delta_1, \delta_2, \delta_3$ — начальные фазы возмущающих сил;

$$\delta_1 = \frac{2\pi}{s} 2d_1 = \frac{2\pi}{s} b; \quad \delta_2 = \frac{2\pi}{s} (2d_1 + 2v + l_c) = \frac{2\pi}{s} B_c;$$

$$\delta_3 = \frac{2\pi}{s} (2d_1 + 2v + l_c + 2d_2) = \frac{2\pi}{s} (B_c + b);$$

B_c — база сцепы;

b — база полусцепы.

Дифференциальные уравнения вынужденных колебаний связанной системы

$$\left. \begin{aligned} a_{11} \ddot{z}_1 + a_{12} \ddot{z}_2 + a_{13} \ddot{z}_3 + b_{11} z_1 &= P_{11}^6 \sin pt + P_{12}^6 \cos pt; \\ a_{12} \ddot{z}_1 + a_{22} \ddot{z}_2 + a_{23} \ddot{z}_3 + b_{22} z_2 &= P_{21}^6 \sin pt + P_{22}^6 \cos pt; \\ a_{13} \ddot{z}_1 + a_{23} \ddot{z}_2 + a_{33} \ddot{z}_3 + b_{33} z_3 &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

где обозначено:

$$P_{11}^6 = (M + M \cos \delta_1 - N \sin \delta_1) \frac{c_1 b_1}{2H_0};$$

$$P_{12}^6 = (N + M \sin \delta_1 + N \cos \delta_1) \frac{c_1 b_1}{2H_0};$$

$$P_{21}^6 = (M \cos \delta_2 - N \sin \delta_2 + M \cos \delta_3 - N \sin \delta_3) \frac{c_1 b_1}{2H_0};$$

$$P_{22}^6 = (M \sin \delta_2 + N \cos \delta_2 + M \sin \delta_3 + N \cos \delta_3) \frac{c_1 b_1}{2H_0}; \quad (4)$$

$$a_{11} = m_{\phi_1} + m_{\phi_3} + \frac{I_B}{(l - 2a - d_3 - d_4)^2};$$

$$a_{23} = \int_0^l m(\xi) \frac{\xi - a - d_3}{l - 2a - d_3 - d_4} \cdot \frac{f(\xi)}{f(x)} d\xi;$$

$$\left. \begin{aligned}
 a_{12} &= \frac{m}{2} - \frac{I_A}{(l-2a-d_3-d_4)^2}; & a_{33} &= \int_0^l m(\xi) \frac{[f(\xi)]^2}{[f(x)]^2} d\xi; \\
 a_{13} &= \int_0^l m(\xi) \frac{f(\xi)}{f(x)} d\xi - a_{23}; & b_{11} &= C_{\phi_1}; & b_{22} &= C_{\phi_2}; \\
 a_{22} &= m_{\phi_2} + m_{\phi_1} + \frac{I_A}{(l-2a-d_3-d_4)^2}; & b_{33} &= \int_0^l \frac{EI[f''(\xi)]^2 d\xi}{[f(x)]^2},
 \end{aligned} \right\} (4)$$

здесь I_A, I_B — моменты инерции пакета относительно поперечных осей, проходящих через точки A и B ;

m — масса всего пакета;

$f(\xi)$ — уравнение изогнутой оси (статических прогибов) пакета;

$f(x)$ — статический прогиб середины пакета;

z_1, z_2, z_3 — смещения фиктивных масс и среднего сечения пакета.

Общий интеграл неоднородной системы (3) складывается из общего интеграла соответствующей однородной системы и частного интеграла неоднородной системы (3). Первый из них имеет вид

$$\left. \begin{aligned}
 z_1 &= P_1^6 \cos kt + Q_1^6 \sin kt; \\
 z_2 &= P_2^6 \cos kt + Q_2^6 \sin kt; \\
 z_3 &= P_3^6 \cos kt + Q_3^6 \sin kt.
 \end{aligned} \right\} (5)$$

Частный интеграл неоднородной системы (3)

$$\left. \begin{aligned}
 z_1 &= A_1^6 \sin pt + B_1^6 \cos pt; \\
 z_2 &= A_2^6 \sin pt + B_2^6 \cos pt; \\
 z_3 &= A_3^6 \sin pt + B_3^6 \cos pt.
 \end{aligned} \right\} (6)$$

Подставляя выражения (6) в систему (3) и группируя коэффициенты при $\sin pt$ и $\cos pt$, получим шесть уравнений для определения шести произвольных коэффициентов A_i^6, B_i^6

$$\left. \begin{aligned}
 (b_{11} - a_{11}p^2)A_1^6 - a_{12}p^2A_2^6 - a_{13}p^2A_3^6 &= P_{11}^6; \\
 -a_{12}p^2A_1^6 + (b_{22} - a_{22}p^2)A_2^6 - a_{23}p^2A_3^6 &= F_{21}^6; \\
 -a_{13}p^2A_1^6 - a_{23}p^2A_2^6 + (b_{33} - a_{33}p^2)A_3^6 &= 0; \\
 (b_{11} - a_{11}p^2)B_1^6 - a_{12}p^2B_2^6 - a_{13}p^2B_3^6 &= P_{12}^6; \\
 -a_{12}p^2B_1^6 + (b_{22} - a_{22}p^2)B_2^6 - a_{23}p^2B_3^6 &= P_{22}^6; \\
 -a_{13}p^2B_1^6 - a_{23}p^2B_2^6 + (b_{33} - a_{33}p^2)B_3^6 &= 0.
 \end{aligned} \right\} (7)$$

Определитель каждой из двух независимых систем уравнений (относительно A_i^6 и B_i^6) равен определителю $\Delta(k^2)$, которым характеризуются собственные частоты системы, где k заменено p

$$\Delta(p^2) = \begin{vmatrix} (b_{11} - a_{11}p^2) & -a_{12}p^2 & -a_{13}p^2 \\ -a_{12}p^2 & (b_{22} - a_{22}p^2) & -a_{23}p^2 \\ -a_{13}p^2 & -a_{23}p^2 & (b_{33} - a_{33}p^2) \end{vmatrix}. \quad (8)$$

Искомые коэффициенты имеют вид

$$\left. \begin{aligned} A_1^6 &= \frac{\Delta_1(p^2)}{\Delta(p^2)}; & A_2^6 &= \frac{\Delta_2(p^2)}{\Delta(p^2)}; & A_3^6 &= \frac{\Delta_3(p^2)}{\Delta(p^2)}; \\ B_1^6 &= \frac{\Delta_{1B}(p^2)}{\Delta(p^2)}; & B_2^6 &= \frac{\Delta_{2B}(p^2)}{\Delta(p^2)}; & B_3^6 &= \frac{\Delta_{3B}(p^2)}{\Delta(p^2)}, \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

где $\Delta_1(p^2)$ — определитель, получаемый заменой в $\Delta(p^2)$ первого столбца столбцом свободных членов $P_{11}^6, P_{21}^6, 0$;

$\Delta_{1B}(p^2)$ — определитель, получаемый заменой в $\Delta(p^2)$ первого столбца столбцом свободных членов $P_{12}^6, P_{22}^6, 0$;

$\Delta_2(p^2)$ — определитель, получаемый заменой в $\Delta(p^2)$ второго столбца столбцом свободных членов $P_{11}^6, P_{21}^6, 0$;

$\Delta_{2B}(p^2)$ — определитель, получаемый заменой в $\Delta(p^2)$ второго столбца столбцом свободных членов $P_{12}^6, P_{22}^6, 0$ и т. д.

Тогда вынужденные колебания связанной системы (6) примут вид

$$\left. \begin{aligned} z_1 &= \frac{\Delta_1(p^2)}{\Delta(p^2)} \sin pt + \frac{\Delta_{1B}(p^2)}{\Delta(p^2)} \cos pt; \\ z_2 &= \frac{\Delta_2(p^2)}{\Delta(p^2)} \sin pt + \frac{\Delta_{2B}(p^2)}{\Delta(p^2)} \cos pt; \\ z_3 &= \frac{\Delta_3(p^2)}{\Delta(p^2)} \sin pt + \frac{\Delta_{3B}(p^2)}{\Delta(p^2)} \cos pt, \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

а общий интеграл системы (3) станет равным

$$\left. \begin{aligned} z_1 &= P_1^6 \cos kt + Q_1^6 \sin kt + \frac{\Delta_1(p^2)}{\Delta(p^2)} \sin pt + \frac{\Delta_{1B}(p^2)}{\Delta(p^2)} \cos pt; \\ z_2 &= P_2^6 \cos kt + Q_2^6 \sin kt + \frac{\Delta_2(p^2)}{\Delta(p^2)} \sin pt + \frac{\Delta_{2B}(p^2)}{\Delta(p^2)} \cos pt; \\ z_3 &= P_3^6 \cos kt + Q_3^6 \sin kt + \frac{\Delta_3(p^2)}{\Delta(p^2)} \sin pt + \frac{\Delta_{3B}(p^2)}{\Delta(p^2)} \cos pt. \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

Величины P_i^6 и Q_i^6 определим из условия, что связанная система вагон-сцеп + пакет, подходя к стыку, колебаний не имеет, то есть при $t = 0$ $z_1(0) = 0$; $z_2(0) = 0$; $z_3(0) = 0$; $\dot{z}_1(0) = 0$; $\dot{z}_2(0) = 0$; $\dot{z}_3(0) = 0$, откуда

$$\left. \begin{aligned} z_1 &= \frac{\Delta_{1B}(p^2)}{\Delta(p^2)} (\cos pt - \cos kt) + \frac{\Delta_1(p^2)}{\Delta(p^2)} \left(\sin pt - \frac{p}{k} \sin kt \right); \\ z_2 &= \frac{\Delta_{2B}(p^2)}{\Delta(p^2)} (\cos pt - \cos kt) + \frac{\Delta_2(p^2)}{\Delta(p^2)} \left(\sin pt - \frac{p}{k} \sin kt \right); \\ z_3 &= \frac{\Delta_{3B}(p^2)}{\Delta(p^2)} (\cos pt - \cos kt) + \frac{\Delta_3(p^2)}{\Delta(p^2)} \left(\sin pt - \frac{p}{k} \sin kt \right), \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

где

$$\Delta(p^2) = (k_1^2 - p^2)(k_2^2 - p^2)(k_3^2 - p^2),$$

здесь k_i^2 — квадраты собственных частот связанной системы.

При резонансном режиме, когда $p = k_i$ ($i = 1, 2, 3$), выражения (12) принимают неопределенный вид типа $\frac{0}{0}$. Раскрывая эту неопределенность по правилу Лопиталья, получим

$$\left. \begin{aligned} z_1 &= \frac{1}{2k_i\psi^6} \left[\Delta_{1B}(k_i^2) t \sin k_i t - \Delta_1(k_i^2) \left(t \cos k_i t - \frac{\sin k_i t}{k_i} \right) \right]; \\ z_2 &= \frac{1}{2k_i\psi^6} \left[\Delta_{2B}(k_i^2) t \sin k_i t - \Delta_2(k_i^2) \left(t \cos k_i t - \frac{\sin k_i t}{k_i} \right) \right]; \\ z_3 &= \frac{1}{2k_i\psi^6} \left[\Delta_{3B}(k_i^2) t \sin k_i t - \Delta_3(k_i^2) \left(t \cos k_i t - \frac{\sin k_i t}{k_i} \right) \right], \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

где

$$\psi^6 = (k_2^2 - k_i^2)(k_3^2 - k_i^2) + (k_1^2 - k_i^2)(k_3^2 - k_i^2) + (k_1^2 - k_i^2)(k_2^2 - k_i^2) \quad i = 1, 2, 3$$

Используем критерий ненарастания энергии системы

$$Q_{zi} = a_{ii}^* \dot{z}_i, \quad (14)$$

согласно которому обобщенные внешние силы равны обобщенным силам сопротивления.

Подставим в равенства (14) производные обобщенных координат (13) и выражения коэффициентов диссипативной функции a_{ii}^*

$$\left. \begin{aligned} a_{11}^* &= 2n M_1 \left(\frac{b_1}{H_0} \right)^2; \\ a_{22}^* &= 2n M_2 \left(\frac{b_1}{H_0} \right)^2, \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

где n — коэффициент затухания колебаний рессорного комплекта;

$$M_1 = m_1 + m_3 + \frac{1}{2} m; \quad M_2 = m_2 + m_4 + \frac{1}{2} m;$$

m_1, m_2 — массы нижних рам;

m_3, m_4 — массы верхних рам;

m — масса пакета.

В результате найдем

$$\left. \begin{aligned} 2n &= \frac{2k_i\psi^6 [P_{11}^6 \Delta_{1B}(k_i^2) - P_{12}^6 \Delta_1(k_i^2)]}{M_1 \left(\frac{b_1}{H_0} \right)^2 \Delta_{1B}^2(k_i^2)} \quad i = 1, 2, 3; \\ 2n &= \frac{2k_i\psi^6 [P_{21}^6 \Delta_{2B}(k_i^2) - P_{22}^6 \Delta_2(k_i^2)]}{M_2 \left(\frac{b_1}{H_0} \right)^2 \Delta_{2B}^2(k_i^2)} \quad i = 1, 2, 3. \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

Вычислив наибольшее значение $2n$, получим параметр гасителя колебаний рессорного комплекта по формуле

$$C = 2nM, \quad (17)$$

где M — масса, приходящаяся на один рессорный комплект.

При расчете параметра гасителя по балансу энергий

$$\int_0^{z_{ir}} Q_{zi} dz_i = \int_0^{z_{ir}} a_{ii}^* \dot{z}_i dz_i, \quad (18)$$

согласно которому работа обобщенной внешней силы равна работе обобщенной силы сопротивления за один период колебаний системы, значения $2n$ равны

$$2n = \frac{6\psi^6 k_i \left[\Delta_{1B} (k_i^2) (P_{11}^6 \pi + 2P_{12}^6 \pi^2) + \Delta_1 (k_i) (2P_{11}^6 \pi^2 - P_{12}^6 \pi) \right]}{M_1 \left(\frac{b_1}{H_0} \right)^2 \left[\Delta_{1B}^2 (k_i^2) (8\pi^3 + 3\pi) + \Delta_1^2 (k_i^2) (8\pi^3 - 3\pi) \right]};$$

$$2n = \frac{6\psi^6 k_i \left[\Delta_{2B} (k_i^2) (P_{21}^6 \pi + 2P_{22}^6 \pi^2) + \Delta_2 (k_i) (2P_{21}^6 \pi^2 - P_{22}^6 \pi) \right]}{M_2 \left(\frac{b_1}{H_0} \right)^2 \left[\Delta_{2B}^2 (k_i^2) (8\pi^3 + 3\pi) + \Delta_2^2 (k_i^2) (8\pi^3 - 3\pi) \right]}. \quad (19)$$

Вычислим потребный параметр гасителя колебаний рессорного комплекта при следующих данных вагона-сцепы ЛТА — Ленлес:

Вес пакета mg	18000 $\kappa\Gamma$;
Длина пакета l	21 м;
Средний диаметр хлыста d_{cp}	18,6 см;
Жесткость пакета на изгиб по Б. Г. Гастеву EI	$1412 \cdot 10^3 \kappa\Gamma \cdot m^2$;
Величина свесов a (при связи $l_c = 6,5$ м)	1,35 м;
Вес подрессорных масс сцепа:	
$m_1g = m_2g$	1200 $\kappa\Gamma$;
$m_3g = m_4g$	1450 $\kappa\Gamma$;
$m_c g$	200 $\kappa\Gamma$;
Жесткость всех рессор одной тележки $c_1 = c_2$	$350 \cdot 10^3 \kappa\Gamma/m$;
Жесткость комплекта скользунов $c_3 = c_4$	2850 $\kappa\Gamma/m$.

Считая микропрофиль превышения одной нити рельсов гармоникой $M \sin pt$ с амплитудой $M = 4,5$ мм и длиной волны 8 м, по формулам (4) получим

$$P_{11}^6 = 71,3; \quad P_{12}^6 = -171,8; \quad P_{21}^6 = -192; \quad P_{22}^6 = 28,3;$$

$$a_{11} = a_{22} = 870,6; \quad a_{12} = 80; \quad b_{11} = b_{22} = 67 \cdot 10^3;$$

$$a_{13} = 233; \quad a_{23} = 192; \quad a_{33} = 728; \quad b_{33} = 37100.$$

Собственные частоты системы k определяются уравнением

$$k^6 + ak^4 + bk^2 + c = 0, \quad (20)$$

где обозначено

$$a = \frac{a_{11}a_{22}b_{33} + a_{22}b_{11}a_{33} + a_{11}b_{22}a_{33} - a_{13}^2b_{22} - a_{23}^2b_{11} - a_{12}^2b_{33}}{a_{23}^2a_{11} + a_{12}^2a_{33} + a_{13}^2a_{22} - 2a_{12}a_{23}a_{13} - a_{11}a_{22}a_{33}};$$

$$b = - \frac{a_{22}b_{11}b_{33} + a_{11}b_{22}b_{33} + b_{11}b_{22}a_{33}}{a_{23}^2a_{11} + a_{12}^2a_{33} + a_{13}^2a_{22} - 2a_{12}a_{23}a_{13} - a_{11}a_{22}a_{33}};$$

$$c = \frac{b_{11}b_{22}b_{33}}{a_{23}^2a_{11} + a_{12}^2a_{33} + a_{13}^2a_{22} - 2a_{12}a_{23}a_{13} - a_{11}a_{22}a_{33}}. \quad (21)$$

Две собственные частоты можно приближенно определить [3] по формулам

$$k_1 = \sqrt{\frac{b_{11}}{a_{11}}}; \quad k_2 = \sqrt{\frac{b_{33}}{a_{33}}}. \quad (22)$$

В нашем случае собственные частоты системы равны

$$k_1 = 7,15 \text{ } 1/\text{сек}; \quad k_2 = 8,75 \text{ } 1/\text{сек}; \quad k_3 = 9,95 \text{ } 1/\text{сек}.$$

Принимая во внимание, что $b_1 = 0,535$ м; $H_0 = 1,73$ м, по формулам (16) получим наибольшее значение $2n = 1,66 \text{ } 1/\text{сек}$.

По формуле (17) параметр гасителя

$$C = 1,66 \cdot 2,93 = 4,86 \text{ кг} \cdot \text{сек}/\text{см}.$$

При тех же данных относительно груза и пути вычислим параметр гасителя применительно к серийному вагону-сцепу ЦНИИМЭ — АВЗ.

В этом случае $m_3 = m_4 = 0$; $m_{\phi_1} = m_{\phi_2} = 0$; $c_3 = c_4 = 0$; $m_c = 0$;

$$m_{\phi_1} = m_{\phi_2} \approx 56.$$

По формулам (4) найдем

$$P_{11}^6 = 180; P_{12}^6 = -235; P_{21}^6 = 53,5; P_{22}^6 = 287;$$

$$a_{11} = a_{22} = 870; a_{12} = 80; b_{11} = b_{22} = 67 \cdot 10^3;$$

$$a_{13} = 233; a_{23} = 192; a_{33} = 728; b_{33} = 37 \cdot 100.$$

Собственные частоты системы, как и ранее, равны

$$k_1 = 7,15 \text{ }^1/\text{сек}; k_2 = 8,75 \text{ }^1/\text{сек}; k_3 = 9,95 \text{ }^1/\text{сек}.$$

По формулам (16) получим наибольшее значение $2n$, практически совпадающее с ранее вычисленным. Расчет по балансу энергий (19) приводит к значительно меньшему значению $2n$.

Параметр гасителя, вычисленный при тех же исходных данных из условий ненаращения колебаний подпрыгивания и галопирования составляет лишь $2,78 \cdot 10^{-5} \text{ кг} \cdot \text{сек}/\text{см}$. Отсюда понятно, что параметр гасителя нужно вычислять применительно к боковой качке вагона. Это объясняется особенностями устройства пути, вагона и характеристик пакета.

Действительно, из формул (15) следует, что рассеяние энергии прямо пропорционально квадрату расстояния между рессорными комплектами поперек вагона и обратно пропорционально квадрату радиуса инерции пакета относительно оси колебаний боковой качки. Результаты вычисления коэффициентов затухания колебаний рессорных комплектов для четырех сцепов сведем в табл. 1.

Таблица 1

№ сцепа	Вес груза mg, T	Средняя длина хлыстов $l, м$	Объем груза, $м^3$	Жесткость пакета $EI \cdot 10^3$ $кгм^2$	Собственные частоты $1/\text{сек}$			Коэффициент затухания $n, 1/\text{сек}$	Отношение $\frac{n}{k_1} \cdot \%$
					k_1	k_2	k_3		
1	18,00	21,0	—	$1412 \cdot 10^3$	7,15	8,75	9,95	0,83	11,6
2	18,64	18,2	25,63	$2550 \cdot 10^3$	8,45	9,95	12,1	0,905	10,7
3	19,54	19,6	24,40	$1770 \cdot 10^3$	7,98	8,65	10,2	0,42	5,2
4	16,96	17,0	20,95	$2500 \cdot 10^3$	9,10	12,00	12,1	1,19	13,05

Согласно данным таблицы, отношение коэффициента затухания колебаний рессорного комплекта к низшей собственной частоте системы составляет в среднем 11—12%. При расчете по балансу энергий получим это отношение равным 2—3%. Интересно отметить [4], что отношение коэффициента затухания колебаний пакета к его собственной частоте составляет в среднем 10%.

Теперь можно установить оптимальные границы потребных значений параметра гасителя. Все три собственные частоты системы имеют очень близкие значения, в среднем равные $10 \text{ }^1/\text{сек}$.

Примем расчетное значение коэффициента затухания $0,15 \cdot 10 = 1,5 \text{ }^1/\text{сек}$. Расчетное значение массы, приходящейся на один рессорный комплект А. И. Логинова (ЦНИИМЭ — АВЗ) $M = 3,58 \text{ кг} \cdot \text{сек}^2/\text{см}$.

что соответствует максимальной грузоподъемности сцепа. Тогда по формуле (17) значение параметра

$$C = 2 \cdot 1,5 \cdot 3,58 = 11 \text{ кг} \cdot \text{сек/см.}$$

Предъявим к гасителю более жесткие требования. Потребуем не только ненарастания колебаний, но и их сходимости. О необходимости такой постановки задачи говорят следующие интересные данные [4]: пакет хлыстов, считающийся хорошим гасителем с $\frac{n}{k} = 0,10$, совершает 6—14 полных свободных колебаний, а время затухания его колебаний равно 1,6—5,6 сек. Поскольку все три собственные частоты боковой качки системы имеют весьма близкие значения, наша система в движении будет уподобляться системе с одной степенью свободы. Для систем с одной степенью свободы [1] оптимальное значение $\frac{n}{k} = \frac{\sqrt{2}}{2} \approx 0,7$, когда коэффициент динамичности не превышает единицы.

Учитывая сказанное, приходим к выводу о необходимости расчета верхнего предела значений параметра гасителя при $\frac{n}{k} = 0,7$. Он равен

$$C = 2 \cdot 0,7 \cdot 10 \cdot 3,58 = 50,1 \text{ кг} \cdot \text{сек/см.}$$

Вследствие значительной разницы между весом тары [5] и брутто вагонов правильно подобранная величина сил трения для гашения колебаний вагонов в загруженном состоянии окажется неизбежно завышенной при порожнем вагоне. В связи с особенностью груза невозможно также полностью использовать грузоподъемность сцепа, поэтому расчетное значение массы, приходящейся на один рессорный комплект, представляется целесообразным несколько снизить.

Учитывая, что параметр гасителя при его эксплуатации с течением времени понижается, не следует допускать его выхода из пределов 15—40 (45) кг·сек/см, причем верхняя граница должна соответствовать човому гасителю.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. В. Бутенин, Я. Л. Лунц, Д. Р. Меркин. Курс теоретической механики. Т. 2, изд-во «Наука», М., 1971. [2]. Г. М. Васильев. Некоторые вопросы динамики вагонов при вывозке леса в хлыстах по узкоколейным железным дорогам. Кандидатская диссертация, МЛТИ, 1955. [3]. Г. К. Ленюк. Некоторые вопросы вертикальной и поперечной динамики специального типа сцепа у.ж.д. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1969. [4]. З. С. Цофин. Исследование физико-механических характеристик пакетов хлыстов, перевозимых по лесовозным дорогам. Сб. «Пути развития сухопутного транспорта леса», М., 1964. [5]. И. И. Челноков, В. М. Гарбузов, М. М. Соколов, А. А. Мальцев. Анализ и классификация гасителей колебаний грузовых вагонов. Сборник трудов ЛИИЖТа «Динамика подвижного состава», вып. 281, изд-во «Транспорт», Л., 1968.

Поступила 14 июня 1973 г.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 621.933.6

К ВЫБОРУ ПАРАМЕТРОВ РЕМЕННОЙ ПЕРЕДАЧИ
ПРИВОДА ЛЕСОПИЛЬНЫХ РАМ

А. А. САННИКОВ, Л. А. ШАБАЛИН

Уральский лесотехнический институт

На основе анализа работы кривошипно-шатунного механизма, теоретических и экспериментальных исследований нагруженности привода лесопильных рам представлены расчетные зависимости приведенной и резонансной жесткостей ременных передач. Даны рекомендации для уменьшения крутильных колебаний в приводе и увеличения долговечности ремней и электродвигателей.

В настоящее время параметры ременных передач привода лесопильных рам подбирают по передаваемой мощности из расчета на долговечность по числу пробегов ремня. Между тем, из-за большой неравномерности хода механизма резания современных лесопильных рам в их приводе возникают крутильные колебания, приводящие к возрастанию переменных составляющих момента двигателя, к дополнительным динамическим нагрузкам на ремень, передающимся на ведущий и ведомый шкивы, на детали коленчатого вала и вала привода. Переменные составляющие момента двигателя приводят к поперечным колебаниям ветвей ремня — «хлопанию», уменьшают долговечность ремней и электродвигателей привода. Неравномерность хода механизма резания зависит от соотношения маховых масс коленчатого вала и масс пильной рамки с шатуном [2] и, как показали теоретические [3], [4] и экспериментальные [1] исследования, неравномерность вращения кривошипа и амплитуда переменной составляющей момента двигателя в значительной мере зависят еще и от приведенной жесткости ременной передачи.

На рис. 1 показаны характерные зависимости неравномерности хода кривошипа и амплитуды переменной составляющей момента двигателя от приведенной жесткости ременной передачи для лесопильной рамы РД 75-7. Жесткость численно равна величине момента, приложенного к ведущему шкиву и вызывающего единичный поворот его вследствие упругих деформаций ремня. При малой жесткости S момент двигателя почти постоянен и неравномерность хода механизма резания зависит только от соотношения маховых масс коленчатого вала и масс пильной рамки с шатуном. При этом неравномерность вращения двигателя сглаживается ременной передачей, вследствие чего и уменьшается амплитуда переменной составляющей. С увеличением жесткости растут неравномерность вращения ротора двигателя и амплитуда переменной составляющей его момента, достигая максимальных значений при некоторой жесткости S_p , соответствующей совпадению частот собственных колебаний «ротор электродвигателя — коленчатый вал» с удвоенной скоростью вращения кривошипа.

При резонансе переменная составляющая момента двигателя соизмерима с его номинальным значением или может превосходить его;

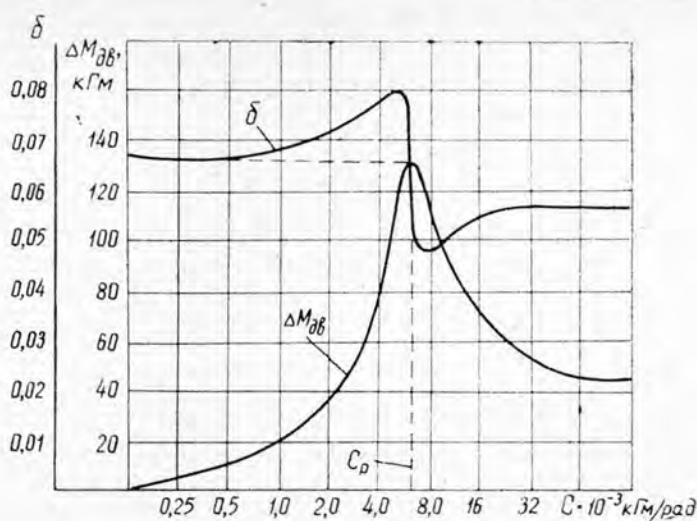


Рис. 1.

вблизи резонансной жесткости наблюдается скачкообразное изменение коэффициента неравномерности вращения кривошипа. Дальнейшее увеличение жесткости ременной передачи вызывает снижение амплитуды переменной составляющей момента двигателя, которая асимптотически приближается к значению, соответствующему абсолютно жесткой связи ротора электродвигателя и коленчатого вала.

Теоретические [3] и экспериментальные исследования крутильных колебаний в приводах различных марок лесопильных рам показывают, что электродинамические процессы в электродвигателе не оказывают существенного влияния на динамические характеристики привода, поэтому при выборе параметров ременной передачи ими можно пренебречь.

При проектировании лесопильных рам, для предотвращения чрезмерных динамических нагрузок на привод, необходимо, чтобы действительная приведенная жесткость ременной передачи была меньше резонансной минимум в 1,5 раза.

Действительная приведенная жесткость ременной передачи зависит от модуля продольной упругости E и площади F ремня, от радиуса ведущего шкива R_1 , приведенных длин ведущей l_1 и ведомой l_2 ветвей ремня и может быть определена по формуле [3]

$$C = EFR \left(\frac{1}{l_1} + \frac{1}{l_2} \right). \quad (1)$$

Приведенные длины ветвей ремня l_1 и l_2 включают в себя свободную длину ремня

$$l_r = \sqrt{A^2 - (R_2 - R_1)^2} \quad (2)$$

между точками контакта ремня со шкивами, а также часть длины ремня на дугах скольжения шкивов

$$l_{2,1} = l_r + 2R_{2,1} \cdot \frac{1}{f_{2,1} \left[\frac{2(S_0 - S_u)}{P} \pm 1 \right]}, \quad (3)$$

где A — межосевое расстояние;

$R_{2,1}$ — радиусы ведущего или ведомого шкивов;

$f_{2,1}$ — коэффициенты трения ремня о ведущий или ведомый шкивы;

P, S_o, S_u — окружное усилие, предварительное натяжение ремня и усилие от центробежных сил в ремне.

Для эксплуатируемых лесопильных рам при модернизации их привода и для новой модели лесорамы при ее стендовом испытании приведенную жесткость ременной передачи можно определить экспериментально по следующей методике. При заторможенном коленчатом вале посредством домкрата, груза или другого приспособления ременную передачу нагружают моментом, близким к номинальному моменту электродвигателя. Затем к шкиву прикладывают дополнительный момент, равный 10—20% от номинального, и измеряют угловое смещение шкива, вызванное дополнительным моментом. Отношение дополнительного момента к угловому смещению шкива в радианах дает приведенную жесткость ременной передачи.

Резонансную жесткость ременной передачи можно найти, приравняв частоты собственных колебаний ее к удвоенной скорости вращения кривошипа.

Частоты собственных колебаний ременной передачи определяют по формуле [3]

$$\lambda = \sqrt{\frac{C(i^2 I_1 + I_2)}{I_1 I_2}}, \quad (4)$$

где i — передаточное число ременной передачи;

I_2 — приведенный к ведомому шкиву момент инерции подвижных масс кривошипно-шатунного механизма лесорамы, зависящий от положения кривошипа;

I_1 — момент инерции ротора электродвигателя с ведущим шкивом и муфтой.

Экстремальные значения приведенного момента I_2 определяют границы интервала частот собственных колебаний ременной передачи [3]:

$$I_{2 \max} = I_b + R^2 (m_p + m_{ш}); \quad (5)$$

$$I_{2 \min} = I_b + R^2 \left[\frac{I_{ш}}{L^2} + (1 - K_c) m_{ш} \right], \quad (6)$$

где R — радиус кривошипа;

$m_p, m_{ш}$ — массы пильной рамки и шатуна;

K_c — коэффициент, равный отношению расстояния от оси нижней головки до центра тяжести шатуна к длине шатуна;

I_b — момент инерции коленчатого вала;

$I_{ш}$ — момент инерции шатуна;

L — длина шатуна.

Из равенства частот собственных колебаний ременной передачи и удвоенной угловой скорости вращения кривошипа получаем

$$C_p = \left(\frac{\pi n}{15} \right)^2 \cdot \frac{I_1 \cdot I_2}{i^2 I_1 + I_2}. \quad (7)$$

Анализ выражений (1) и (7) показывает, что резонанс в приводе лесопильных рам можно предотвратить различными способами: увеличением межосевого расстояния; повышением момента инерции ведущего и ведомого шкивов; введением упругой муфты между ведущим шкивом и двигателем. Эти мероприятия снижают частоту собственных ко-

лебаний системы и позволяют увести передачу от резонанса. В последнем мероприятии, при соответствующем подборе жесткости упругой муфты C_m , суммарную жесткость ременной передачи

$$C_{\text{сум}} = \frac{C_m \cdot C}{C_m + C} \quad (8)$$

можно значительно снизить, что приведет к уменьшению крутильных колебаний в приводе лесопильных рам.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. В. И. Кливер, Л. А. Шабалин. О методике исследования напряженного состояния коленчатого вала и вала привода лесопильной рамы РД 75-6. Труды УЛТИ, вып. XXIX, 1973. [2]. Л. П. Потяркин. Экспериментальное исследование неравномерности вращения коленчатого вала лесопильной рамы. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1968. [3]. А. А. Санников. Некоторые вопросы динамики лесопильных рам. Диссертация, УЛТИ, 1970. [4]. А. А. Санников, А. Б. Зырянова. Приближенный метод исследования установившегося движения механизма резания лесопильной рамы. Труды УЛТИ, вып. XXV, 1972.

Поступила 25 июня 1973 г.

УДК 621.933.6

АКУСТИЧЕСКАЯ МОЩНОСТЬ ДВУХЭТАЖНЫХ ЛЕСОПИЛЬНЫХ РАМ

Н. Н. ЧЕРЕМНЫХ

Уральский лесотехнический институт

Приведена методика определения уровня акустической мощности шума лесорам, излучаемого ими в помещении второго этажа, определены характеристики направленности излучения.

Для расчетов уровней шума на определенном расстоянии от лесопильных рам, например, на рабочих местах цеха или в проходах, необходимо знать величину уровня акустической мощности.

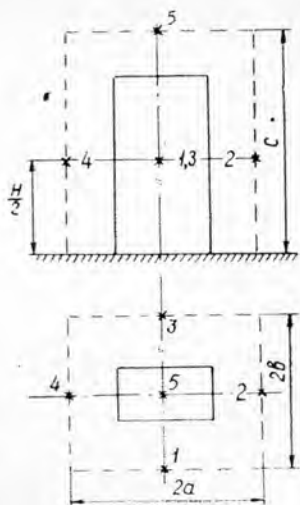
В соответствии с ГОСТом 11870—66 «Машины. Шумовые характеристики и методы их определения» в качестве шумовых характеристик машин приняты: а) уровни звуковой мощности шума машины в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 гц; б) характеристики направленности излучения шума.

ГОСТом рекомендованы четыре метода определения шумовых характеристик при типовых испытаниях: 1) в свободном звуковом поле (в сильно заглушенных камерах и помещениях с большим поглощением и на открытом воздухе); 2) в отраженном звуковом поле (в реверберационных камерах или гулких помещениях); 3) в обычных помещениях с помощью образцового источника шума; 4) на расстоянии 1 м от наружного контура машины.

Исследование шума рам в производственных условиях встречает ряд трудностей, главная из которых — влияние помещения. Но единообразие и сопоставимость измерений в этом случае выступают на первый план по сравнению с правильностью оценки акустической мощности. По этой причине ГОСТ 11870—66 допускает измерения на расстоянии 1 м от наружного контура машины, агрегата, то есть в ближнем поле источника.

Рис. 1. Схема расположения точек измерения.

РД 75-6; $a = 2$ м; $b = 1,5$ м;
 $c = 3,8$ м; РД 75-7; $a = 2$ м;
 $b = 1,5$ м; $c = 3,45$ м.



Лесопильная рама — сложный источник излучения акустической мощности, фактически состоящий из отдельных и в то же время связанных друг с другом источников, составляющие шума которых входят в общий спектр рамы. Звуковую мощность двухэтажных лесопильных рам мы изучали по указанному выше методу на расстоянии 1 м от основных габаритов рамы.

Так как лесопильная рама эксплуатируется в двухэтажных помещениях, то с учетом единообразия и сопоставимости результатов, по рекомендации Ю. М. Ильяшука (сентябрь, 1971 г.), мы исследовали акустическую мощность лесорам, излучаемую в пространство второго этажа помещения (по методике ГОСТа 11870—66)*.

Средние уровни звукового давления на опорном радиусе \bar{L}_r , дБ, вычисляют по формуле

$$\bar{L}_r = \bar{L} + 20 \lg \frac{r_s}{r_{\text{он}}},$$

где
$$\bar{L} = 10 \lg \left(\sum_{i=1}^n 10^{0,1L_i} \right) - 10 \lg n;$$

L_i — уровень звукового давления в i -той точке измерения;

n — количество точек измерения;

$$r_s = \sqrt{\frac{a(b+c)}{2}}$$
 — радиус эквивалентной полусферы, м;
 a, b, c — по рис. 1;

$r_{\text{он}} = 3$ — принятый опорный радиус, м ($r_{\text{он}} > r_s$).

Уровни звуковой мощности

$$L_w = \bar{L}_r + 18 \text{ дБ.}$$

Для РД 75-6 $r_s = 2,3$ м; для РД 75-7 $r_s = 2,6$ м.

Уровни звуковой мощности в октавных полосах частот приведены на рис. 2, из которого видно, что максимум звуковой мощности холостого хода излучается в октавной полосе со среднегеометрической частотой 500 гц. Звуковая мощность при пилении почти равномерно распределена по нормируемым полосам частот.

Характеристики направленности излучения лесорам включают в себя угловое распределение уровней звукового давления и показатель направленности излучения. В угловое распределение уровней входят значения уровней звукового давления, измеренные обычно через каж-

* Применяемая при измерениях аппаратура включала шумомер Ш-63-1 и анализатор спектра шума АШ-2М.

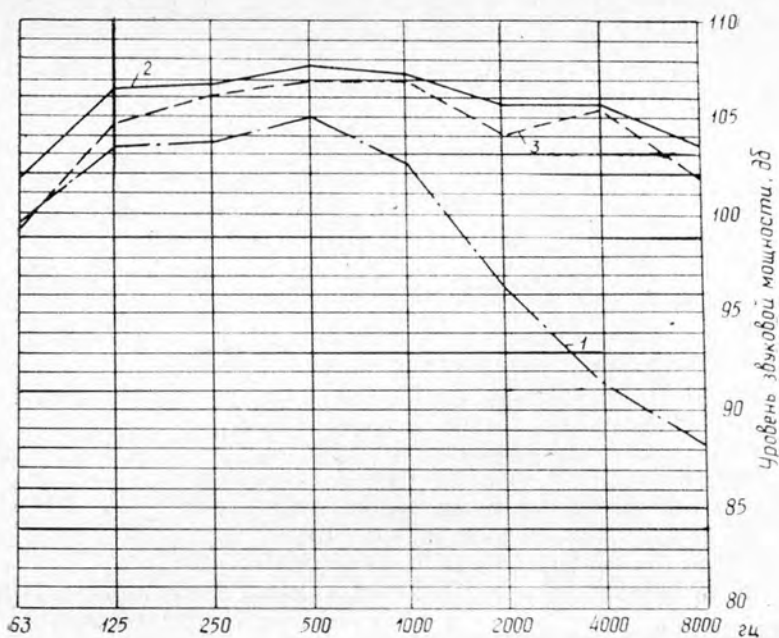


Рис. 2.

1 — при холостом ходе лесорам РД 75-6; 2 — при рабочем ходе лесорам РД 75-6; 3 — при рабочем ходе лесорам РД 75-7.

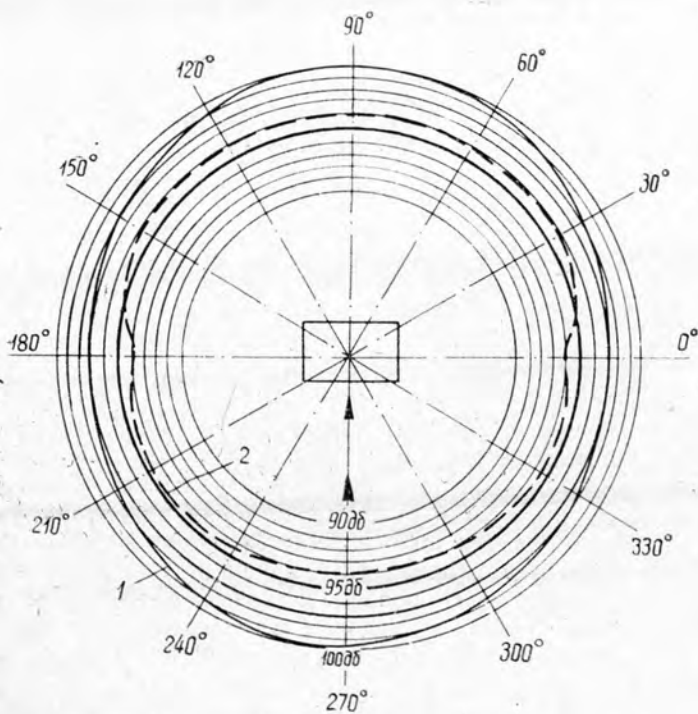


Рис. 3.

дые 30° в какой-либо плоскости на сферической или полусферической поверхности. Замеры следует проводить в зоне действия прямого звука.

Исследовать угловое распределение уровней для лесопильных рам в условиях свободного звукового поля не представляется возможным. Это исследование проведено нами в закрытом помещении (ДОЗ Свердловского треста «Стройдеталь-70»). При этом спад уровней звукового давления при удвоении расстояния составил 4 и 5 дБ соответственно при пилениях и холостом ходе.

На рис. 3 приведены угловые распределения уровней звукового давления лесорам РД 75-6 в горизонтальной плоскости (высота от уровня пола второго этажа равна 1,4 м) на расстоянии 3 м от вертикальной оси лесорамы при холостом и рабочем ходах (при высоте пропла 1,5 м).

Показатель направленности излучения

$$ПН = L - \bar{L},$$

где L — уровень звукового давления, измеренный в заданном направлении, дБ;

\bar{L} — усредненный по всем направлениям уровень звукового давления, дБ.

Имеем для холостого хода $\bar{L} \approx 95$ дБ, для рабочего $\bar{L} \approx 99$ дБ. Видно, что уровни звукового давления в точках вокруг лесорамы отличаются друг от друга не более чем на 2 дБ при холостом ходе и на 3 дБ при пилениях. На оси подачи бревен в лесораму уровни шума при пилениях и холостом ходе несколько выше, чем на поперечной оси лесорамы. При пилениях это объясняется экранирующим действием боковин лесорамы, а при холостом ходе в указанном направлении проникает также шум от ударов в подшипниках колленчатого вала и головках шатуна.

В инженерных акустических расчетах часто фигурирует так называемый коэффициент, или фактор направленности по рассматриваемому направлению. Он связан с показателем направленности следующей зависимостью:

$$ПН = 10 \lg \bar{\Phi}$$

или

$$\Phi = 10^{0,1 ПН}.$$

Величина $ПН$ при рабочем ходе составляет 1—2 дБ, при холостом — 1 дБ. Тогда $\Phi \approx 1$ для обоих случаев.

Таким образом, лесопильные рамы — ненаправленные источники (или точечные излучатели), у которых характеристика направленности сферическая.

Поступила 26 октября 1973 г.

УДК 634.0812

УЧЕТ СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ РАСКАЛЫВАНИИ И РЕЗАНИИ

В. В. ГАМОВ

Брянский технологический институт

При исследовании процессов раскалывания и резания древесины вдоль волокон учитывают прочность клеток и межклеточного вещества, зоны древесины и направление ее разрушения. Установлено различие значений разрушающего усилия при перерезании волокон и их расслаивании по межклеточному веществу. Анализируется влияние некоторых факторов на характер изменения опережающей трещины.

Исследование структурно-механических свойств волокнистых полимерных материалов [2], [3] позволяет по-новому рассмотреть некоторые явления, наблюдаемые при резании древесины. Изучим процесс образования опережающей трещины, возникающей при раскалывании и резании различных зон древесины вдоль волокон, и изменения разрушающих сил с учетом клеточного строения самой древесины. Проникновению клина в древесину при раскалывании (рис. 1) препятствуют силы, обусловленные прочностью клеток и межклеточного вещества, упруго-вязко-пластическими свойствами всей многофазной системы в целом, жесткостью объемно недеформированных частей, остротой лезвия и др.

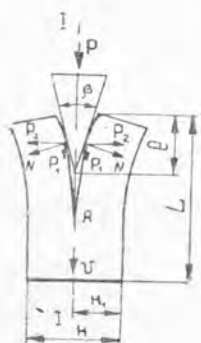


Рис. 1.

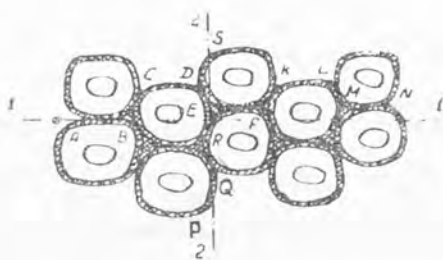


Рис. 2.

В момент касания древесины режущая кромка клина относительно клеток, изображенных на поперечном разрезе древесины (рис. 2), занимает положение $I-I$ при тангенциальном раскалывании или $2-2$ при радиальном раскалывании. Внедряясь в древесину, клин (резец) разрезает клетки вдоль их длины, а на участке AB (рис. 2) разрушает межклеточное вещество. Если радиус затупления клина соизмерим с диаметром клеток, то вместо резания наблюдается смятие клеток и их относительный сдвиг по межклеточному веществу до момента появления опережающей трещины. Клеточные оболочки состоят, в основном, из

целлюлозных волокон; эти оболочки значительно прочнее аморфного межклеточного вещества, компонентами которого являются лигнин и пектополиурониды. Если бы с начала внедрения клина разрушение древесины происходило только по межклеточному веществу, то значение действующего по стрелке ν усилия P (рис. 1) было бы меньше фактического. Но вначале клину приходится разрушить более прочные, по сравнению с межклеточным веществом, клетки на пути l , прежде чем образуется опережающая трещина. При разрушении клеток, в силу особенностей их строения, опережающие трещины выражены весьма слабо, о чем свидетельствует микроскопический анализ. До появления опережающей трещины разделение древесины происходит под действием горизонтальных составляющих сил P_2 .

Вертикальные составляющие P_1 производят давление в зоне растянутой древесины нормально силам P_2 , способствуя разрыву межклеточного вещества и клеток, напряженно растягиваемых горизонтальными силами P_2 .

На участке l (рис. 1) образуются микротрещины в тех местах, где клин внедряется между клетками. При перемещении клина по стрелке ν эти микротрещины, увеличиваясь, в основном, устремляются к плоскости раскалывания $I-I$ (след плоскости). Так как на пути l (рис. 1) разрушаются, в основном, одни клетки (рис. 2), то на этом участке нет опережающей макротрещины. Прежде всего, клетки до определенного момента являются своего рода сдерживающим фактором в части появления опережающей макротрещины. Увеличение сил P_2 и P_1 при внедрении клина влечет за собой возрастание микротрещин вглубь и вширь. После разрушения «клеточного барьера» на участке l микротрещины образуют общую поверхность скольжения по межклеточному веществу — опережающую трещину с вершиной в точке A (рис. 1). В момент образования опережающей трещины упругие деформации спрессованных клином участков древесины (клеток и межклеточного вещества), контактируемых с его рабочими гранями, усиливают динамику процесса, являясь как бы дополнительным толчком, в результате чего момент сил N относительно вершины опережающей трещины носит динамический характер. Эта динамичность разрушающего момента зависит не только от упруго-вязко-пластического состояния контактируемого с клином объема многофазной системы при рабочей скорости перемещения клина, но и от угла заострения β , жесткости раздвигаемых частей.

Вследствие указанного динамического момента разрушающая сила P в условиях ниже описываемого эксперимента падала от P_{max} до P_{min} (рис. 3 и 5), минуя $P_{ст}$ (стабильную раскалывающую силу на последующем пути продвижения клина до окончательного раскалывания древесины). Сама же опережающая трещина в момент ее образования несколько длиннее, чем при установившемся режиме раскалывания. После появления опережающей трещины поверхностью раздела становится уже не плоскость $1-1$ или $2-2$, а поверхность $ABCDETKLMN$ или $PQREDS$ (рис. 2). Направление поверхности раздела при раскалывании после появления опережающей трещины определяется направлением продольных осей веретенообразных клеток (волокон либриформа или трахеид), а не направлением усилия P , так как лезвие клина уже не принимает участия в раскалывании.

С целью выявления характера изменения усилия P , действующего на клин при внедрении его в древесину, был произведен следующий эксперимент. Прямослойные листовенные образцы влажностью 15% раскалывали на две равные части (рис. 1) на машине МР-05 (шкала B). Размеры образцов: толщина $H = 5$ мм ($H_1 \approx 0,5H$), ширина

$B = 10$ мм (на рис. 1 величина B не показана), длина $L = 50$ мм. Раскалывание производилось в радиальном направлении (рис. 3, поз. 3 и рис. 5) и в тангенциальном: сначала лишь по поздней древесине (рис. 3, поз. 1), а затем только по ранней (рис. 3, поз. 2). Симметричный клин имел следующую характеристику: сталь 9Х5ВФ, твердость 56 HRC, класс шероховатости рабочих поверхностей 9, радиус затупления $\rho = 5$ мк, угол заострения $\beta = 25^\circ$.

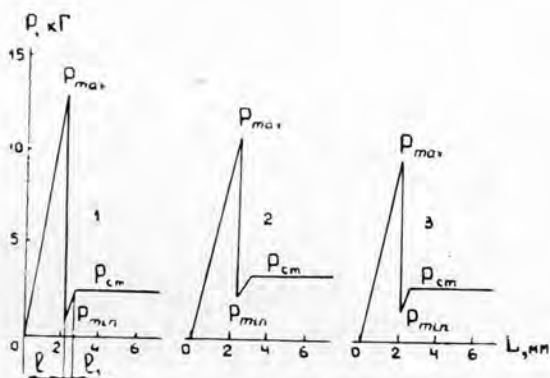


Рис. 3.

На рис. 3 представлена зависимость силы P , действующей на клин, от пути продвижения его по стрелке v . Наибольшее значение P получается при внедрении клина в позднюю древесину в тангенциальном направлении (поз. 1), так как лезвие клина перерезает самые толстостенные и прочные клетки (плоскость 1—1 на рис. 2). Величина P_{min} (поз. 1) наименьшая вследствие большого динамического момента, который возрастает с увеличением прочности клеток и жесткости раскалываемых частей (на величину $H = 5$ мм приходилось 3 поздние зоны и 2,7 ранней зоны). Значение $P_{ст}$ (поз. 1) наименьшее из-за большой жесткости разъединяемых частей (наибольшая опережающая трещина). При раскалывании образцов по ранней древесине в тангенциальном направлении (рис. 3, поз. 2) P_{max} имеет меньшее по сравнению с поз. 1 значение, так как перерезаются менее прочные трахеиды с тонкими оболочками. Значение P_{min} здесь выше, чем в первом случае, из-за меньшего динамического момента — меньшая прочность клеток и низкая жесткость раскалываемых частей (на величину $H = 5$ мм приходилось ≈ 3 ранние и 2 поздние зоны). Величина $P_{ст}$ в этом случае выше, чем в первом, так как меньше жесткость раскалываемых частей (меньшая опережающая трещина). При радиальном раскалывании (рис. 3, поз. 3 и рис. 5, поз. 1; плоскость 2—2 на рис. 2) P_{max} имеет наименьшее значение. В этом случае создаются наилучшие условия для образования микротрещин, а затем и макротрещин; при этом влияет характер соединения клеток.

Значения P_{min} и $P_{ст}$ позиции 3 рис. 3 занимают промежуточное положение между P_{min} и $P_{ст}$ позиций 1 и 2 рис. 3, что следует признать закономерным, так как раскалываются ранняя и поздняя зоны.

Размеры ранних и поздних трахеид лиственницы, по В. Е. Вихрову [1], показаны в табл. 1.

На рис. 5, поз. 2 показано увеличение силы P на пути $l + l_1$ при повторном введении клина в только что образовавшуюся опережающую

Таблица 1

Трахены	Размеры трахенд, мк	
	ранних	поздних
Диаметр		
радиальный	52,40	21,78
тангенциальный	32,04	27,41
Толщина оболочек	3,32	6,60
Толщина срединной пластинки	1,45	3,14
Длина трахенд	2470	2730

трещину образца. На этом пути сила P преодолевает жесткость раскалываемых частей древесины. Далее сила $P = P_{ст}$ затрачивается на расслаивание клеток по межклеточному веществу при наличии опережающей трещины.

Позиция 3 на рис. 5 показывает изменение силы P при введении клина в трещину глубиной $\approx 0,2l$, полученную предварительным раскалыванием. С этой целью использовали образцы, показанные на рис. 4. Лепестки размерами $B \times 10 \times 0,5$ мм оставляли на образце для того, чтобы ввести острие клина в трещину сложной конфигурации типа PQREDS (рис. 2) без перерезания клеток, так как сама трещина сомкнута и невидима глазом. При введении клина в образец (рис. 4) клетки не перерезались, а расслаивались. После перемещения клина на величину $l' = 0,89l$ появлялась опережающая трещина длиной 8,7 мм. Перед появлением опережающей трещины сила P достигала значения $P'_{max} = 4,1$ кг. По мере продвижения клина на величину $l'_1 = 1,6l$ длина опережающей трещины увеличивалась до 12,2 мм, а сила P уменьшалась от P'_{max} до $P_{ст}$. Динамичность процесса раскалывания в этом случае выражена значительно слабее по сравнению с поз. 1, поэтому здесь отсутствует величина P_{min} . Для радиального раскалывания $l = 2,26$ мм; $l_1 = 0,42$ мм; $P_{max} = 9,7$ кг; $P_{min} = 1,6$ кг; $P_{ст} = 2,9$ кг.

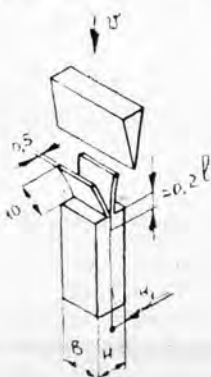


Рис. 4.

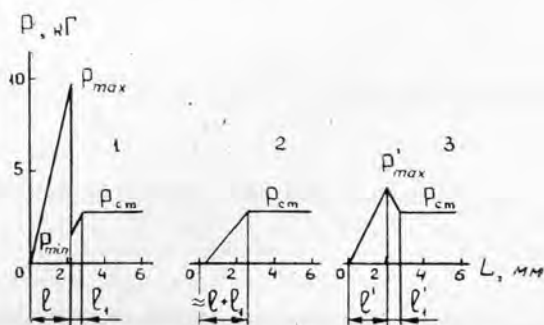


Рис. 5.

Следовательно, усилие P'_{max} затрачивается на расслаивание древесины по межклеточному веществу и на преодоление жесткости раскалываемых частей перед началом образования опережающей трещины, а усилие P_{max} — в основном, на перерезание клеток и преодоление жесткости раскалываемых частей древесины также в момент, пред-

шествующий образованию опережающей трещины. Из сравнения P_{max} и P'_{max} (рис. 5, поз. 1 и 3) видно, что на перерезание самих клеток затрачивается значительно большее усилие, чем на их расслаивание по межклеточному веществу.

При радиальном раскалывании усилие P падало до нуля, когда лезвие клина находилось на расстоянии 25—32 мм от нижнего торца образца. Раскалывание клиньями с углами заострения β , равными 25, 35 и 45°, показало, что с увеличением β уменьшалась величина l и возрастало значение P_{max} .

Многое из сказанного о раскалывании имеет непосредственное отношение к процессу резания вдоль волокон древесины, так как при таком резании наблюдается периодически повторяющееся перерезание клеток и их расслаивание по межклеточному веществу. С рассмотренных позиций можно более детально объяснить явления, наблюдаемые при резании древесины, что позволяет развить некоторые положения проф. И. А. Тиме и дополнить его классические схемы стружкообразования, а также использовать материалы исследований на практике. Например, на диаграмме изменения сил при резании вдоль волокон древесины по Тиме (рис. 6) наблюдаемое периодически повторяющееся явление сил резания P_1 от 0 до P_{1max} при внедрении реза в древесину на величину Δ вызвано, в основном, перерезанием самих клеток. В момент появления опережающей трещины сила P_1 падает от P_{1max} до P_{1min} вследствие указанного выше динамического момента. На диаграмме (рис. 6) величина P_{1min} равна нулю, но это частный случай. Если бы не было надлома элемента стружки (что возможно при большей толщине снимаемого слоя или меньшем угле резания, чем у Тиме), то на диаграмме (рис. 6) не было бы периодического повторения P_{1max} , а сама диаграмма была бы подобна одной из схем рис. 3.

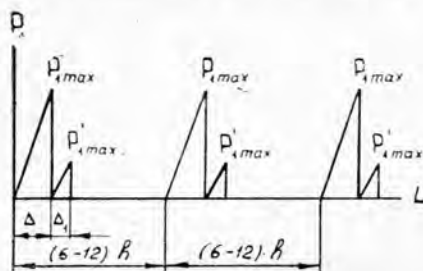


Рис. 6.

В этих условиях клеточный барьер преодолевался бы всего один раз, что привело бы к меньшим затратам мощности на резание (скалывание). При сьеме слоя древесины клетки перерезались бы только в начальный период перемещения реза на протяжении пути Δ вдоль их длины, как и при раскалывании.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. Е. Вихров. Строение и физико-механические свойства ранней и поздней древесины сибирской лиственницы. АН СССР. Труды Института леса, т. IV, 1949. [2]. В. В. Гамов. Структурно-механические свойства древесностружечных плит. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1970. [3]. В. В. Гамов. К вопросу о структурно-механических свойствах древесины. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1970.

УДК 674.023

ВЛИЯНИЕ ШАГА ЗУБЬЕВ РАМНЫХ ПИЛ НА СИЛЫ РЕЗАНИЯ И ОТЖИМА

Е. М. БОРОВИКОВ

Архангельский лесотехнический институт

Приведены результаты экспериментального определения сил резания и отжима при пилении древесины ели и сосны рамными пилами с шагом зубьев 26 и 40 мм. Даны зависимости силы резания и отжима от подачи на зуб для пил с разным шагом зубьев.

Для исследования вопроса о влиянии шага зубьев на силы резания и отжима нами была проведена серия опытных распиловок еловых образцов (высота пропила 200 мм) рамными пилами (шаг плюшевых зубьев 26 и 40 мм) при подачах на двойной ход пильной рамки

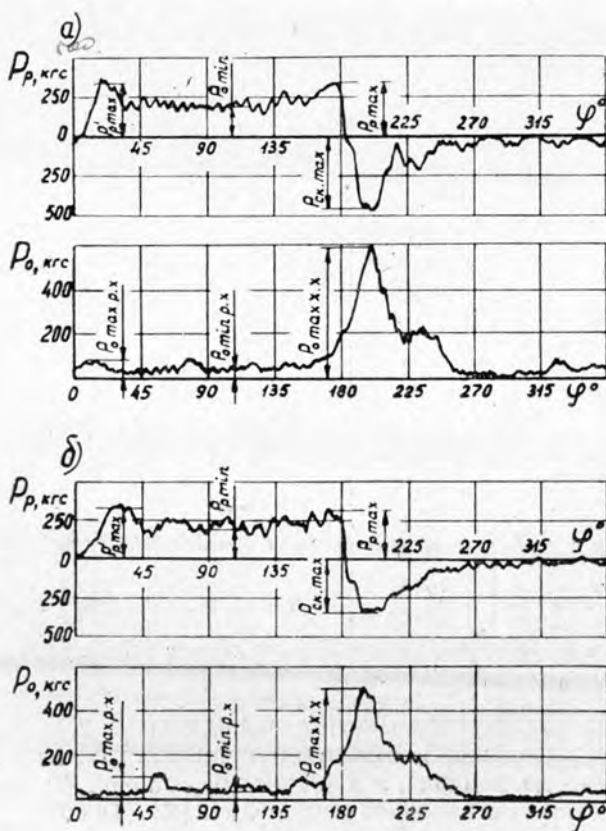


Рис. 1.

а — для пилы с $f = 26$ мм; б — для пилы с $f = 40$ мм.

$U_{\text{дв.ход}} = 10, 20, 30, 40$ и 50 мм/дв. ход *. Толщина пил $2,2$ мм, средняя длина главной режущей кромки зубьев $4,1$ мм, угловые элементы и остальные параметры зубьев были выполнены в соответствии с ГОСТом 5524—62. Зубья пил после заточки подшлифовывали, что обеспечивало достаточно высокую остроту главной режущей кромки ($\rho \approx 10$ мк). В процессе распиловки производили осциллографирование сил резания и отжима на установке, описанной в одной из наших работ [1].

На рис. 1 показаны снятые с осциллограмм типичные графики изменения сил резания и отжима за один двойной ход пильной рамки при пиленнии рамной пилой с шагом зубьев 26 и 40 мм для подачи $U_{\text{дв.ход}} = 40$ мм/дв. ход; существенных различий между графиками не наблюдается. Кривые почти идентичны, за исключением пиковых значений за холостой ход пил $P_{\text{ск.мах}}$ и $P_{\text{отмах.х.х}}$; эти значения заметно меньше для рамной пилы с $t = 40$ мм.

Для количественной оценки показателей изменения сил резания и отжима получены их средние значения (табл. 1).

Ход пильной рамки	Показатели сил резания и отжима	$U_{\text{дв.хода}} = 10$ мм/дв. ход			$U_{\text{дв.хода}} = 20$ мм/дв. ход		
		численные значения показателей, кгс	разность		численные значения показателей, кгс	разность	
			кгс	%		кгс	%
Рабочий	$P_{\text{р.ср}}$	$\frac{54,4}{49,2}$	+ 5,2	10,5	$\frac{109,4}{98,7}$	+ 10,7	10,8
	$P_{\text{р.мах}}$	$\frac{61,4}{66,9}$	- 5,5	8,2	$\frac{114,3}{130,7}$	- 16,4	12,6
	$P_{\text{р.мин}}$	$\frac{38,0}{46,4}$	- 8,4	18,1	$\frac{84,3}{94,4}$	- 10,1	10,6
	$P_{\text{р.мах}}$	$\frac{84,4}{76,5}$	+ 7,9	10,3	$\frac{170,2}{150,2}$	+ 20,0	13,3
	$P_{\text{ск.мах}}$	$\frac{123,4}{92,8}$	+ 30,6	33,0	$\frac{240,5}{183,3}$	+ 57,2	31,2
Холостой	$P_{\text{о ср.р.х}}$	$\frac{15,6}{12,9}$	+ 2,7	20,9	$\frac{31,2}{24,5}$	+ 6,7	27,4
	$P_{\text{о мах.р.х}}$	$\frac{27,0}{21,2}$	+ 6,8	32,0	$\frac{54,9}{40,6}$	+ 14,3	35,2
	$P_{\text{о мин.р.х}}$	$\frac{14,2}{5,95}$	+ 8,2	137,5	$\frac{22,0}{13,0}$	+ 9,0	69,0
	$P_{\text{о мах.х.х}}$	$\frac{163,8}{136,3}$	+ 27,5	20,2	$\frac{312,3}{261,5}$	+ 50,8	19,4

Примечание. Значения, указанные в числителе, соответствуют пиленнию рамной с $t = 40$ мм.

По данным табл. 1 построены графики (рис. 2, а, б), из которых видно, что силы резания и отжима при пиленнии обеими пилами изменяются линейно до подачи на двойной ход, равной 40 мм. Эти данные хорошо согласуются с данными работ [3] и [2]. Для $U_{\text{дв.ход}} = 50$ мм/дв. ход при пиленнии пилой с шагом $t = 26$ мм линейная зависимость нару-

* Распиловки производили на лесопильной раме с ходом пильной рамки 500 мм.

шается и силы резания возрастают более интенсивно, чем для меньших значений $U_{\text{дв.ход}}$. Это увеличение сил, как указывалось в одной из наших работ [2], вызвано недостаточной вместимостью впадин между зубьями.

На графиках (рис. 2, а, б) заметно, что кривые проходят практически через начало координат. Очевидно, для остро заточенных зубьев пил, что имеет место в нашем случае, величина сопротивления резанию при $U_z = 0$ незначительна. По данным М. Сивака [4], при торцовом резании ели эта величина примерно равна 0,1 кгс на 1 мм лезвия. Поэтому для упрощения расчетов линии на графиках проведены через начало координат.

Данные табл. 1 показывают, что по абсолютной величине силы резания и отжима больше при пилении рамной пилой с шагом зубьев 26 мм, чем пилой с шагом зубьев 40 мм, при одних и тех же подачах на двойной ход пильной рамки.

Такое различие отчетливо наблюдается для большинства принятых показателей сил резания и отжима.

Таблица 1

$U_{\text{дв.хода}} = 30 \text{ мм/дв.ход}$			$U_{\text{дв.хода}} = 40 \text{ мм/дв.ход}$			$U_{\text{дв.хода}} = 50 \text{ мм/дв.ход}$		
численные значения показателей, кгс	разность		численные значения показателей, кгс	разность		численные значения показателей, кгс	разность	
	кгс	%		кгс	%		кгс	%
162,3			220,4			280,0		
146,6	+ 15,7	10,7	196,1	+ 24,3	12,4	245,1	+ 34,9	14,2
192,6			280,3			430,7		
196,5	- 3,9	1,98	260,8	+ 19,5	7,3	318,5	+ 112,2	35,2
125,2			170,8			251,7		
144,2	- 19,0	13,2	189,6	- 18,8	9,9	239,0	+ 12,7	53,2
252,6			329,5			483,8		
225,2	+ 27,4	12,2	300,4	+ 29,1	9,7	373,6	+ 110,2	29,8
362,0			467,0			764,7		
276,8	+ 85,2	30,8	368,3	+ 98,7	26,8	460,3	+ 204,4	44,2
46,2			63,0			100,2		
36,2	+ 10,0	27,7	49,1	+ 13,9	28,4	61,2	+ 39,0	63,8
81,8			110,5			138,0		
62,3	+ 19,5	31,4	81,6	+ 28,9	35,2	101,4	+ 36,6	36,1
32,3			40,8			61,3		
20,9	+ 11,4	54,6	28,8	+ 12,0	41,7	36,6	+ 24,7	67,5
477,7			592,3			742,5		
374,4	+ 103,3	27,6	486,2	+ 106,1	21,9	600,1	+ 142,4	23,7

пилы с шагом зубьев $t = 26 \text{ мм}$, а в знаменателе — пилению рамной пилой

Целесообразно подсчитать среднее отношение значений сил резания и отжима для подач на двойной ход 10, 20, 30, и 40 мм/дв. ход.

Отношения (1), полученные для пил с шагом зубьев 40 и 26 мм, приведены на стр. 74.

С достаточной точностью можно принять, что силы резания и отжима меняются линейно с изменением шага зубьев пил от 26 до 40 мм. Эту зависимость можно выразить уравнением прямой (2).

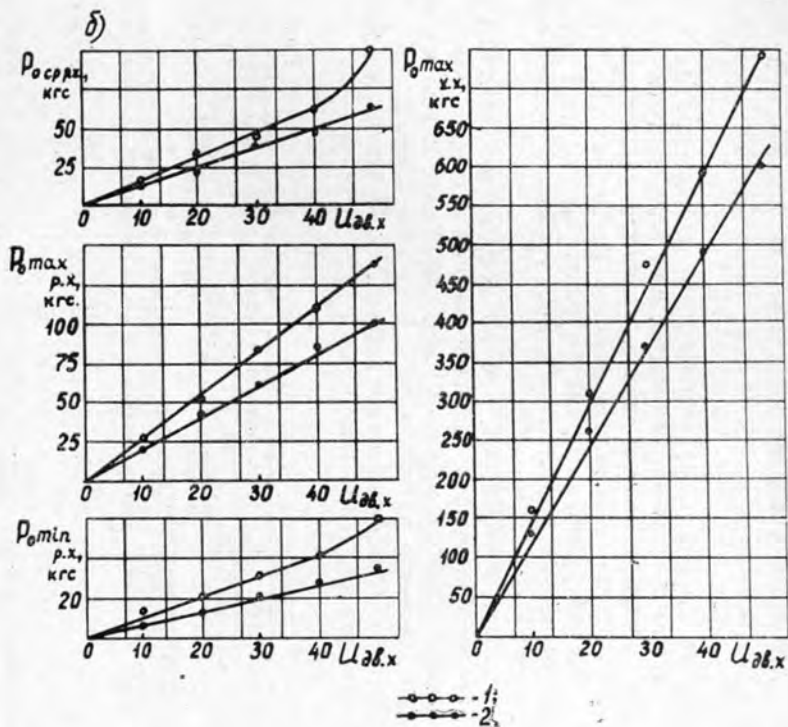
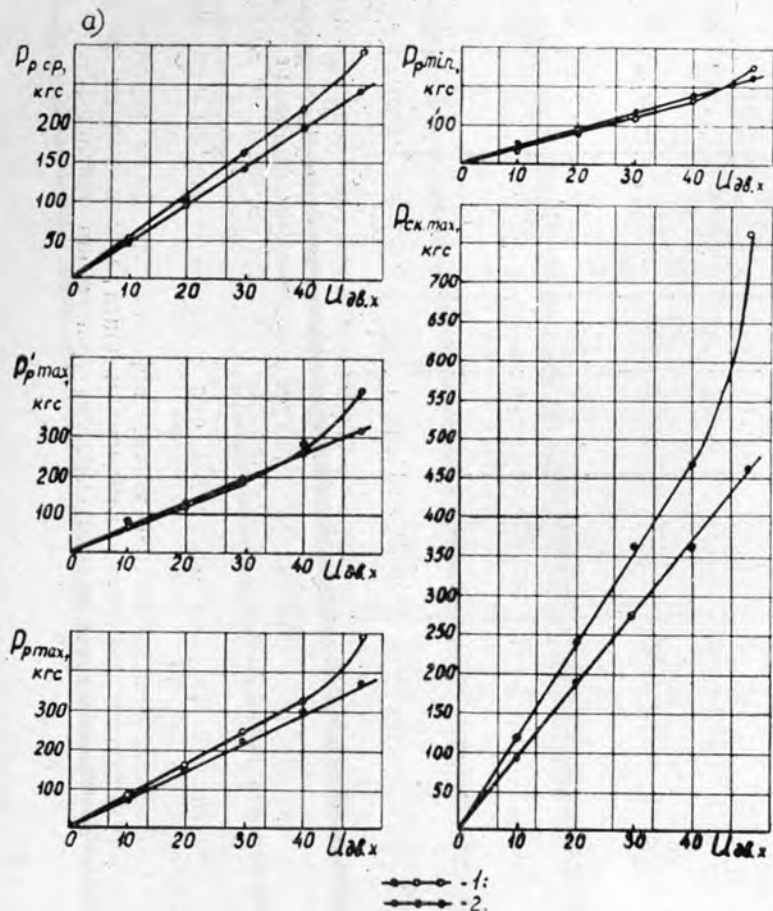


Рис. 2. Изменение сил резания (а) и отжима (б) в зависимости от подачи на двойной ход пильной рамки.

1 — для пилы с шагом зубьев 26 мм; 2 — с шагом зубьев 40 мм.

$$\left. \begin{aligned} \frac{P_{p. cp} (40)}{P_{p. cp} (26)} &= 0,896; & \frac{P'_{p max} (40)}{P'_{p max} (26)} &= 1,007; \\ \frac{P_{p min} (40)}{P_{p min} (26)} &= 1,13; & \frac{P_{p max} (40)}{P_{p max} (26)} &= 0,9; \\ \frac{P_{ск max} (40)}{P_{ск max} (26)} &= 0,78; & \frac{P_{o. cp. p.x} (40)}{P_{o. cp. p.x} (26)} &= 0,778; \\ \frac{P_{o min} (40)}{P_{o min} (26)} &= 0,628; & \frac{P_{o max x.x} (40)}{P_{o max x.x} (26)} &= 0,815, \end{aligned} \right\} (1)$$

$$P_{xi} = \left[\frac{(k-1)}{14} (t_{xi} - 26) + 1 \right] \cdot P_{26} \text{ кгс}, \quad (2)$$

где P_{xi} — сила, возникающая при пилении рамной пилой с шагом зубьев t_{xi} ;

P_{26} — сила, возникающая при пилении рамной пилой с шагом зубьев $t = 26$ мм;

$$k = \frac{P_{40}}{P_{26}}.$$

Подставив в уравнение (2) значения k из выражений (1), получим

$$\left. \begin{aligned} P_{p. cp} (xi) &= (1,193 - 0,0743t_{xi}) \cdot P_{p. cp} (26) \text{ кгс}; \\ P'_{p max} (xi) &= P'_{p max} (26) \text{ кгс}; \\ P_{p min} (xi) &= (0,758 + 0,0093t_{xi}) \cdot P_{p min} (26) \text{ кгс}; \\ P_{p max} (xi) &= (1,185 - 0,00715t_{xi}) \cdot P_{p max} (26) \text{ кгс}; \\ P_{ск max} (xi) &= (1,409 - 0,0157t_{xi}) \cdot P_{ск max} (26) \text{ кгс}; \\ P_{o. cp. p.x} (xi) &= (1,409 - 0,0157t_{xi}) \cdot P_{ск max} (26) \text{ кгс}; \\ P_{o max p.x} (xi) &= (1,465 - 0,0178t_{xi}) \cdot P_{o max p.x} (26) \text{ кгс}; \\ P_{o min p.x} (xi) &= (1,687 - 0,0265t_{xi}) \cdot P_{o min p.x} (26) \text{ кгс}; \\ P_{o max x.x} (xi) &= (1,344 - 0,0132t_{xi}) \cdot P_{o max x.x} (26) \text{ кгс}. \end{aligned} \right\} (3)$$

Расчет сил резания и отжима по данным формулам, несмотря на сделанные нами упрощения, дал достаточно высокую сходимость с экспериментальными данными. Отклонение расчетных значений сил резания и отжима от экспериментальных не превышает 3%.

Если допустить, что разные конфигурации впадин зубьев не влияют на силовые показатели процесса пиления, то при линейном изменении сил резания и отжима путем несложных расчетов можно доказать равенство этих сил при пилении пилами с разным шагом зубьев и одинаковой подаче за двойной ход пильной рамкой и прочих равных условиях. Тогда полученное экспериментальное различие в величине этих сил обусловлено только влиянием впадин зубьев. Чтобы количественно оценить влияние конфигурации впадин, определим силу, приходящуюся на один зуб при пилении пилами с шагом зубьев 26 и 40 мм. Данные расчета приведены в табл. 2.

По данным табл. 2 построены графики (рис. 3), которые дают наглядные представления об изменении сил резания и отжима, приходящихся на один зуб, с изменением подачи на зуб для случая пиления рамными пилами. Очевидно, разностью между численными значениями этих сил для пилы с шагом зубьев 26 и 40 мм при одной и той же

Таблица

Показатели сил резания и отжима	Численные значения показателей, кгс, при подачах на зуб, мм									
	0,52	1,04	1,56	2,08	2,6	0,8	1,6	2,4	3,2	4
	<i>t</i> = 26 мм					<i>t</i> = 40 мм				
$P_{z \text{ р. ср}}$	6,97	14,0	20,8	28,3	35,9	9,82	19,7	29,4	39,2	49
$P_{z \text{ ск max}}$	15,8	30,9	46,4	59,9	97,8	18,5	36,6	55,2	73,7	92
$P_{z \text{ о ср. р. х}}$	2,0	4,0	5,92	8,1	12,8	2,78	4,9	7,24	9,8	12,2
$P_{z \text{ о max х. х}}$	21,0	40,0	61,2	76,0	95,1	27,4	52,3	75,0	97,3	120

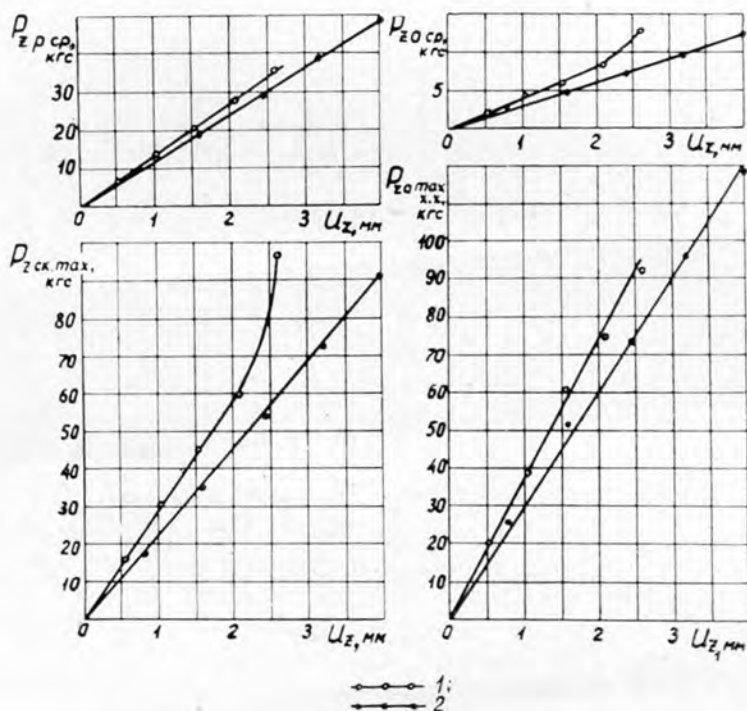


Рис. 3.

1 — для пилы с шагом зубьев 26 мм; 2 — с шагом зубьев 40 мм.

подаче на зуб характеризуется приращением сил, обусловленное различными размерами впадин между зубьями у этих пил. Для нахождения приращения составим уравнения прямых, проходящих через экспериментально определенные точки:

для рамной пилы с шагом зубьев $t = 26$ мм

$$P_{z \text{ р. ср}} = 13,45 \cdot U_z \text{ кгс};$$

$$P_{z \text{ ск max}} = 29,35 \cdot U_z \text{ кгс};$$

$$P_{z \text{ о ср. р. х}} = 3,84 \cdot U_z \text{ кгс};$$

$$P_{z \text{ о max х. х}} = 38,1 \cdot U_z \text{ кгс};$$

(4)

для рамной пилы с шагом зубьев $t = 40$ мм

$$\left. \begin{aligned} P_{z \text{ ср. р}} &= 12,25 \cdot U_z \text{ кгс;} \\ P_{z \text{ ск max}} &= 23,0 \cdot U_z \text{ кгс;} \\ P_{z \text{ ср. р. х}} &= 3,1 \cdot U_z \text{ кгс;} \\ P_{z \text{ о max х. х}} &= 31,5 \cdot U_z \text{ кгс.} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

По зависимостям (4) и (5) можно определить силы резания и отжима при пилении рамными пилами с шагом зубьев 26 и 40 мм для одинаковых значений подачи на зуб и количественно оценить изменение силы с изменением размеров впадин. Выполнив необходимые расчеты, получим, что для сил, приходящихся на один зуб, у пилы с шагом зубьев 40 мм по сравнению с пилой, имеющей шаг зубьев 26 мм, показатель $P_{\text{р. ср}}$ меньше на 9%, $P_{\text{ск. max}}$ — на 21,6%, $P_{\text{о. ср. р. х}}$ — на 18,6%, $P_{\text{о max х. х}}$ — на 17,4%. Все сказанное относится к пиленню древесины ели рамными пилами, имеющими разный шаг зубьев.

Целесообразно исследовать, справедливы ли для сосны зависимости, установленные при пилении ели. С этой целью были проведены опытные распиловки ($U_{\text{дв. х}} = 40$ мм/дв. ход) сосновых образцов рамной пилой с шагом зубьев 32 мм и длиной главной режущей кромки плущеных зубьев 4,1 мм при одновременном осциллографировании сил резания и отжима за один оборот коленчатого вала. В результате обработки осциллограмм получены средние значения для отдельных показателей сил резания и отжима, которые в дальнейшем сравнивали с расчетными. Расчетные значения подсчитывали по зависимостям (4), причем было принято $t_{xi} = 32$ мм, а вместо P_{26} подставляли значения из табл. 1 работы [2].

Сравнение расчетных значений с экспериментально определенными показало, что отклонения не превышают 4,5%. Поэтому при оценке влияния шага зубьев на силы резания и отжима при пилении сосны с достаточной точностью можно пользоваться зависимостями, установленными для ели. Следовательно, при пилении ели и сосны с одинаковой подачей на двойной ход и при одинаковой высоте пропила рамными пилами, имеющими разный шаг зубьев, наименьшие силы резания и отжима получены для пил с наибольшим шагом. Это уменьшение сил обусловлено, в основном, не меньшим количеством зубьев, находящихся в пропиле, а большими размерами впадин зубьев.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Е. М. Боровиков. Опытная установка для исследования процесса рамного пиления. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1963, [2]. Е. М. Боровиков. Влияние величины подачи на силы резания при распиливании древесины на лесопильных рамах. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1970. [3]. A. Chardin. Utilisation du pendule dynamometrique dans les recherches sur le sciage des bois. Revue bois et Forets des Tropiques 58, 1958, s. 49—61. [4]. M. Sivak. Rezny a zadieraci odpor dreva ako kriterium pre optimalizaciu ozubenia pilovych listov ramovych pil, VSLD, Zvolen, 1970.

Поступила 13 января 1972 г.

УДК 674.028.002.2

СКЛЕИВАНИЕ ДРЕВЕСИНЫ, АНТИПИРИРОВАННОЙ КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКИМИ ПОЛИМЕРАМИ

В. М. ХРУЛЕВ

Новосибирский инженерно-строительный институт

Р. И. РЫКОВ

Иркутский политехнический институт

Об антипирирующем эффекте при пропитке древесины кремнийорганическими полимерами. Приведены данные о прочности склеивания пропитанной древесины фенольным, резорциновыми и эпоксидным клеями.

Известно, что пропитка кремнийорганическими полимерами целлюлозных материалов — бумаги, картона, тканей — придает им гидрофобные свойства, повышает теплостойкость, снижает возгораемость [1]. Представляет интерес добиться таких свойств и при обработке кремнийорганическими полимерами натуральной древесины, идущей на изготовление строительных конструкций.

В связи с этим нами проведены опыты по проверке огнезащитного эффекта и склейки древесины сосны, пропитанной кремнийорганическими жидкостями ГКЖ-10, ГКЖ-11 и ГКЖ-94. Первые две жидкости представляют собой водно-спиртовые растворы полиэтилсиликоната и полиметилсиликоната натрия, а последняя является полиэтилгидросилоксановым полимером, растворенным в бензине, ксилоле, толуоле, дихлорэтане или уайт-спирите.

Связывание кремнийорганических полимеров с обрабатываемыми материалами происходит за счет гидроксильных групп, входящих в состав этих материалов, с выделением воды или водорода в качестве побочного продукта реакции. Прежде чем проверить способность пропитанной древесины к склеиванию, мы провели испытания на огнестойкость, чтобы включить в серию опытов лишь те виды пропиток, которые дают ощутимый антипирирующий эффект.

Для проведения опытов из древесины сосны вырезали образцы размером $10 \times 10 \times 120$ мм. Пропитку кремнийорганическими жидкостями осуществляли в открытых ваннах при нормальном атмосферном давлении; время пропитки 14—48 час, температура высушивания пропитанных заготовок 20—60°C. После пропитки жидкостями ГКЖ-10 и ГКЖ-11 древесина приобретает желтый оттенок; при этом полимер проникает в образцы вдоль волокон на глубину 4—6 мм, а поперек волокон на глубину 1,5—2 мм.

Огнезащитный эффект пропитки проверяли методом «огневая труба», разработанным сотрудниками ВНИИ Противопожарной обороны [2].

На образец, подвешенный в трубке диаметром 50 мм, в течение 3 мин действовал огонь из горелки; после удаления горелки по секундомеру регистрировали время самостоятельного горения образца. Огнезащитный эффект пропитки определяли по потере веса образца при действии огня, сравнивая полученные цифры с потерей веса кон-

Таблица 1

Пропитка	Объемный вес исходной древесины, кг/см ³	Объемный вес пропитанной древесины, кг/см ³	Расход смолы		Потеря веса при огневых испытаниях, %	Время самостоятельного горения, сек
			на 1 см ² поверхности, г	на 1 см ³ древесины, г		
ГКЖ-94	0,458	0,556	0,0163	0,098	80,0	180
ГКЖ-10	0,512	0,589	0,013	0,077	32,8	50
	0,450	0,673	0,037	0,223	13,5	0
ГКЖ-11	0,472	0,569	0,0161	0,097	41,2	40
	0,463	0,605	0,0271	0,142	6,3	0
Без пропитки	0,428	—	—	—	87	180

трольных непропитанных образцов. Согласно установленным нормам защита древесины от огня считается удовлетворительной, если потеря веса не превышает 20%.

Результаты огневых испытаний древесины, пропитанной кремнийорганическими соединениями (табл. 1), показывают, что жидкости ГКЖ-10 и ГКЖ-11 при расходе 0,142—0,223 г/см³ обладают антипирлирующим действием: при действии огня в течение 3 мин пропитанная древесина не воспламеняется. Значительно слабее действие жидкости ГКЖ-94; у образцов, пропитанных этой жидкостью, потеря веса после огневых испытаний примерно в полтора раза больше, а время самостоятельного горения в четыре раза больше, чем у образцов, пропитанных ГКЖ-11, при почти одинаковом содержании полимеров в древесине. Образцы, пропитанные ГКЖ-94, после удаления источника огня продолжают интенсивно гореть до полного сгорания так же как и контрольные, непропитанные. Следовательно, из опробованных полимеров огнезащитным эффектом обладают жидкости ГКЖ-10 и ГКЖ-11.

Для проверки способности к склеиванию древесины, пропитанной кремнийорганическими соединениями, из заготовок, указанных выше, изготовляли образцы на скалывание по клеевому шву в соответствии с руководством по испытанию физико-механических свойств модифицированной древесины [3]. Одновременно брали контрольные образцы тех же размеров из непропитанной древесины. Площадь скалывания по клеевому шву 20×30 мм (последний размер — вдоль волокон). Образцы склеивали феноло-формальдегидным клеем КБ-3, резорциноформальдегидными ФР-12, ФР-50, ФР-100 и эпоксидным на основе смолы ЭД-5, а также клеем на смоле УФФ, полученной на кафедре химической технологии в Иркутском политехническом институте путем обработки формальдегидом некоторых углеводородных фракций каменноугольных смол. Склеивание производили холодным способом при температуре 18—20°C по технологии, рекомендуемой для модифицированной древесины [4]. Прочность клевого шва образцов определяли в сухом состоянии с регистрацией относительного разрушения древесины в соединении.

Результаты определения прочности склеивания древесины, пропитанной кремнийорганическими жидкостями (табл. 2), показали, что способность к склеиванию больше всего сохраняет древесина, пропитанная жидкостью ГКЖ-94 (гидрофобизатором), хотя показатели прочности ее клевого шва заметно ниже, чем у натуральной древесины. Нельзя не учитывать, что химическая связь с древесиной кремнийорганических полимеров за счет реакции атомов водорода с гидроксильными целлюлозных компонентов существенно уменьшает возможность образо-

Таблица 2

Пропитка	Предел прочности при скалывании вдоль волокон по клеевому шву, кгс/см ² (числитель) и процент разрушения шва по древесине (знаменатель) образцов на клеях					
	КБ-3	ФР-12	ЭД-5	УФФ	ФР-50	ФР-100
ГКЖ-10	0	35,6	22,7	48,7	56	42
	0	2	0	0	93	10
ГКЖ-11	0	57,7	41,2	24,1	66	11
	0	21	0	0	66	0
ГКЖ-94	60,4	41,8	58,2	51,0	—	—
	63	7	7	17	—	—
Без пропитки	85	61	90,9	68	75	77
	88	75	100	90	92	100

вания водородных связей при адгезионном контакте клеев с пропитанной древесиной.

Невысоки также показатели склеивания древесины, пропитанной жидкостями ГКЖ-10 и ГКЖ-11. Здесь, помимо блокирования водородных связей, влияет, очевидно, и щелочность полиалкилсиликонатов натрия. Особенно отчетливо это проявляется при использовании клея КБ-3, в котором содержится кислотный катализатор — керосиновый контакт Петрова. Возможно, щелочная среда нейтрализует действие катализатора, и отверждение клея приостанавливается.

Среди использованных клеев лучшие результаты показал клей на основе смолы УФФ. В отдельных случаях он склеивает пропитанную древесину прочнее, чем натуральную; прочность склеивания пропитанной древесины составляет 70—75% от прочности контрольных образцов. Удовлетворительную прочность также обеспечивают и резорциновые клеи ФР-12, ФР-50 и ФР-100.

Проведенные опыты позволяют заключить, что пропитка древесины некоторыми кремнийорганическими жидкостями — один из способов повышения ее огнестойкости. Последующая проверка способности к склеиванию древесины, пропитанной этими жидкостями, показала возможность получения удовлетворительных результатов и, следовательно, перспективность использования кремнийорганических пропиток в технологии изготовления клееных деревянных конструкций и изделий. Из опробованных клеев более надеживающие результаты показали резорциноформальдегидные клеи и клеи на основе смолы УФФ, близкой по технологии синтеза к смолам фенольного и резорцинового типов.

ЛИТЕРАТУРА

- Ш, Е. А. Лаская, М. Г. Воронков. Кремнийорганические водоотталкивающие покрытия. Изд-во «Будівельник», Киев, 1968. [2]. Защита древесины от возгорания. Научное сообщение ЦНИИСК, Стройиздат, М., 1958. [3]. Методы физико-механических испытаний модифицированной древесины. Стройиздат, М., 1972. [4]. В. М. Хрулев, Г. М. Шутов, Е. Г. Мельников. Склеивание модифицированной древесины и перспективы ее применения. Изд. БелИНТИ, Минск, 1971.

Поступила 29 октября 1973 г.

УДК 674.05

ПРИБЛИЖЕННЫЙ РАСЧЕТ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЖЕНИЙ ЦЕПНОГО ДРОВОКОЛЬНОГО СТАНКА

Т. М. ШКИРЯ

Львовский лесотехнический институт

Проведен динамический анализ цепного древокольного станка. Приведена обоснованная эквивалентная схема, для которой составлено и решено дифференциальное уравнение с допущением линеаризованной зависимости усилия раскалывания по мере внедрения клина в древесину.

Процесс раскалывания древесины цепным древокольным станком рассматриваем как состоящий из трех периодов: в первом при внедрении клина в древесину уничтожаются основные связи между волокнами древесины и сопротивление раскалыванию достигает максимума P_{max} ; во втором периоде дорасщепляются неразъединенные волокна в плоскости раскалывания и сопротивление раскалыванию постепенно уменьшается до нуля; третий период длится до соприкосновения с клином очередного бревна.

Принятые допущения: 1) по мере внедрения клина в древесину зависимость усилия раскалывания как при возрастании усилия до P_{max} , так и при спаде до $P = 0$, линеаризована; 2) упругие деформации элементов станка не учитываем и приведенную расчетную схему принимаем в виде одномассовой системы.

Уравнение моментов движущихся частей цепного древокольного станка как динамической системы с одной степенью свободы можно записать в следующем виде:

$$I_{пр} = \frac{d^2\varphi}{dt^2} = M_d - M_c, \quad (1)$$

где $I_{пр}$ — приведенный момент инерции всех движущихся частей цепного древокольного станка;

φ — угловое перемещение вала электродвигателя;

M_d — момент, развиваемый электродвигателем;

M_c — момент сопротивления, приведенный к валу электродвигателя.

Общее выражение момента электродвигателя по упрощенному уравнению механической характеристики после некоторых преобразований имеет вид

$$M_d = \frac{2M_k s_k \omega_0^2}{s_k^2 + \left(\omega_0 - \frac{d\varphi}{dt}\right)^2} - \frac{2M_k s_k \omega_0}{s_k^2 + \left(\omega_0 - \frac{d\varphi}{dt}\right)^2} \cdot \frac{d\varphi}{dt}, \quad (2)$$

где M_k — максимальный момент электродвигателя;

s_k — скольжение электродвигателя при максимальном моменте;

ω_0 — синхронная угловая скорость вала электродвигателя.

Для первого периода раскалывания, с допущением прямолинейного возрастания усилия раскалывания от глубины внедрения клина в

древесину $P_{c-1} = \frac{P_{max}}{l_p} \cdot l$, момент сопротивления, приведенный к валу электродвигателя, определяем по формуле

$$M_{c-1} = \left[0,2Z_0 + 1,05(qL\mu_1 + Q\mu_2) + 1,05 \frac{P_{max}}{l_p} \left(\mu_1 \frac{h}{l_y} + 1 \right) \cdot l \right] \frac{r}{i\eta}, \quad (3)$$

где Z_0 — монтажное натяжение цепи;

q — вес 1 пог. м цепи;

L — межосевое расстояние цепной передачи;

Q — вес бревна;

μ_1, μ_2 — коэффициенты трения цепи и чурака о направляющую опору;

h, l_y — высота и длины упора;

r — радиус ведущей звездочки;

i, η — передаточное число и к.п.д. механической передачи;

l_0 — рабочая глубина внедрения раскалывающего клина в бревно, при которой между отделяемыми его частями появляется щель;

l — текущее значение глубины внедрения клина в бревно.

Обозначим

$$\chi = [0,2Z_0 + 1,05(qL\mu_1 + Q\mu_2)] \frac{r}{i\eta};$$

$$\zeta_1 = 1,05 \frac{P_{max}}{l_p} \left(\mu_1 \frac{h}{l_y} + 1 \right) \frac{r}{i\eta},$$

тогда момент сопротивления, приведенный к валу электродвигателя,

$$M_{c-1} = \chi + \zeta_1 l. \quad (4)$$

Подставив выражения для M_x и M_{c-1} из равенств (2) и (4) в уравнение (1) с учетом, что $l = \frac{r}{i} \cdot \varphi$ получим

$$I_{np} \frac{d^2\varphi}{dt^2} + \frac{2M_k s_k \omega_0}{s_k^2 + \left(\omega_0 - \frac{d\varphi}{dt} \right)^2} \cdot \frac{d\varphi}{dt} - \frac{2M_k s_k \omega_0^2}{s_k^2 + \left(\omega_0 - \frac{d\varphi}{dt} \right)^2} + \chi - \zeta_1 \cdot \frac{r}{i} \cdot \varphi = 0. \quad (5)$$

После некоторых преобразований имеем

$$I_{np} i \left(s_k^2 - \omega_0^2 \right) \frac{d\varphi}{dt} + 2\omega_0 i (M_k s_k - I_{np} - \chi) \frac{d\varphi}{dt} - 2\zeta_1 r \omega_0 \varphi \frac{d\varphi}{dt} + \zeta_1 r \varphi \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^2 + (I_{np} i + \chi) \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^2 + \zeta_1 r (s_k^2 + \omega_0^2) \varphi = 2M_k s_k \omega_0^2 i - \chi s_k^2 i + \omega_0 i \chi. \quad (6)$$

Введем следующие обозначения:

$$a_1 = I_{np} i (s_k^2 + \omega_0^2);$$

$$a_2 = 2\omega_0 i (M_k s_k - I_{np} - \chi);$$

$$a_3 = -2\zeta_1 r \omega_0;$$

$$a_4 = \zeta_1 r;$$

$$a_5 = I_{np} i + \chi;$$

$$a_6 = \zeta_1 r (s_k^2 + \omega_0^2);$$

$$f = 2M_k s_k \omega_0^2 i - \chi s_k^2 i + \chi \omega_0^2 i.$$

Тогда уравнение (6) можно записать так:

$$a_1 \frac{d^2 \varphi}{dt^2} + a_2 \frac{d\varphi}{dt} + a_3 \varphi \frac{d\varphi}{dt} + a_4 \varphi \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^2 + a_5 \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^2 + a_6 \varphi = f. \quad (7)$$

Дифференциальное уравнение (7) можно решить одним из приближенных методов, например, интегрированием при помощи степенных рядов. Подставив начальные условия первого периода: $(t_1)_0 = 0$, $(\varphi_1)_0 = 0$, $\left(\frac{d\varphi_1}{dt} \right)_0 = \omega_0$ в уравнение (7), получим

$$a_1 \left(\frac{d^2 \varphi_1}{dt^2} \right) + a_2 \omega_0 + a_5 \omega_0^2 = f,$$

откуда

$$\left(\frac{d^2 \varphi_1}{dt^2} \right)_0 = -\frac{1}{a_1} [-f - (a_2 + a_5 \omega_0) \omega_0] = A_1. \quad (8)$$

Дифференцируя уравнение (7)

$$a_1 \frac{d^3 \varphi}{dt^3} + a_2 \frac{d^2 \varphi}{dt^2} + a_3 \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^2 + a_3 \varphi \frac{d^2 \varphi}{dt^2} + a_4 \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^3 +$$

$$+ 2a_4 \varphi \frac{d\varphi}{dt} \cdot \frac{d^2 \varphi}{dt^2} + 2a_5 \frac{d\varphi}{dt} \cdot \frac{d^2 \varphi}{dt^2} + a_6 \frac{d\varphi}{dt} = 0 \quad (9)$$

и подставляя начальные условия первого периода, имеем

$$\left(\frac{d^3 \varphi_1}{dt^3} \right)_0 = -\frac{1}{a_1} [(a_2 + 2a_3 \omega_0) A_1 + (a_3 \omega_0^2 + a_4 \omega_0^3 + a_6) \omega_0] = B_1. \quad (10)$$

Далее ход решения повторяется: количество приближений определяем необходимой точностью расчета. Значение n -ой производной (при $n \geq 4$) найдем из выражения

$$\left(\frac{d^n \varphi_1}{dt^n} \right)_0 = -\frac{1}{a_1} \left\{ (a_2 + 2a_3) \left(\frac{d\varphi_1}{dt} \right)_0 \left(\frac{d^{n-1} \varphi_1}{dt^{n-1}} \right)_0 + \left[(n-1) - a_3 \left(\frac{d\varphi_1}{dt} \right)_0 + \right. \right.$$

$$\left. \left. + (2n-3) a_4 \left(\frac{d\varphi_1}{dt} \right)^2 + a_6 \right] \cdot \left(\frac{d^{n-2} \varphi_1}{dt^{n-2}} \right) \right\}. \quad (11)$$

Искомое решение уравнения (5) можно записать по формуле Тейлора в виде следующего степенного ряда:

$$\omega_1 = \frac{1}{1!} \left(\frac{d\varphi_1}{dt} \right)_0 t + \frac{1}{2!} \left(\frac{d^2 \varphi_1}{dt^2} \right)_0 t^2 + \frac{1}{3!} \left(\frac{d^3 \varphi_1}{dt^3} \right)_0 t^3 +$$

$$+ \dots + \frac{1}{n!} \left(\frac{d^n \varphi_1}{dt^n} \right)_0 t^n. \quad (12)$$

Для 2-го периода, с уменьшением усилия раскалывания от P_{max} до $P = 0$ по закону прямой линии $P_{c-1} = \frac{P_{max} l_k}{l_k - l_p} - \frac{P_{max}}{l_k - l_p} \cdot l$, момент сопротивления, приведенный к валу электродвигателя, можно найти по формуле

$$M_{c-1} = \left[0,2Z_0 + 1,05 (qL\mu_1 + Q\mu_2) + 1,05 \frac{P_{max} l_k}{l_k - l_p} \left(\mu_1 \frac{h}{l_y} + 1 \right) - \right.$$

$$\left. - 1,05 \frac{P_{max}}{l_k - l_p} \left(\mu_1 \frac{h}{l_y} + 1 \right) l \right] \frac{r}{i\eta}, \quad (13)$$

где l_k — полная глубина внедрения клина в древесину, обеспечивающая окончательное расщепление бревна.

Обозначим

$$\chi = [0,2Z_0 + 1,05 (qL\mu_1 + Q\mu_2)] \frac{r}{i\tau_1};$$

$$\rho = 1,05 \frac{P_{max} l_k}{l_k - l_p} \left(\mu_1 \frac{h}{l_y} + 1 \right) \frac{r}{i\tau_1};$$

$$\zeta_{II} = 1,05 \frac{P_{max}}{l_k - l_p} \left(\mu_1 \frac{h}{l_y} + 1 \right) \frac{r}{i\eta}$$

и подставив эти значения в уравнение (1), после некоторых преобразований получим

$$\begin{aligned} I_{np} i (s_k^2 - \omega_0^2) \frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2\omega_0 i (M_k s_k I_{np} - \chi - \rho) \left(\frac{d\varphi}{dt} + 2\zeta_{II} r \omega_0 \varphi \right) \frac{d\varphi}{dt} - \\ - \zeta_{II} r \varphi \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^2 + (I_{np} i + \chi + \rho) \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^2 - \zeta_{II} r (s_k^2 + \omega_0^2) \varphi = 2M_k s_k \omega_0^2 i - \\ - (\chi + \rho) s_k^2 i + (\chi + \rho) \omega_0^2 i. \end{aligned} \quad (14)$$

Обозначим

$$b_1 = I_{np} i (s_k^2 + \omega_0^2);$$

$$b_2 = 2\omega_0 i (M_k s_k - I_{np} - \chi - \rho);$$

$$b_3 = 2\zeta_{II} r \omega_0;$$

$$b_4 = -\zeta_{II} r;$$

$$b_5 = I_{np} i + \chi + \rho;$$

$$b_6 = -\zeta_{II} r (s_k^2 + \omega_0^2);$$

$$g = 2M_k s_k \omega_0^2 i - (\chi + \rho) s_k^2 i + (\chi - \rho) \omega_0^2 i.$$

Тогда уравнение (14) принимает вид

$$b_1 \cdot \frac{d^2\varphi}{dt^2} + b_2 \frac{d\varphi}{dt} + b_3 \varphi \frac{d\varphi}{dt} + b_4 \varphi \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^2 + b_5 \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^2 + b_6 \varphi = g. \quad (15)$$

Уравнение (15) решаем аналогично равенству (7) при начальных условиях:

$$(t_{II})_0 = t - t_{1-k} = t_1; \quad (\varphi_{II})_0 = \varphi - \varphi_{1-k} = \varphi_1; \quad \left(\frac{d\varphi_{II}}{dt} \right)_0 = \omega_k,$$

где t_1 и φ_1 — время и угловое перемещение вала электродвигателя, соответствующее рабочей глубине внедрения клина в древесину l_k (при этой глубине возникает максимальное сопротивление раскалыванию).

Искомое решение уравнения (15)

$$\left(\frac{d^2\varphi_{II}}{dt^2} \right)_0 = -\frac{1}{b_1} \left\{ -g + \omega_k [b_2 + b_3\varphi_1 + \omega_k (b_4\varphi_1 + b_5)] - b_6\varphi_1 \right\} = A_{II}; \quad (16)$$

$$\begin{aligned} \left(\frac{d^3\varphi_{II}}{dt^3} \right)_0 = -\frac{1}{b_1} \left\{ (b_2 + b_3\varphi_1) A_{II} + [(2b_4\varphi_1 + 2b_5) A_{II} + b_3 + \right. \\ \left. + b_4\omega_k^2 + b_6] \omega_k \right\} = B_{II}; \end{aligned} \quad (17)$$

$$\left(\frac{d^n \varphi_{II}}{dt^n}\right)_0 = -\frac{1}{b_1} \left\{ \left[(b_2 - b_3 \varphi_1) + (2b_4 \varphi_1 + 2b_5) \cdot \left(\frac{d\varphi_{II}}{dt}\right)_0 \right] \left(\frac{d^{n-1} \varphi_{II}}{dt^{n-1}}\right) + \left[n b_3 \left(\frac{d\varphi_{II}}{dt}\right)_0 + (2n-6) b_4 \left(\frac{d\varphi_{II}}{dt}\right)^2 + b_5 \left(\frac{d^{n-2} \varphi_{II}}{dt^{n-2}}\right)_0 \right] \right\}; \quad (18)$$

$$\omega_{II} = \frac{1}{1!} \left(\frac{d\varphi_{II}}{dt}\right)_0 (t-t_1) + \frac{1}{2!} \left(\frac{d^2 \varphi_{II}}{dt^2}\right)_0 (t-t_1)^2 + \frac{1}{3!} \left(\frac{d^3 \varphi_{II}}{dt^3}\right)_0 (t-t_1)^3 + \dots + \frac{1}{n!} \left(\frac{d^n \varphi_{II}}{dt^n}\right)_0 (t-t_1)^n. \quad (19)$$

Для 3-го периода, характеризующегося отсутствием момента сопротивления раскалыванию, уравнение движения системы

$$I_{np} \frac{d^2 \varphi}{dt^2} + \frac{2M_k s_k \omega_0}{s_k^2 - \left(\omega_0 - \frac{d\varphi}{dt}\right)^2} \cdot \frac{d\varphi}{dt} - \frac{2M_k s_k \omega_0^2}{s_k^2 - \left(\omega_0 - \frac{d\varphi}{dt}\right)^2} + \chi = 0, \quad (20)$$

а искомое решение

$$\omega_{III} = \frac{1}{1!} \left(\frac{d\varphi_{III}}{dt}\right)_0 (t-t_2) + \frac{1}{2!} \left(\frac{d^2 \varphi_{III}}{dt^2}\right)_0 (t-t_2)^2 + \frac{1}{3!} \left(\frac{d^3 \varphi_{III}}{dt^3}\right)_0 (t-t_2)^3 + \dots + \frac{1}{n!} \left(\frac{d^n \varphi_{III}}{dt^n}\right)_0 (t-t_2)^n, \quad (21)$$

где
$$\left(\frac{d^2 \varphi_{III}}{dt^2}\right)_0 = -\frac{1}{c_1} (-j + c_2 \omega_k + c_3 \omega_k^2) = A_{III}; \quad (22)$$

$$\left(\frac{d^3 \varphi_{III}}{dt^3}\right)_0 = -\frac{1}{c_1} (c_2 + 2c_3 \omega_k) A_{III} = B_{III}; \quad (23)$$

$$\left(\frac{d^n \varphi_{III}}{dt^n}\right)_0 = -\frac{1}{c_1} \left\{ (c_2 + 2c_3 \left(\frac{d\varphi_{III}}{dt}\right)_0) \left(\frac{d^{n-1} \varphi_{III}}{dt^{n-1}}\right) + c_3 (2n-4) \left(\frac{d^2 \varphi_{III}}{dt^2}\right)_0 \left(\frac{d^{n-2} \varphi_{III}}{dt^{n-2}}\right)_0 \right\}; \quad (24)$$

$$c_1 = I_{np} i (s_k^2 + \omega_0^2);$$

$$c_2 = 2\omega_0 i (M_k s_k - I_{np} - \chi);$$

$$c_3 = I_{np} i + \chi;$$

$$j = 2M_k s_k \omega_0^2 i - \chi i (s_k^2 - \omega_0^2).$$

При исходных данных системы (двигатель, маховик, механическая передача и др.) и сопротивления раскалыванию $\left(\frac{P}{l}\right)$ значение ω для обоих периодов как при рабочей глубине внедрения клина в древесину $l_{раб}$, так и при полной s_k можно получить, подставив в общее решение последовательно текущие значения времени t .

Задаваясь различными величинами I_{np} и P_{max} при разных значениях рабочей глубины внедрения раскалывающего клина в древесину s_p , (когда между откалываемыми частями появляется щель) и полной глубины s_k (обеспечивающей окончательное отделение откалываемых частей чурака) или задаваясь различными параметрами механической характеристики электродвигателей, можно получить семейство графиков $\omega = \dot{f}(t)$, а по ним осуществить оптимизацию при проектировании цепного древокольного станка.

УДК 674.812

ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ УПРУГИХ И ДЕМПФИРУЮЩИХ СВОЙСТВ ПРЕССОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ СТАТИЧЕСКОМ ИЗГИБЕ

Л. А. БЯЛЬСКИЙ

Воронежский лесотехнический институт

Приведены результаты одновременного определения характеристик упругости и неупругости прессованной древесины при статическом изгибе и показана возможность использования способа статической петли гистерезиса для оценки демпфирующих свойств прессованной древесины.

Модуль упругости и коэффициент поглощения, описывающие упругие и неупругие (демпфирующие) свойства материалов, являются их важнейшими механическими характеристиками. Величины модуля упругости и коэффициента поглощения как меры неупругих свойств материала можно определить одновременно при испытании с помощью вибрационных методов. Применение вибрационных методов требует предварительной разработки и изготовления специальной установки, так как промышленность не производит оборудования подобного назначения. Поэтому значительный интерес представляет вопрос о возможности использования статической петли гистерезиса [4] для определения коэффициента поглощения одновременно с модулем упругости прессованной древесины при испытаниях в соответствии с ГОСТом 13594—68.

Нами проведены опыты на стандартных образцах (размеры $20 \times 20 \times 300$ мм) из прессованной древесины березы марки ДПО плотностью $1,20 \text{ г/см}^3$ при влажности 6—8%. В процессе опытов образцы плавно нагружали и разгружали по схеме чистого изгиба с измерением прогибов нейтральной линии.

В отличие от методики, рекомендуемой ГОСТом 13594—68 [2], нагружение производили не при двух значениях силы, наибольшая из которых составляла 60 кгс, а ступенями от 0 до 400 кгс через каждые 40 кгс. Максимальные напряжения в крайних волокнах образца при силе 400 кгс составляют приблизительно 500 кгс/см^2 . Прогибы нейтральной линии образцов в зоне чистого изгиба измеряли при нагружении и разгрузке для одной и той же величины усилия с точностью до 0,005 мм.

Точки, соответствующие значениям сил и перемещений при нагружении и разгрузке, наносили на график в координатах «сила — перемещение». Кривые нагружения и разгрузки образцов, полученные в результате различных перемещений при одной и той же силе, образовывали на диаграмме замкнутую фигуру — петлю статического гистерезиса. Величины прогибов на диаграммах откладывали в масштабе 1000 : 1. Коэффициент поглощения определяли из отношения площадей, соответствующих значениям работ упругой силы и силы неупругого сопротивления.

Получены следующие статистические величины коэффициента поглощения прессованной древесины: $M = 0,095$; $\pm \sigma = 0,015$; $\pm m = 0,0051$; $v = 15,9\%$; $p = 5,2\%$.

С целью определения области нормальных напряжений для использования статической петли гистерезиса при исследовании демпфирующих свойств прессованной древесины в проведенных предварительных испытаниях было установлено, что статический гистерезис в случае чистого изгиба при данной методике эксперимента отчетливо обнаруживается при напряжениях 300 кгс/см^2 и более.

Для выяснения последствий значительного увеличения нормальных напряжений в образцах по сравнению со стандартом были определены модули нормальной упругости прессованной древесины на одних и тех же образцах при повышенных и обычных для стандартной методики напряжениях [3]. Получены следующие результаты.

Статистические величины модуля нормальной упругости ($E \times 10^3 \text{ кгс/см}^2$) прессованной древесины при испытаниях, соответствующих ГОСТу 13594—68: $M = 267$; $\pm \sigma = 36,4$; $\pm m = 14,8$; $v = 13,6\%$; $p = 5,1\%$. Статистические величины модуля упругости ($E \times 10^3 \text{ кгс/см}^2$), определенные на тех же образцах, но при повышенных нормальных напряжениях: $M = 268$; $\pm \sigma = 37,4$; $\pm m = 15,4$; $v = 14\%$; $p = 4,9\%$. В обоих случаях величины модуля упругости вычисляли при нагружении.

Сопоставление средних значений модуля нормальной упругости, определенных при напряжениях, соответствующих стандарту и повышенных, позволяет сделать вывод, что эти незначительные отклонения практически не влияют на результаты испытаний. Величина коэффициента поглощения, полученная по способу статической петли гистерезиса, удовлетворительно согласуется с полученными ранее данными вибрационных испытаний прессованной древесины [1].

Проведенные эксперименты подтверждают возможность одновременного определения характеристик упругих и неупругих свойств прессованной древесины при статических испытаниях, соответствующих рекомендуемой ГОСТом 13594—68 методике.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Л. А. Бяльский. Установка для исследования демпфирующей способности прессованной древесины. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1969. [2]. ГОСТ 13594—68. Древесина прессованная. Методы определения показателей упругих деформаций. Стандартгиз, М., 1968. [3]. П. Н. Житков. Определение физико-механических свойств прессованной древесины. В кн.: Прессованная древесина в народном хозяйстве, ГОСИНТИ, М., 1964. [4]. Е. С. Сорокин. К вопросу неупругого сопротивления строительных материалов. Госстройиздат, М., 1954.

Поступила 28 мая 1973 г.

УДК 674-419,3

РЕГУЛИРОВАНИЕ УПРУГИХ СВОЙСТВ ФАНЕРЫ

Т. А. МИХАЛЬЧЕНКО

Московский лесотехнический институт

Получены формулы для определения жесткости при растяжении фанеры, склеенной из листов шпона под различными углами φ относительно друг друга. Даны рекомендации по регулированию упругих свойств фанеры путем рациональной укладки листов шпона при разном их числе.

Клееную фанеру широко применяют в различных областях народного хозяйства — в строительстве, вагостроении, радиотехнической и судостроительной промышленности [6].

Необходимо расширить исследовательские и экспериментальные работы в области создания фанеры улучшенных видов [5]. В одной из

работ [3] показано практическое применение фанеры с различной ориентировкой слоев шпона в конструкциях.

Отличительная особенность фанеры — ярко выраженная анизотропия физико-механических свойств, поэтому расчетные формулы изотропных материалов нельзя применять к фанере. Анизотропию всех основных физико-механических свойств фанеры наиболее эффективно можно изучить методами современного тензорного анализа [2].

Упругие характеристики фанеры являются тензором 4-го ранга [1], то есть преобразуются при повороте системы координат по следующему закону:

$$A'_{iknm} = \alpha_{i's} \alpha_{k'p} \alpha_{n'o} \alpha_{m'g} A_{spog}, \quad (1)$$

где α_{ik} — косинусы углов между осями координат старой и новой систем.

Для плоских задач:

$$\begin{aligned} \alpha_{11} &= \cos \varphi; & \alpha_{12} &= \sin \varphi; \\ \alpha_{22} &= \cos \varphi; & \alpha_{21} &= -\sin \varphi, \end{aligned}$$

где φ — углы между осями координат старой и новой систем.

По своей структуре клееная фанера представляет собой ортогонально анизотропный материал, следовательно, имеет три плоскости упругой симметрии. Для ортотропных материалов следствием симметрии механических свойств являются следующие соотношения для компонент тензоров модулей упругости:

$$\left. \begin{aligned} A_{ikmn} &= A_{iknm}; & A_{iknm} &= A_{kinm}; \\ A_{iknm} &= A_{nmik}. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где A_{iknm} — жесткость анизотропной пластины на растяжение.

В неосновной системе координат формулы для расчета компонент A_{iknm} через основные компоненты тензоров имеют следующий вид [2]:

$$\left. \begin{aligned} A'_{1111} &= \alpha_{1'p} \alpha_{1'g} \alpha_{1'r} \alpha_{1's} A_{pgrs} = \alpha_{11}^4 A_{1111} + \alpha_{12}^4 A_{2222} + \alpha_{11}^2 \alpha_{12}^2 A_{1122} + \\ &+ \alpha_{12}^2 \alpha_{11}^2 A_{2211} + \alpha_{11}^2 \alpha_{12}^2 A_{1212} + \alpha_{12}^2 \alpha_{11}^2 A_{2112} + \alpha_{12}^2 \alpha_{11}^2 A_{1221} = A_{1111} \cos^4 \varphi + \\ &+ A_{2222} \sin^4 \varphi + \left(A_{1212} + \frac{1}{2} A_{1122} \right) \sin^2 2\varphi; \\ A'_{2222} &= A_{1111} \sin^4 \varphi + A_{2222} \cos^4 \varphi + \left(A_{1212} + \frac{1}{2} A_{1122} \right) \sin^2 2\varphi; \\ A'_{1212} &= (A_{1111} + A_{2222} - 2A_{1122}) \sin^2 \varphi \cos^2 \varphi + A_{1212} \cos^2 2\varphi, \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

где $A_{1111} = \frac{E_1 h}{1 - \mu_1 \mu_2}$; $A_{2222} = \frac{E_2 h}{1 - \mu_1 \mu_2}$; $A_{1212} = Gh$;

E_1, E_2 — модули упругости вдоль и поперек волокон;

G — модуль сдвига;

h — толщина пластины;

μ_1, μ_2 — коэффициенты Пуассона.

Выведем формулу для расчета жесткости многослойной фанеры, волокна одного слоя шпона которой относительно другого слоя направлены под углом φ .

Известно, что жесткость многослойной пластины на растяжение определяется следующими выражениями:

$$\left. \begin{aligned} A_1 &= 2 \left[\frac{E_1^{n+1} h_{n+1}}{1 - \mu_1^{n+1} \mu_2^{n+1}} + \sum_{m=1}^n \frac{E_1^m}{1 - \mu_1^m \mu_2^m} (h_m - h_{m+1}) \right]; \\ A_2 &= 2 \left[\frac{E_2^{n+1} h_{n+1}}{1 - \mu_1^{n+1} \mu_2^{n+1}} + \sum_{m=1}^n \frac{E_2^m}{1 - \mu_1^m \mu_2^m} (h_m - h_{m+1}) \right]; \\ A_3 &= 2 \left[G^{n+1} h_{n+1} + \sum_{m=1}^n G^m (h_m - h_{m+1}) \right], \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

где

h_m — толщина слоя с номером m ;

h_{m+1} — толщина слоя с номером $m+1$;

h_{n+1} — расстояние от срединной плоскости до границ слоев;

E_1^{n+1} , E_2^{n+1} — модули упругости среднего слоя шпона вдоль и поперек волокон;

E_1^m , E_2^m — модуль упругости соответственно вдоль и поперек волокон слоя с номером m [4].

Так как листы шпона клееной фанеры изготовлены одинаковой толщины и из одной породы древесины, то модули упругости, сдвига и коэффициенты Пуассона можно считать равными друг другу.

На основании формул (3) и (4) жесткость клееной фанеры, волокна одного слоя шпона которой относительно другого слоя направлены под углом φ , можно определить из следующих выражений:

$$\left. \begin{aligned} A_{1\varphi} &= \frac{E_1 \delta}{1 - \mu_1 \mu_2} \left\{ 1 + \frac{1}{4} \left[3n + 4 \cos(n+1) \varphi \sin \varphi n \csc \varphi + \right. \right. \\ &+ \left. \left. \cos 2(n+1) \varphi \sin 2n \varphi \csc 2\varphi \right] \right\} + \frac{1}{4} \cdot \frac{E_2 \delta}{1 - \mu_1 \mu_2} \left[3n - \right. \\ &- 4 \cos(n+1) \varphi \sin \varphi n \csc \varphi + \cos(n+1) 2\varphi \sin 2n \varphi \csc 2\varphi + \\ &+ \left. \frac{1}{4} \left[4G\delta + \frac{E_1 \delta \mu_2}{1 - \mu_1 \mu_2} \right] \left[(2n+1) \sin 2\varphi - \sin(2n+1) 2\varphi \right] \csc 2\varphi; \right. \\ A_2^\varphi &= \frac{E_2 \delta}{1 - \mu_1 \mu_2} \left\{ 1 + \frac{1}{4} \left[3n + 4 \cos(n+1) \varphi \sin \varphi n \csc \varphi + \right. \right. \\ &+ \left. \left. \cos 2(n+1) \varphi \sin n \varphi \csc 2\varphi \right] \right\} + \frac{1}{4} \frac{E_1 \delta}{1 - \mu_1 \mu_2} \left[3n - \right. \\ &- 4 \cos(n+1) \varphi \sin \varphi n \csc \varphi + \cos 2(n+1) \varphi \sin 2n \varphi \csc 2\varphi + \\ &+ \left. \frac{1}{4} \left[4G\delta + \frac{E_1 \delta \mu_2}{1 - \mu_1 \mu_2} \right] \left[(1n+1) \sin 2\varphi - \sin(2n+1) 2\varphi \right] \csc 2\varphi; \right. \\ A_3^\varphi &= G\delta \left\{ 1 + \frac{n-1}{2} + \frac{1}{2} \cos 2n \varphi \sin(n+1) 2\varphi \csc 2\varphi \right\} + \\ &+ \left[\frac{E_1 \delta}{1 - \mu_1 \mu_2} + \frac{E_2 \delta}{1 - \mu_1 \mu_2} - 2 \frac{E_1 \delta \mu_2}{1 - \mu_1 \mu_2} \right] \left[\frac{n-1}{2} + \right. \\ &+ \left. \frac{1}{2} \cos n \varphi \sin(n+1) \varphi \csc \varphi \right] - \frac{1}{8} \left[3n + 4 \cos(n+1) \right. \\ &+ \left. \left. \cos(n+1) 2\varphi \sin 2n \varphi \csc 2\varphi \right], \right. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

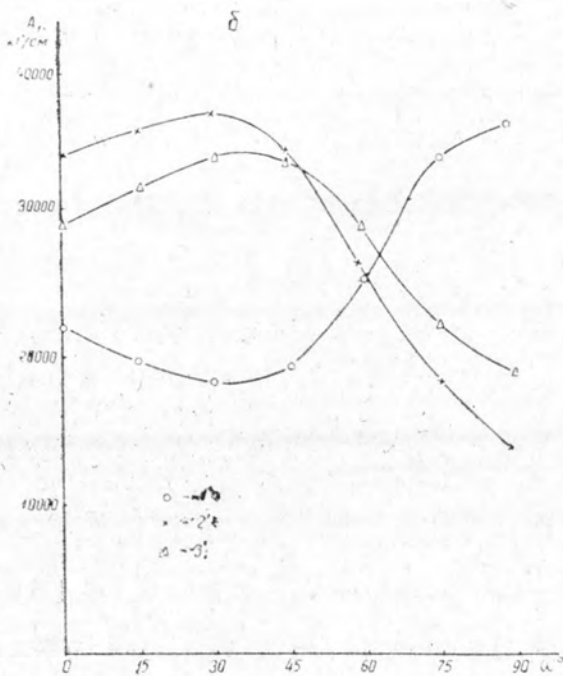
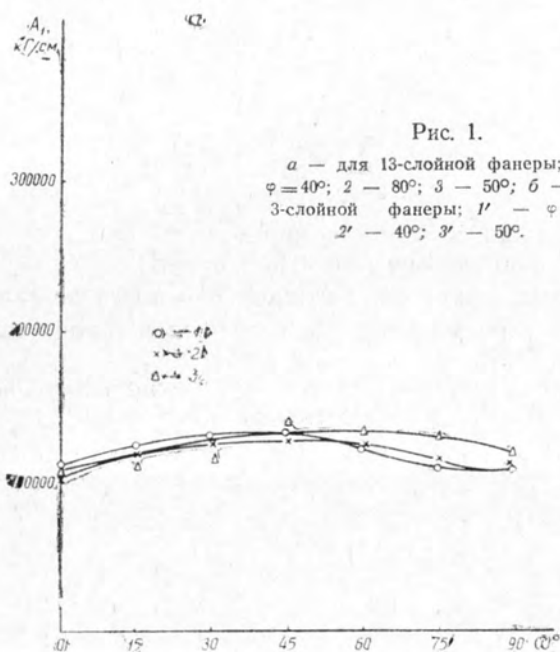
где $\varphi = \text{const}$;

$$n = 1, 2, 3, 4 \dots \frac{m-1}{2};$$

m — количество листов шпона;

δ — толщина листа шпона;

$A_1^\phi, A_2^\phi, A_3^\phi$ — жесткость фанеры при растяжении из m листов шпона.



Если в формулу (5) подставим данные шпона [3] $E_1 = 148\,000 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$; $E_2 = 20\,000 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$; $G = 8\,700 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$; $\mu_{12} = 0,03$; $\mu_{21} = 0,25$, то получим значения жесткостей на растяжение фанеры из березового шпона (табл. 1).

Таблица 1

Количество листов шпона в пакете	Угол между соседними листами, град	Жесткость при растяжении фанеры, $\text{кг}/\text{см}$, вычисленная по формуле,		
		A_1	A_2	A_3
13	0	224900	30030	13000
	10	139290	73290	44120
	20	113155	134705	33300
	30	123305	103905	33200
	40	117550	105300	36659
	50	105600	118490	35780
	60	140355	106355	34200
	70	139400	113500	35179
	80	102105	106795	38289
	90	140700	120200	7000
3	0	51900	8930	3000
	10	50433	7440	3961
	20	46225	8254	6379
	30	40379	10450	9065
	40	34370	14210	10719
	50	29170	19370	10372
	60	25380	25380	8065
	70	49770	34370	6379
	80	22169	35339	2080
	90	21920	36910	1000

Примечание. В обоих случаях толщина шпона 1,15 мм; модуль упругости вдоль волокон $148\,000 \text{ кг}/\text{см}^2$, поперек волокон $20\,000 \text{ кг}/\text{см}^2$; коэффициент Пуассона вдоль волокон 0,03, поперек волокон 0,25; модуль сдвига $8\,700 \text{ кг}/\text{см}^2$.

Зависимость упругих постоянных на растяжение от угла φ (угол между направлением усилия, приложенного при растяжении, и направлением волокон наружных листов шпона) показана на рис. 1. Как видно из этих графиков, жесткость фанеры, склеенной из листов шпона под углом друг к другу, значительно отличается от жесткости однонаправленной фанеры $\Phi-0$. Жесткость на растяжение вдоль и поперек волокон однонаправленной фанеры $A_1 = 224\,900 \frac{\text{кг}}{\text{см}}$; $A_2 = 30\,030 \frac{\text{кг}}{\text{см}}$; в то время как для клееной фанеры соответственно марок $\Phi-40$, $\Phi-80$, $\Phi-50$ жесткость

$$A_1 = 102105 \text{ кг}/\text{см}; \quad A_2 = 106795 \text{ кг}/\text{см};$$

$$A_1 = 105600 \text{ кг}/\text{см}; \quad A_2 = 118490 \text{ кг}/\text{см};$$

$$A_1 = 117550 \text{ кг}/\text{см}; \quad A_2 = 105300 \text{ кг}/\text{см}.$$

Данные табл. 1 показывают, что по формулам (5) можно рассчитать жесткость любой фанеры, подставив в них различные значения угла φ . Для конструкций, работающих одновременно на растяжение вдоль и поперек волокон, необходимо подбирать фанеру, которая имела бы сравнительно равные значения жесткости вдоль и поперек волокон. Такую фанеру можно получить при углах склейки листов шпона φ , равных 40, 50, 80°. Иногда необходимо иметь максимальную жесткость при растяжении в одном направлении. В этом случае целесообразно применять однонаправленную фанеру. Следовательно, регулирование жесткости фанеры на растяжение можно осуществить путем изменения угла φ .

Жесткость клееной фанеры также зависит от количества склеиваемых листов шпона. С увеличением количества листов шпона повышается жесткость. Так как количество листов шпона в склеиваемой фанере ограничено, то возникает задача определения рационального числа листов m . При сравнении расчетных данных найдено, что m может быть равно 7 и 9.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Е. К. Ашкенази. Прочность анизотропных древесных и синтетических материалов. М., 1966. [2]. В. Л. Бажанов и др. Пластинки и оболочки из стеклопластиков. М., 1970. [3]. Л. Я. Купч. Фанера нового типа и конструкции из нее. Рига, 1961. [4]. С. Г. Лехницкий. Анизотропные пластинки. М., 1947. [5]. Е. И. Луцкий, Р. Н. Артюх. Производство листовых древесных материалов в УССР и за рубежом. Киев, 1971. [6]. З. М. Науменко. Использование зарубежного опыта применения фанеры. М., 1968.

Поступила 26 ноября 1973 г.

УДК 674.02

ДИНАМИКА МЕХАНИЗМА ОРИЕНТИРОВАННОЙ УКЛАДКИ ЧАСТИЦ МДП

Р. М. МУРЗИЧ, Л. И. ЯНТОВСКИЙ

Ленинградская лесотехническая академия

Статья посвящена вопросам синтеза подающего кулачкового механизма, применяемого для ориентированной укладки частиц МДП при производстве подшинников скольжения.

Направленную анизотропию цилиндрических деталей типа втулок из МДП (массы древесные прессовочные) можно достичь радиальным ориентированием частиц. Детали при этом приобретают повышенные физико-механические и эксплуатационные свойства. Такой способ придания анизотропных свойств выгоден лишь в случае механизированной укладки частиц МДП.

На рис. 1, а изображена схема механизма ориентированной укладки частиц МДП при формировании подшинника скольжения. Электродвигатель 1 через вариатор 2 и передачу вращает кулачок 3 и обогреваемую матрицу 7, в которой формируется деталь. Кулачок сообщает колебательное движение толкателю 5, на котором под некоторым углом α закреплен лоток 4. Из-за вибрации поток частиц 6 перемещается вдоль лотка 4 и попадает в матрицу 7. Так как матрица имеет постоянную угловую скорость, то для ориентированной укладки частиц МДП необходимо, чтобы движение их по лотку происходило также с некоторой постоянной скоростью v_c . Однако такое движение частиц точно осуществить не удается. Поэтому нами поставлена задача синтезировать подающий механизм так, чтобы отклонения значений скорости движения частиц МДП от величины v_c были наименьшими.

Рассмотрим движение частиц МДП по лотку. Свяжем ось y со стойкой, а ось x — с лотком (рис. 1, а). Дифференциальное уравнение относительного движения частиц по лотку

$$\ddot{x} = -g(f \cos \alpha \cdot \text{sign } \dot{x} - \sin \alpha) - \ddot{y}, \quad (1)$$

здесь g — ускорение силы тяжести;

f — коэффициент трения частиц МДП о лоток.

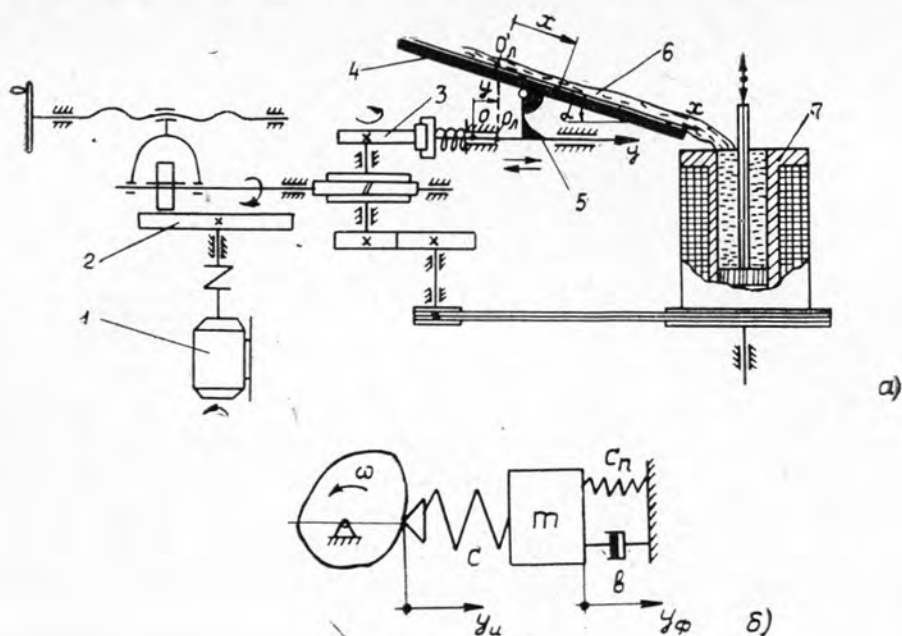


Рис. 1.

Если обозначить

$$g (f \cos \alpha \cdot \text{sign } \dot{x} - \sin \alpha) = a_f,$$

то уравнение (1) приобретает вид:

$$\ddot{x} = -a_f - \ddot{y}. \quad (2)$$

Принтегрируем уравнение (2) при начальных условиях $x(0) = 0$, $\dot{x}(0) = v_c$; $y(0) = 0$, $\dot{y}(0) = v_c$:

$$\dot{x} = 2v_c - a_f t - \dot{y}. \quad (3)$$

Как уже отмечалось, идеальным случаем был бы такой, когда относительная скорость движения частиц по лотку постоянная

$$\dot{x} = v_c \equiv \text{const.}$$

С учетом этого из уравнения (3) находим

$$\dot{y} = v_c - a_f t.$$

Интегрируя это выражение при начальных условиях $x(0) = 0$ и $y(0) = 0$, получим зависимость для закона движения лотка, когда частицы МДП движутся по лотку с постоянной скоростью v_c

$$y = v_c t - \frac{1}{2} a_f t^2. \quad (4)$$

Так как закон движения лотка — периодическая функция, то, очевидно, зависимость (4) описывается закон в каждом периоде (рис. 2).

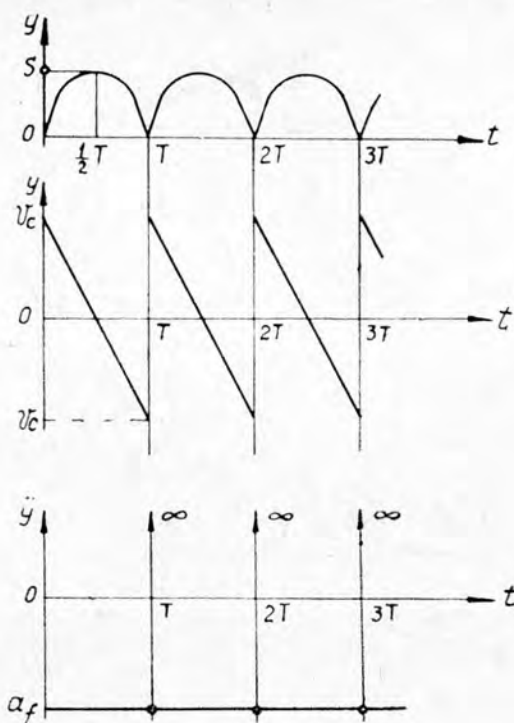


Рис. 2.

Из уравнения (4) определим величину периода T , считая, что при $t = T$ и $y = 0$

$$T = 2 \frac{v_c}{a_f}. \quad (5)$$

Легко показать, что наибольшему перемещению толкателя S соответствует время $t = \frac{1}{2} T$. Отсюда, воспользовавшись уравнением (4), найдем

$$S = \frac{1}{2} \cdot \frac{v_c}{a_f}. \quad (6)$$

С помощью выражения (5) определим необходимое число оборотов кулачка в минуту

$$n = \frac{60}{T} = \frac{30a_f}{v_c}. \quad (7)$$

Следовательно, если бы реализовался закон движения (рис. 2), то синтез подающего механизма исчерпывался бы расчетом по формулам (4), (5), (6) и (7); остальные параметры этого механизма определяют общезвестными методами. Однако если концу толкателя придать кулачком такой закон движения, то вследствие упругости звеньев возникают колебания, которые искажают закон движения лотка. Действительно, для показанного на рис. 2 закона характерна разрывная функция скорости, а импульсы скорости всегда возбуждают сильные колебания ведомой массы. Поэтому фактический закон движения лотка $y_f(t)$ отличается от идеального $y_n(t)$, задаваемого концу толкателя профилем кулачка.

Рассмотрим подающий кулачковый механизм в виде одномассовой динамической модели (рис. 1, б).

Дифференциальное уравнение движения массы лотка

$$m\ddot{y}_\phi + b\dot{y}_\phi + (C + C_n) y_\phi = C y_n,$$

где m — масса лотка;

C — жесткость передаточной системы;

C_n — жесткость пружины, замыкающей высшую пару;

b — коэффициент демпфирования.

Если обозначить

$$\frac{C + C_n}{m} = \nu^2; \quad \frac{C}{m} = \nu_1^2; \quad \frac{b}{m} = 2\xi,$$

то уравнение имеет вид:

$$\ddot{y}_\phi + 2\xi\dot{y}_\phi + \nu^2 y_\phi = \nu_1 y_n. \quad (8)$$

Начальные условия: $y_\phi(0) = 0$; $\dot{y}_\phi(0) = 0$.

К уравнению (8) применим интегральное преобразование Лапласа [1]

$$p^2 y_\phi(p) + 2\xi p y_\phi(p) + \nu^2 y_\phi(p) = \nu_1^2 y_n(p),$$

отсюда

$$y_\phi(p) = \frac{\nu_1^2}{p^2 + 2\xi p + \nu^2} y_n(p). \quad (9)$$

Идеальный закон движения лотка

$$y_n(p) = \frac{v_c}{p} - \frac{a_f}{p^2}. \quad (10)$$

Подставив выражение для $y_n(p)$ из равенства (10) в уравнение (9), найдем фактическую скорость ведомой массы $y_\phi = p y_\phi$:

$$\dot{y}_\phi = \left(\frac{v_c}{p} - \frac{a_f}{p^2} \right) \cdot \frac{\nu_1^2}{p^2 + 2\xi p + \nu^2}.$$

Перейдя к оригиналам, получим

$$\begin{aligned} \dot{y}_\phi = & \frac{\nu_1^2}{\nu^2} v_c - \frac{\xi \nu_1 v_c}{\nu^2 \sqrt{\nu^2 - \xi^2}} e^{-\xi t} \left(\sin \sqrt{\nu^2 - \xi^2} t + \frac{\sqrt{\nu^2 - \xi^2}}{\xi} \cos \sqrt{\nu^2 - \xi^2} t \right) - \\ & - \frac{\nu_1^2}{\nu^2} a_f t + \frac{2\nu_1^2 \sqrt{\nu^2 - \xi^2}}{\nu^4} a_f - \frac{\nu_1^2 a_f (2\xi^2 - \nu^2)}{\nu^4 \sqrt{\nu^2 - \xi^2}} \cdot \left(\sin \sqrt{\nu^2 - \xi^2} t + \right. \\ & \left. + \frac{2\xi \sqrt{\nu^2 - \xi^2}}{2\xi^2 - \nu^2} \cos \sqrt{\nu^2 - \xi^2} t \right). \quad (11) \end{aligned}$$

Учтем, что в реальных системах $\xi \ll \nu$; так как $C_n \ll C$, то $\nu_1 \approx \nu$. Принятые допущения позволяют упростить выражение (11):

$$\begin{aligned} \dot{y}_\phi = & v_c - \frac{\xi}{\nu} v_c e^{-\xi t} \left(\sin \nu t + \frac{\nu}{\xi} \cos \nu t \right) - a_f t - \\ & - \frac{2a_f}{\nu} + \frac{a_f}{\nu} \left(\sin \nu t - \frac{2\xi}{\nu} \cos \nu t \right). \quad (12) \end{aligned}$$

Подставив выражение \dot{y}_ϕ из уравнения (12) вместо y в выражение (3), получим

$$\dot{x} = v_c + \frac{\xi}{v} v_c \cdot e^{-\xi t} \left(\sin vt + \frac{v}{\xi} \cos vt \right) - \frac{a_f}{v} \left(\sin vt - \frac{2\xi}{v} \cos vt \right) + \frac{2a_f}{v}, \quad (13)$$

Найдем момент времени t_m , соответствующий максимальному отклонению значения скорости \dot{x} от v_c . Из выражения (13) следует

$$\Delta v_i = \left| \dot{x} - v_c \right| = \left| \frac{\xi}{v} v_c e^{-\xi t} \left(\sin vt + \frac{v}{\xi} \cos vt \right) - \frac{a_f}{v} \left(\sin vt - \frac{2\xi}{v} \cos vt \right) + \frac{2a_f}{v} \right|.$$

Видно, что искомому моменту соответствует

$$t_m = \frac{1}{2} \tau \text{ или } t_m = \frac{\pi}{v},$$

где τ — период собственных колебаний механизма, отсюда максимальное отклонение

$$\Delta v_m = v_c e^{-\frac{1}{2} \lambda} - \frac{2a_f}{v} \left(1 - \frac{\lambda}{2\pi} \right), \quad (14)$$

где $\lambda = \xi \tau$ — логарифмический декремент затухания.

Введем параметр, характеризующий качество работы подающего механизма, — коэффициент отклонения скорости

$$k_v = \frac{\Delta v_m}{v_c}. \quad (15)$$

Очевидно, чем меньше величина k_v , тем более равномерно укладываются частицы МДП по сечению изделия.

Подставив выражение для Δv_m из уравнения (14) в выражение (15), после преобразований получим

$$k_v = \frac{2a_f \left(1 - \frac{\lambda}{2\pi} \right)}{v_c \left(e^{-\frac{1}{2} \lambda} - k_v \right)}. \quad (16)$$

Формула (16) позволяет рассчитать собственную частоту колебаний механизма, который реализует движение частиц МДП по лотку с заданным коэффициентом k_v . Однако эта формула справедлива лишь для случаев $T \gg \tau$, так как выведена в предположении, что колебания от предыдущего импульса скорости погасятся ко времени возникновения следующего. Часто, тем не менее, этого не происходит, и коэффициент k_v в действительности значительно больше. Разумеется, расчет можно учесть влияние предыдущих импульсов, но это трудоемкая операция, связанная с многократными вычислениями. Кроме того, определенные таким образом параметры механизмов не всегда могут быть реализованы.

Поэтому предлагаем следующий прием определения оптимальных параметров подающего кулачкового механизма. Известно [3], что после импульсного изменения функция скорости ведомой массы представляет собой затухающие колебания с амплитудой $v e^{-\xi t}$ и частотой v , причем наибольшее значение этой функции приходится на первый максимум, соответствующий моменту времени $\frac{1}{2} \tau$. Если в этот момент вре-

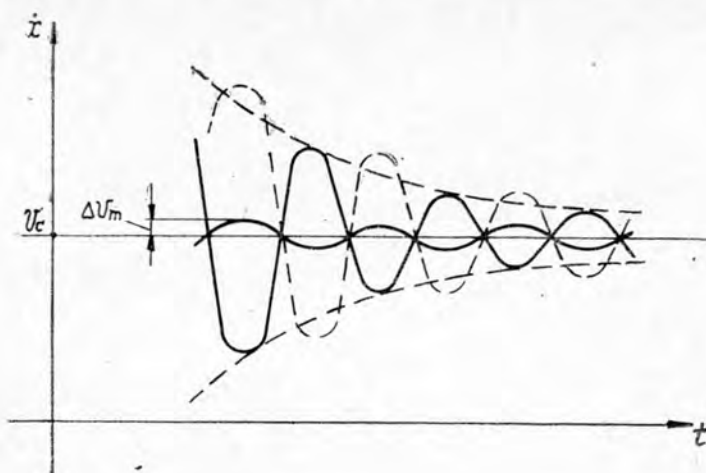


Рис. 3.

мени системе сообщить еще один импульс такого же направления, то возбужденные им колебания погасят колебания от предыдущего импульса (рис. 3).

Выбрав $\tau = 2T$, мы обеспечиваем взаимное гашение колебаний, возбужденных следующими с интервалом T импульсами идеальной скорости лотка. Определим, каким в этом случае окажется коэффициент отклонения скоростей k_v .

Пусть после i -го импульса амплитудное значение скорости

$$\dot{x}_i = v v_c e^{-\frac{1}{4} \lambda}$$

В этот же момент времени амплитудная скорость от предыдущего ($i-1$)-го импульса

$$\dot{x}_{i-1} = v v_c e^{-\frac{3}{4} \lambda}$$

Отсюда в рассматриваемый момент времени максимальное отклонение скорости

$$\Delta v_m = \dot{x}_i - \dot{x}_{i-1} = v v_c e^{-\frac{1}{4} \lambda} \left(1 - e^{-\frac{1}{2} \lambda} \right).$$

Итак, коэффициент отклонения скоростей

$$k_v = v e^{-\frac{1}{4} \lambda} \left(1 - e^{-\frac{1}{2} \lambda} \right). \quad (17)$$

Частота собственных колебаний механизма.

$$\nu = \frac{\pi}{T}. \quad (18)$$

Величина логарифмического декремента затухания зависит от многих факторов. Обычно $\lambda = 0,2 \div 0,8$.

После нахождения частоты собственных колебаний механизма легко определить другие параметры синтезируемого механизма. Так, приведенную жесткость передаточной системы можно определить следующим образом:

$$C = v^2 m. \quad (19)$$

Приведенная масса лотка и толкателя m должна быть по возможности меньшей величиной, так как при этом толкатель можно сделать более жестким и, самое главное, уменьшить инерционные силы и давление в высшей кинематической паре. Известно, что при законах движения с импульсами скорости наибольший пик ускорений отрицательный

$$\ddot{y}_{\phi m} = v v_c e^{-\frac{1}{4} \lambda}.$$

Жесткость замыкающей пружины должна быть такой, чтобы она препятствовала размыканию высшей пары при отрицательных ускорениях толкателя

$$C_n S = \varphi m \ddot{y}_{\phi m},$$

где φ — некоторый коэффициент запаса ($\varphi = 1,5 \div 2,0$), отсюда

$$C_n = \frac{\varphi m v v_c e^{-\frac{1}{4} \lambda}}{S}. \quad (20)$$

Выведенные зависимости позволяют определить параметры подающего кулачкового механизма ориентированной укладки частиц МДП.

В заключение необходимо добавить, что при работе толкателя в случае идеального закона движения с импульсами скорости возникает сильный шум. Его можно уменьшить до допустимых пределов при установке в механизм кулачков, выполненных из пластических масс, в частности, из древеснослоистых пластиков [2]. Кроме того, неметаллический кулачок существенно улучшает динамику механизма, способствует уменьшению амплитуд колебаний лотка. Поэтому в механизмах ориентированной укладки частиц МДП необходимо применять такие кулачки.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. А. Диткин, А. П. Прудников. Интегральные преобразования и операционное исчисление. Физматгиз, М., 1961. [2]. М. С. Мовниц, А. П. Федоренко, Л. И. Янговский. Некоторые вопросы динамики кулачковых механизмов с неметаллическими звеньями. Тезисы докладов совещания по методам расчета механизмов машин-автоматов, Львов, 1971. [3]. Л. И. Янговский. Синтез оптимальных по быстродействию законов движения для разбегов рабочего звена. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1968.

Поступила 15 ноября 1973 г.

УДК 658.382.3

К ВЫБОРУ АППАРАТУРЫ ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВЗРЫВАЕМОСТИ ДРЕВЕСНОЙ ПЫЛИ

Т. К. ЕФРЕМОВА, В. А. МИТУСОВ

Уральский электромеханический институт инженеров
железнодорожного транспорта

Для проведения исследований была выбрана взрывная камера ВНИИПО, в которой предварительно установлен характер распределения пылевого облака и определен поправочный коэффициент на неравномерность заполнения объема камеры пылевыми частицами. Введение поправочного коэффициента позволяет с большей точностью определять основные параметры, характеризующие взрывчатость пыли.

На предприятиях деревообрабатывающей и мебельной промышленности иногда возникают неожиданные пожары со взрывами, которые приносят значительный материальный ущерб и угрожают безопасности работников [1], [2]. Поэтому при производственных процессах, связанных с измельчением веществ, пыль которых, находясь во взвешенном состоянии, может дать взрыв, необходимо тщательно продумать меры по устранению возможности возникновения взрыва.

Деревообрабатывающие цехи по пожароопасности относятся к категории Б, так как пыль, выделяющаяся при технологических процессах, может образовать с воздухом взрывоопасную смесь. Согласно ПУЭ, такие помещения относятся к классу В-II, и все электрооборудование должно быть взрывонепроницаемым (тип электродвигателя КО, МА-36, ВАО, тип светильников В4А-100, ВЗГ-200М, кнопочные посты КУ-700 или КУВ, проводка в стальных трубах или бронированный кабель). Здания цехов, находящиеся в любой местности СССР, должны иметь 1-ю категорию молниезащиты, то есть защищены от прямых ударов молний. Кроме того, должны быть предусмотрены соответствующие меры по локализации взрыва и тушению очагов пожара.

Чтобы выбрать надежные методы предупреждения взрыва, мы проводили специальные исследования по определению нижнего концентрационного предела взрываемости пыли, температуры источника воспламенения и других параметров, характеризующих взрывоопасные свойства пыли, в герметично закрытых взрывных камерах. Наиболее известные из них: аппарат Хартмана, взрывной цилиндр ВНИИПО, взрывная камера Института проблем материаловедения АН УССР, прибор ПВП-I и ПВП-II.

Существенный недостаток установок подобного типа — неравномерность распределения пыли в объеме камеры, что снижает точность результатов экспериментов. Для улучшения равномерности распределения пылевого облака в некоторых камерах (в частности, в аппарате Хартмана) изменяли конструкцию форсунки для подачи пыли в камеру. Лучшие результаты были получены в распылителях с фигурной насадкой [4], [5].

Концентрацию пылевого облака во всех случаях рассчитывали исходя из предположения, что пылевое облако равномерно распространяется по всему объему взрывной камеры

$$C = \frac{G}{V} z / \text{м}^3, \quad (1)$$

где G — масса распыляемого вещества, z ;
 V — геометрический объем камеры, м^3 .

Условная концентрация пыли, полученная по формуле (1), существенно отличается от фактической.

Для определения фактического распределения облака древесной пыли во взрывной камере ВНИИПО нами были проведены экспериментальные исследования. Для экспериментов брали пыль древесины одной и той же породы узкого фракционного состава, наиболее опасного с точки зрения взрыва (содержание фракции 100 мкм — около 95%), при строгом соблюдении постоянства основных физико-химических параметров пыли (влажность, зольность и др.), что позволило получить определенную стабильность результатов испытаний.

Исследуемую порцию пыли распыляли в камере с помощью конусной форсунки струей сжатого воздуха под давлением $(0,3-0,4) \cdot 10^5 \text{ Па}$. Плотность пылевого облака измеряли гравиметрическим методом. С этой целью внутрь взрывного цилиндра на разных уровнях помещали сетку, на которой устанавливали стеклянные пластинки (размер $15 \times 15 \text{ мм}$), покрытые тонким слоем вазелина. Концентрацию пыли измеряли на четырех уровнях по высоте камеры (соответственно при $h = 100; 200; 300$ и 400 мм , считая от дна цилиндра). Для фиксации пыли, осаждающейся на стенках и дне камеры, их покрывали специальным фильтром, который снимали после испытания и обрабатывали с помощью микропроекторной установки МПР-1. Всего было проведено по 60 опытов последовательно для каждого вертикального уровня камеры. Количество опытов было заранее определено по формулам математической статистики [6] исходя из заданной вероятности 95%.

При обработке экспериментальных данных были использованы следующие статистические оценки параметров распределения:

$$\bar{C}_p = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} C_i}{n}; \quad (2)$$

$$\bar{D} = \left[\frac{\sum_{i=1}^{i=n} C_i^2}{n} - \bar{C}_p^2 \right] \frac{n}{n-1}, \quad (3)$$

где \bar{C} — оценка математического ожидания концентраций, $z/\text{м}^3$;

\bar{D} — оценка дисперсии концентрации, $z/\text{м}^3$.

По результатам 60 опытов с надежностью 0,95 замеренные концентрации заключены в доверительный интервал I_p , имеющий следующие доверительные границы:

$$I_p = (\bar{C}_p - t \sqrt{\bar{D}}) \div (\bar{C}_p + t \sqrt{\bar{D}}), \quad (4)$$

где t — критерий Стьюдента (при $n = 60$ и вероятности 95% $t = 2,01$).

По результатам экспериментов после статистической группировки и математической обработки построены гистограммы распределения пыли по диаметру взрывного цилиндра для указанных уровней. На

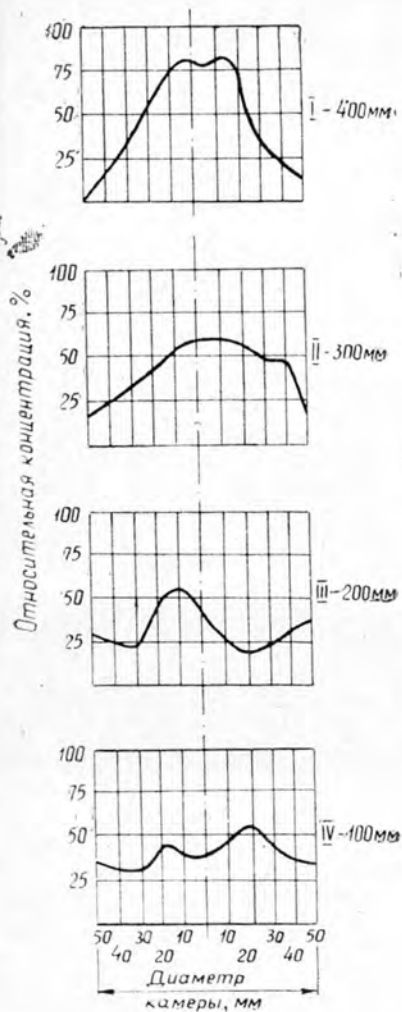


Рис. 1.

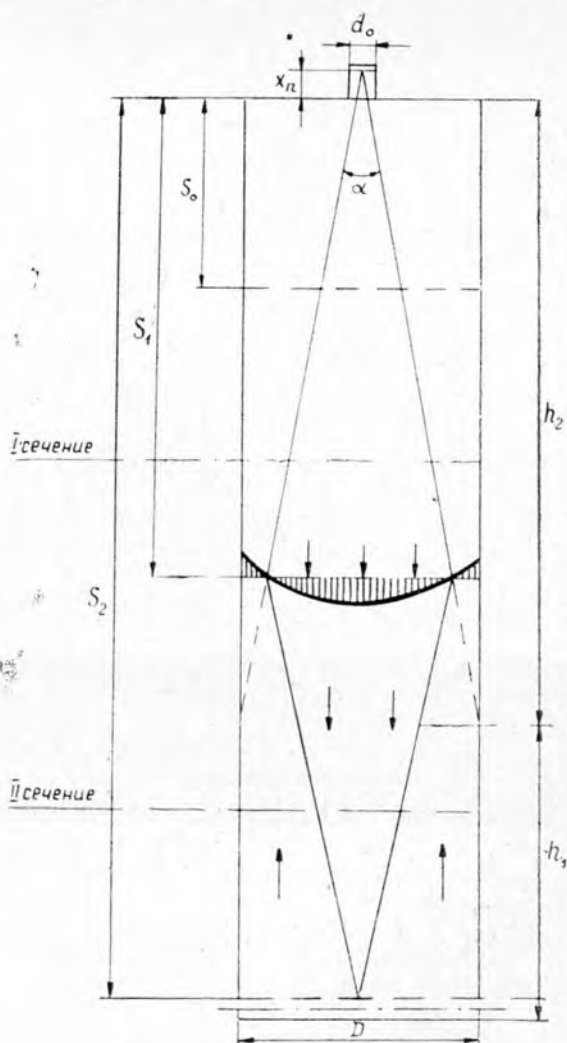


Рис. 2.

$$x_n = 0,133 \frac{d_0}{a};$$

$$S_0 = 0,3 \frac{d_0}{a} + \frac{d_0}{a} \left(\frac{0,0625}{\sqrt{U_0}} - 0,133 \right);$$

$$S_1 = S_0 + \frac{d_0}{a} \left(\frac{0,13}{\sqrt{U_0}} - 0,133 \right);$$

$$S_2 = d_0 \left[\frac{0,333}{\operatorname{tg} \alpha \sqrt{U_0}} + \frac{1}{a} \left(\frac{0,13}{\sqrt{U_0}} - 0,133 \right) \right].$$

основании полученных гистограмм построены эпюры распределения концентрации пыли для четырех рассматриваемых сечений (рис. 1). Анализ эпюр показывает, что при импульсном введении определенной порции пыли во всех сечениях камеры создаются поля переменной концентрации. Концентрация пыли вблизи оси камеры в 5—7 раз превышает

шает усредненную концентрацию по периферии камеры. Распределение плотности пылевого облака по высоте камеры также неравномерное: наибольшая плотность создается в верхних сечениях и вблизи центра камеры, более равномерно плотность распределена в четвертом (нижнем) сечении, в области источника воспламенения. При совместном рассмотрении эпюр всех сечений установлено, что в верхней части цилиндра имеются участки, в которых практически нет пылевых частиц. Объем, приходящийся на такие участки, составляет в среднем 10—12% от общего объема камеры.

Экспериментами установлено, что часть пыли оседает на стенках и на дне взрывной камеры и практически не принимает участия во взрыве. Количество таких частиц зависит от состояния поверхности камеры и ее микроструктуры. С уменьшением шероховатости стенок доля оседающих на них частиц уменьшается, поэтому при изготовлении камеры ее внутреннюю поверхность необходимо тщательно отшлифовать. В условиях нашего эксперимента доля частиц древесной пыли, осевших на стенках и дне камеры, составила примерно 13—15%. Исследования показали, что в результате экспериментов, полученных во взрывной камере ВНИИПО, следует вводить поправочные коэффициенты на неравномерность заполнения взрывного цилиндра исследуемой пылью k_1 и на осаждение пыли на стенках и дне взрывной камеры k_2 . Общий поправочный коэффициент k можно принять равным 0,77.

При рассмотрении распределения концентрации пыли в камере исходя из теории свободной струи, вытекающей в замкнутый объем [3], была построена эпюра распределения воздушной струи для заданной камеры с углом ее раскрытия от полюса, равным 15° ; угол определяли из выражения

$$\operatorname{tg} \alpha = 3,76 \cdot a,$$

где a — коэффициент турбулентной структуры струи, принятый равным 0,07.

Полюсное расстояние $x_n = 19$ мм для данного типа форсунки-распылителя было определено из формулы

$$x_n = 0,133 \frac{d_0}{a}, \quad (5)$$

где d_0 — диаметр выходного отверстия форсунки.

Приведенные выше подсчеты производили без учета воздействия обратной струи. Вследствие того, что запыленная струя подается в камеру под значительным давлением $(0,3—0,4) \cdot 10^5$ Па, прямой поток превалирует над обратным. Однако частичное отражение струи от дна камеры следует учитывать коэффициентом отражения, уменьшающим объем камеры, находящейся вне поля действия свободной струи.

На основании построенной эпюры распределения воздушной струи, вытекающей во взрывную камеру, определяем объем, занимаемый пылевым облаком (рис. 2).

Из этого рисунка находим отношение объема запыленной части камеры

$$V = \frac{\pi d^2}{4} h_1 + \frac{1}{3} \frac{\pi d^2}{4} h_2$$

к ее общему объему

$$V_n = \frac{\pi d^2}{4} H.$$

В этих уравнениях введены следующие обозначения:

h_1 — высота цилиндрической части, занимаемой пылевым облаком, мм;

h_2 — высота конусной части, занимаемой пылевым облаком, мм;

H — общая высота взрывного цилиндра, мм.

Расчеты показали, что отношение этих объемов (коэффициент, определяющий полноту запыления цилиндра камеры) равно 0,72. Учитывая частичное отражение пыли от днища камеры, следует принимать объем запыленной части цилиндра несколько больше расчетного. Тогда коэффициент заполнения взрывной камеры пылью можно принять равным 0,8. Полученное значение k удовлетворительно согласуется с коэффициентом, полученным экспериментально ($k = 0,77$).

Следовательно, для практических расчетов общий поправочный коэффициент можно принять равным 0,8; его следует учитывать во всех экспериментах, проводимых во взрывных камерах данного типа.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Т. К. Ефремова, В. А. Митусов. О причинах возникновения пылевых взрывов при производстве древесной муки. Журн. «Деревообрабатывающая промышленность» № 12, 1970. [2]. Т. К. Ефремова, В. А. Митусов, А. Д. Черников. Исследования древесной пыли. «Пожарное дело» № 7, 1972. [3]. Г. А. Максимов. О движении струи, вытекающей в тупик. Справочная книга по санитарной технике. Лениздат, 1969. [4]. В. Т. Монахов. Методы исследования пожарной опасности веществ. Изд-во «Химия», М., 1972. [5]. В. В. Недин, О. Д. Нейков, А. Г. Алексеев. Характеристики взрываемости порошков и методы их определения. В сб. «Предупреждение внезапных взрывов газодисперсных систем», изд-во «Наукова думка», Киев, 1971. [6]. Г. Хан, С. Шапиро. Статистические модели в инженерных задачах. Перевод с англ., изд-во «Мир», М., 1969.

Поступила 7 мая 1973 г

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 676.16.022.14

ИССЛЕДОВАНИЕ УГЛЕВОДСУЛЬФОНОВЫХ КИСЛОТ,
ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ БИСУЛЬФИТНОЙ ВАРКЕ
ХОЛОЦЕЛЛЮЛОЗЫЕ. А. ПИСАРЕВСКАЯ, Р. К. БОЯРСКАЯ
Ю. Н. НЕПЕНИН

Ленинградская лесотехническая академия

Щелока бисульфитной варки холоцеллюлозы были разделены методом ионного исключения на углеводсульфоновые и альдоновые кислоты. Количество сульфогрупп во фракции углеводсульфоновых кислот соответствовало содержанию общей серы образца. Показано, что образующиеся углеводсульфоновые кислоты не однородны по своим молекулярным весам, причем содержание серы в отдельных фракциях возрастало по мере усиления степени гидролиза углеводов.

При варке древесины с солями сернистой кислоты на всем диапазоне значений рН во взаимодействие вступают не только лигнин, но и углеводы, образуя продукты разложения, сульфонирования и окисления. Впервые сульфонированные углеводы в процессе кислой сульфитной варки обнаружил Эрдтман. В дальнейшем многие исследователи получали и анализировали продукты сульфонирования углеводов при варке как отдельных сахаров в качестве моделей [7], так и холоцеллюлозы [3].

Однако **вопрос** об углеводсульфоновых кислотах (УСК), образующихся при сульфитной варке древесины, еще мало изучен. Исследование углеводсульфоновых кислот в щелоках осложнено наличием продуктов сульфонирования лигнина и разложения и глубокого окисления самих полисахаридов.

Задачи данной работы: 1) в щелоках от бисульфитной варки ($\text{pH} = 4,5 \div 5$) холоцеллюлозы выделить отдельно продукты сульфонирования и окисления углеводов; 2) разделить углеводсульфоновые кислоты на фракции по молекулярным весам; 3) определить степень сульфонирования отдельных фракций.

Холоцеллюлозу (выход от исходной древесины 69,8%; содержание лигнина 0,7%), полученную из еловой муки обработкой ее надуксусной кислотой [1], суспендировали в варочном растворе ($\text{pH} = 4,6$; всей $\text{SO}_2 - 3,4\%$, связанной $\text{SO}_2 - 1,82\%$) при модуле 1 : 25, а затем варили в стеклянных ампулах по следующему графику: подъем температуры до $160^\circ - 2$ часа; стоянка при температуре $160^\circ - 3$ часа.

После варки остаток холоцеллюлозы отфильтровывали, тщательно промывали теплой водой и высушивали. В полученной целлюлозе определяли выход и содержание лигнина. Количество углеводов, перешедшее при варке в раствор, рассчитывали по разности весов холоцеллюлозы и целлюлозы.

Результаты варки холоцеллюлозы приведены в табл. 1.

В табл. 2 представлена характеристика исходного отработанного щелока. Содержание РВ определяли спектрофотометрически после реакции с фенолом и концентрированной серной кислотой [5]. Инверсию

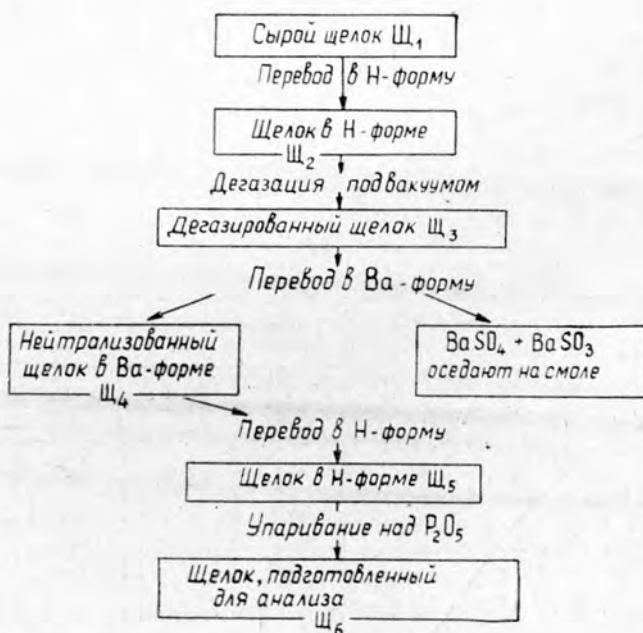
Таблица 1

Показатели	Численные значения показателей, % от исходной	
	холоцеллюлозы	древесины
Выход целлюлозы	90,8	56,6
Растворенный лигнин	0,4	27,0
Растворенные углеводы	8,7	16,4

Таблица 2

Показатели	Численные значения показателей
Содержание РВ, %	
до инверсии	0,98
после инверсии	1,96
Рассчитанное количество РВ (исходя из выхода и модуля), %	
до инверсии	1,02
после инверсии	2,24
Количество растворенных углеводов, % от исходной	
целлюлозы	8,70
древесины	16,40
Количество нередуцирующих углеводов, % от исходной	
холоцеллюлозы	6,46
древесины	14,16
% к растворенным углеводам	74,3

щелока проводили 2%-ной серной кислотой в течение 3 час. Поскольку явного пика в области длины волны 280 нм не наблюдалось, можно считать исходный щелок свободным от лигнина.



Для дальнейшего исследования отработанный бисульфитный щелок подвергали следующей очистке (см. схему подготовки щелока). Объединенный фильтрат и промывные воды после упаривания переводили в Н-форму с помощью катионообменной смолы КУ-1. Полученный раствор дегазировали под вакуумом для удаления летучих продуктов варки и разрушения карбонилбисульфитных соединений. Щелок очищали от неорганических примесей (сульфита и сульфата) на катионообменной колонке в Ва-форме. Затем его снова переводили в Н-форму и упаривали до необходимой концентрации.

По содержанию РВ щелок Щ₆ был идентичен сырому щелоку Щ₁. Смесь моносахаридов, образовавшихся при бисульфитной варке моносахаридов, была качественно разделена с помощью хроматографии на тонком слое силикагеля. Если в инвертированном щелоке от бисульфитной варки древесины были найдены только ксиллоза и манноза [2], то в щелоке Щ₆ наряду с вышеназванными сахарами было обнаружено некоторое количество глюкозы и арабинозы, что, по-видимому, указывает на большую степень гидролиза холоцеллюлозы.

Таблица 3

Сумма кислотных групп, %	SO ₃ H-группы, %	COOH-группы, %	Содержание серы, %
17,6	7,8	9,8	8,1
$\frac{17,6}{100,0}$	$\frac{7,8}{44,3}$	$\frac{9,8}{55,7}$	—

Примечание. В числителе данные в пересчете на серу; в знаменателе — к сумме всех кислот.

Кислотный состав щелока (табл. 3) определяли с помощью кондуктометрического титрования: общее содержание кислотных групп — титрованием 0,1 н. NaOH; количество сильнокислых групп с константой диссоциации 10^{-2} и 10^{-1} — титрованием 0,1 н. CH₃COOK в ледяной уксусной кислоте. Содержание карбоксильных групп рассчитывали по разности между общим содержанием кислотных групп и содержанием сильных кислот. Содержание серы в образце определяли путем сжигания по методу Шенигера [4].

Щелок разделяли на углеводсульфоновые и альдоновые кислоты методом ионного исключения по Форсу [6] на колонке со смолой КУ-2 в Н-форме (высота колонки 116 см, диаметр 3 см). Процесс разделения контролировали замером электрического сопротивления вытекающего раствора. Были получены четыре фракции (рис. 1), в каждой из которых определяли серу и кондуктометрически — содержание кислотных групп (табл. 4).

Таблица 4

Фракции	Кислотный состав отдельных фракций, % в пересчете на серу			Содержание серы S, %
	сумма кислотных групп	SO ₃ H-группы	COOH-группы	
Вода (I)	2,1	1,2	0,9	0,9
Углеводсульфоновые кислоты	22,8	10,7	12,1	11,0
Альдоновые кислоты (III)	15,1	—	15,1	—
Вода (IV)	3,2	—	3,2	—

Анализ полученных фракций дает возможность считать, что с помощью метода ионного исключения можно количественно отделить

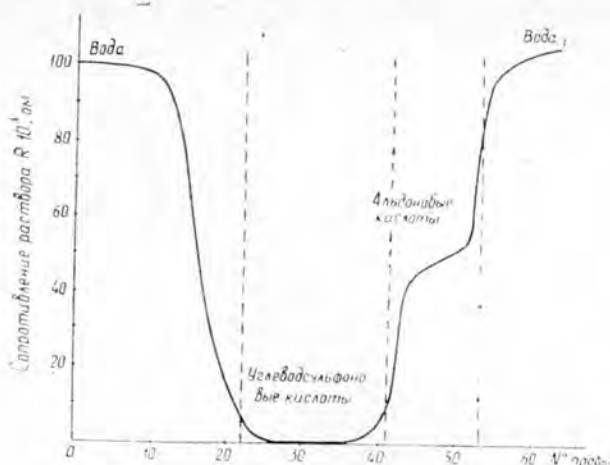


Рис. 1. Разделение углеводсульфоновых и альдоновых кислот методом ионного исключения.

углеводсульфоновые кислоты от альдоновых (фракции II и III). Элюат крайних фракций (I и IV) содержал, в основном, воду с незначительными примесями органических веществ. В выделенной фракции углеводсульфоновых кислот (II) методом гель-хроматографии определяли молекулярно-весовое распределение. Для этого использовали аналитические хроматографические колонки. Фракция II была нейтрализована добавлением гидроксида бария; 1 мл пробы с содержанием сухих органических веществ 0,5% наносили на колонку, скорость элюирования поддерживали постоянной. В качестве элюента использовали воду. Для каждой фракции определяли оптическую плотность при 485 нм (D_{485}) после реакции с фенолом и концентрированной серной кислотой. Кривые элюирования и интегральные кривые строили по значениям оптической плотности и объема элюирования.

Для сравнения хроматограмм, полученных на различных колонках, по оси абсцисс откладывали коэффициент распределения между подвижной и стационарной фазами

$$K_{av} = \frac{V_l - V_0}{V_t - V_0},$$

где V_0 — внешний объем (пропускание голубого декстрана с молекулярным весом 2 000 000);

V_l — объем выхода фракции;

V_t — полный объем колонки (пропускание 0,5%-ного раствора глюкозы).

На приведенной гель-хроматограмме (рис. 2) видно, что при использовании сефадекса G-10 исключенная фракция составила 52%; следовательно, больше половины углеводсульфоновых кислот имеет молекулярный вес больше 700, то есть выше предела разделения данного геля. На сефадексе G-50 разделения углеводсульфоновых кислот не происходит (рис. 3). Фракции выходят отдельным пиком, который смещен к значениям объема элюирования, близким к величине V_l . Наибольшая концентрация фракционируемых УСК находится при $K_{av} = 0,9$. Очевидно, молекулярные веса УСК намного ниже 10 000-ного предела разделения сефадекса G-50. Как видно из рис. 4 (сефадекс

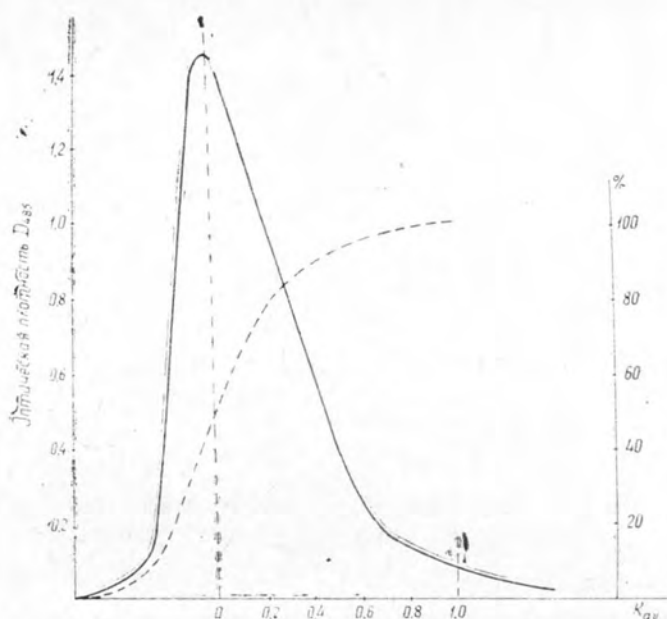


Рис. 2. Гель-хроматограмма УСК на сефадексе G-10.

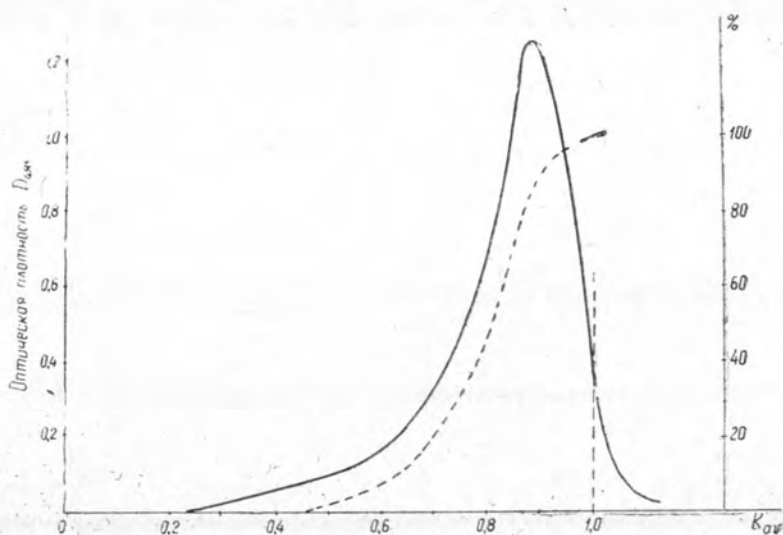


Рис. 3. Гель-хроматограмма УСК на сефадексе G-50.

G-25), высокомолекулярная фракция (5000), лежащая в пределах исключения данного геля, составляет 23%. Наличие на хроматограмме пиков при $K_{av} = 0,30$ и $0,63$ позволяет предположить, что в реакции сульфирования принимают участие углеводы различного молекулярного веса.

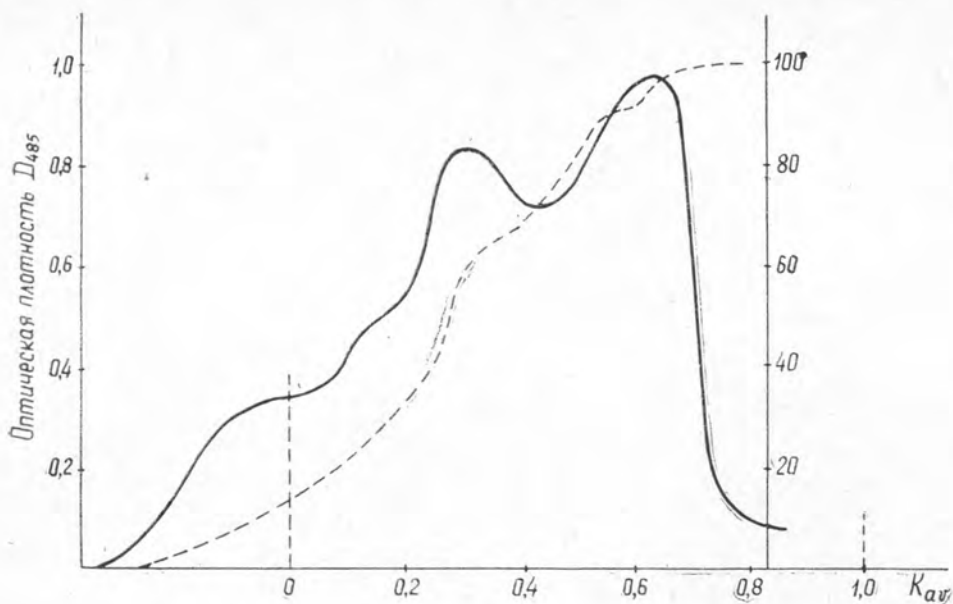


Рис. 4. Гель-хроматограмма УСК на сефадексе G-25.

Таблица 5

№ фракции	Количество общей серы	
	%	% к фракции I
I	6,5	100
II	8,3	128
III	10,9	168
IV	12,9	198

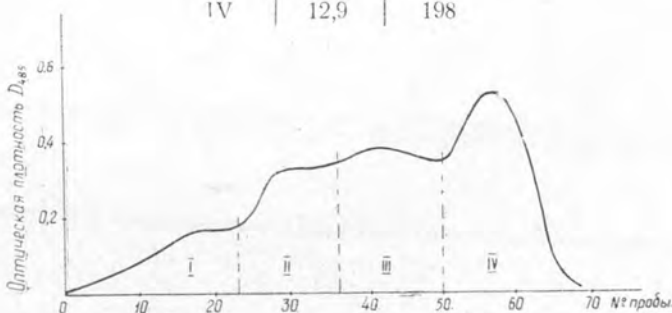


Рис. 5. Фракционирование УСК на препаративной колонке с сефадексом G-25.

Представляло интерес определить содержание серы в отдельных фракциях углеводсульфоновых кислот, имеющих различный молекулярный вес. Для этого использовали образцы углеводсульфоновых кислот, полученные фракционированием на препаративной колонке (рис. 5) с сефадексом G-25 (высота колонки 94 см, диаметр 2,5 см, скорость элюирования 18 мл/час).

Данные о степени сульфирования отдельных фракций углеводсульфоновых кислот представлены в табл. 5. Содержание общей серы в образцах возрастало с уменьшением молекулярного веса углеводов.

Таким образом, из щелока от бисульфитной варки холоцеллюлозы были выделены методом ионного исключения отдельно углеводсульфоновые и альдоновые кислоты. Показано, что образующиеся УСК не однородны по своим молекулярным размерам. С уменьшением молекулярного веса углеводов возрастает степень их сульфирования.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Е. И. Косилова. Некоторые реакции углеводов при сульфитной варке. Труды ЛТА, № 80, 1958. [2]. Е. А. Писаревская, Ж. К. Романенко. Разработка метода ТСХ для определения углеводного состава щелоков. «Химическая переработка древесины», Научные труды ЛТА, № 158, Л., 1973. [3]. E. Adler. Formation and Structure of Sulphocarboxylic Acids. «Svensk Papperstidning», 49, № 15, 1946, 339—346. N. Jamazaki, J. Nakano. Formation of sulphonic carbohydrates at different condition of sulphites coking. «Journal of Japan Wood Research Society», 18, № 2, 1972, 85—89. [4]. O. Raalpo. Determination of General Sulphur Content in Sulphite and Sulphate Waste Liquors. «Päper ja Puu», 47, № 4, 1960, 299—302. [5]. M. Dubois et al. Colorimetric Method for Determination of Sugars and Reited. «Analytical Chemistry», 28, № 3, 1956, 350—356. [6]. K. Forss. The Composition of a Spent Spruce Sulphite Liquor. «Acta Polytechnica Scandinavica», 82, № 17, 1961. [7]. H. Hardell, O. Theander. Treatment of d-Erythrose and d-Xylose with Sulphite. «Acta Chemica Scandinavica», 25, № 3, 1971, 877—882. R. H. Cordingley. An Investigation of the Sulphonic Acids Derived from Xylose and Arabinose. «Tappi», 42, № 8, 1959, 654—659. S. Yelner. Action of Neutral Sulphite Solution on Carbohydrates at High Temperatures. Part I. Sulphocarboxylic Acid Derived from Xylose. «Acta Chemica Scandinavica», 10, 1956, 1251—1257. B. Lindberg, J. Tanaka, O. Theander. Reaction between d-Glucose and Sulphite. «Acta Chemica Scandinavica», 18, № 5, 1964, 1161—1170.

Поступила 14 сентября 1973 г.

УДК 676.1.023.7

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРОКИНЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ ВОЛОКОН ПРИ ПРОКЛЕЙКЕ

Н. Е. ЦЫБАКОВ, В. Л. КОЛЕСНИКОВ

Белорусский технологический институт

Построена математическая модель электрокинетического потенциала целлюлозных волокон при канифольной проклейке с использованием методологии планирования эксперимента. Определено влияние основных технологических факторов на величину электрокинетического потенциала при проклейке.

Как известно, потенциал волокна с осажженным на нем канифольным клеем — показатель процесса проклейки [3], [5], [7].

В нашей работе были поставлены следующие задачи: 1) используя методологию планирования эксперимента с количественными факторами, уровням которых соответствует числовая шкала, построить математическую модель электрокинетического потенциала целлюлозных волокон при канифольной проклейке; 2) определить влияние основных факторов на величину электрокинетического потенциала.

Исходя из предварительных исследований технологических факторов, влияющих на степень проклейки бумаги в массе, для анализа мы выделили четыре фактора: расход белого клея X_1 , расход резината натрия X_2 , степень размола массы X_3 , рН массы при проклейке X_4 . Выбранные уровни и интервалы варьирования переменных приведены в табл. 1. При проведении экспериментов был использован метод по-

Таблица 1

Факторы	Значения факторов в экспериментах			Шаг варьирования
	основной уровень	верхний уровень	нижний уровень	
Расход белого клея (21,9% свободной смолы), кг/т	10	20	0	10
Расход резината натрия, кг/т	10	20	0	10
Степень размола, °ШР	32	40	23	8
pH проклеенной целлюлозы	4,7	6	3,4	1,3

тенциала протекания при условии строгой стандартизации экспериментальных определений [6].

Активный эксперимент провели по плану B_4 , который по статическим характеристикам наиболее близок к Д-оптимальному и состоит из полного факторного эксперимента 2^4 и восьми звездных точек [1], [2], [4].

Для исследования использовали сульфитную беленую целлюлозу Советского ЦБК, сосновую живичную канифоль марки А (ГОСТ 797—64) и сульфат алюминия (ГОСТ 12966—67), расход которого приняли постоянным и равным 60 кг/т. Целлюлозу размалывали в стандартном лабораторном ролле с ванной емкостью 4 л до заданной степени размола при 2%-ной концентрации. Затем в течение суток целлюлоза набухала в дистиллированной воде. Рабочая концентрация белого канифольного клея с 21,9% свободной смолы составляла 18,6 г/л, а концентрация резината натрия — 20,9 г/л. Плотность целлюлозных диафрагм во всех экспериментах поддерживали равной 0,3 г/см³. Электрокинетический потенциал целлюлозных диафрагм определяли по отношению к оборотной воде.

Проклейку целлюлозных волокон при 3%-ной концентрации осуществляли в ванночке с последующей набивкой в ячейку; регулировали 1 н. растворами NaOH и H₂SO₄. Предварительно у всех целлюлозных диафрагм определяли равновесный электрокинетический потенциал по отношению к дистиллированной воде, величина которого $\zeta = -4,9$ мв.

При проведении экспериментов использовали принцип рандомизации. Экспериментальные данные обрабатывали на ЭЦВМ «Проминь-М» и «Минск-22». После проверки оценок дисперсий на однородность по критерию Кохрена и коэффициентов уравнения на значимость по критерию Стьюдента нами получено следующее уравнение регрессии электрокинетического потенциала в нормированных переменных:

$$\hat{\zeta} = -3,85 + 0,476X_1 - 0,101X_2 + 0,234X_3 - 0,317X_4 + 1,485X_1^2 - 1,98X_2^2 + 0,7X_3^2 + 0,365X_4^2 + 0,119X_1X_2 + 0,302X_1X_3 - 0,49X_2X_3 + 0,374X_2X_4 - 0,335X_3X_4.$$

Исследования приведенного уравнения методом перебора численных значений факторов и экспериментальная проверка полученных данных показали, что это уравнение отражает направление изменения электрокинетического потенциала.

Из табл. 2 следует, что величина электрокинетического потенциала при проклейке существенно зависит от значений выбранных факторов. Полученные результаты свидетельствуют, что существуют ком-

Таблица 2

Факторы				Электрокинетический потенциал, мВ	
расход белого клея, кг/Т	расход резината натрия, кг/Т	степень размола, ОШР	pH массы при проклейке	расчетный	экспериментальный
20	10	40	6	-0,93	
20	20	40	6	-3,01	-4,61
0	0	23	3,4	-3,6	
0	20	40	6	-4,81	-4,6
10	20	40	6	-5,4	
20	0	40	6	-2,82	-2,28
20	20	32	6	-3,42	
20	20	23	6	-2,43	-2,44
20	20	40	3,4	-2,46	-3,63
20	20	40	4,7	-3,1	
20	10	32	4,7	-1,88	+1,06
10	10	32	6	-3,8	0
20	0	40	3,4	-0,77	0

промисленные соотношения технологических факторов, обеспечивающих значительное снижение отрицательного электрокинетического потенциала и, следовательно, более высокую степень проклейки.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. П. Ф. Андрукович, Т. И. Голикова, С. Г. Костина. Планы второго порядка гиперкубе, близкие по свойствам к Д-оптимальным. В сб. «Новые идеи в планировании эксперимента», изд-во «Наука», М., 1969. 146. [2]. В. Г. Горский, В. З. Бродский. О регрессионном анализе при планировании второго порядка. Журн. «Заводская лаборатория» № 1, 1972. [3]. С. Н. Иванов. Технология бумаги. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1970, 151—170. [4]. В. В. Налимов, Н. А. Чернова. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. Изд-во «Наука», М., 1965, 12—101. [5]. А. П. Петров. Проклейка бумаги и картона. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1964, 10—13. [6]. В. И. Юрьев. Докторская диссертация. Л., 1962. [7]. E. F. Thode, S. Htoo. «Tappi», 38, 12, 1955, 705—710.

Поступила 5 ноября 1973 г.

УДК 547.992.3

УСТАНОВЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ МОЛЕКУЛЯРНЫМ ВЕСОМ ДИОКСАНЛИГНИНА И ЕГО КОЭФФИЦИЕНТОМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИ ГЕЛЬ-ФИЛЬТРАЦИИ

Н. Д. БАБИКОВА, Б. Д. БОГОМОЛОВ, О. М. СОКОЛОВ, Г. Г. КОЧЕРГИНА,
Г. И. ПОПОВА, В. И. УДАЛЬЦОВА

Проблемная лаборатория Архангельского лесотехнического института

Найдены уравнения, описывающие связь между коэффициентом распределения при гель-фильтрации и молекулярным весом диоксанлигнина, расфракционированного на сефадексе G-75, для всей области молекулярных весов образца и отдельно для его высоко- и низкомолекулярных частей.

Цель данной работы — установление зависимости между молекулярным весом и коэффициентом распределения при гель-фильтрации для диоксанлигнина, который широко применяют в научных исследованиях как препарат, близкий по своему строению к природному лигнину.

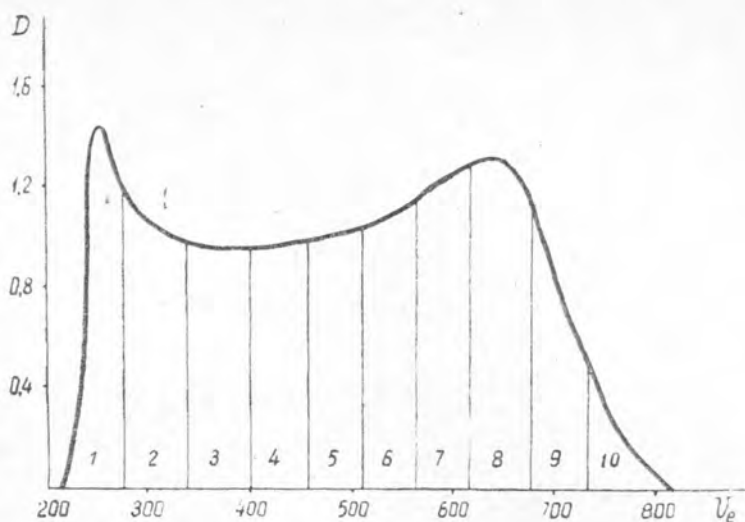


Рис. 1.

D — оптическая плотность при $\lambda = 364$ нм; V_e — объем элюирования, мл;
1, 2, 3, ..., 10 — номера фракций.

Методика получения диоксанлигнина значительно проще, чем других препаратов. Мы использовали диоксанлигнин, полученный из древесины сосны по методике Пеппера; характеристика приведена в работе [1].

Подготовку хроматографической колонки и фракционирование проводили по методике, приведенной в одной из работ [2]. Образец диоксанлигнина (25 мл 5%-ного раствора в ДМСО) был расфракционирован на препаративной колонке диаметром 48 мм и высотой слоя геля 570 мм с сефадексом G-75. Рабочее давление в колонке поддерживали постоянным (15 мм вод. ст.). Кривая гель-фильтрации исходного образца диоксанлигнина приведена на рис. 1.

Весь объем элюирования на кривой гель-фильтрации был разделен на 10 приблизительно равных частей, то есть на 10 фракций. Диоксан-

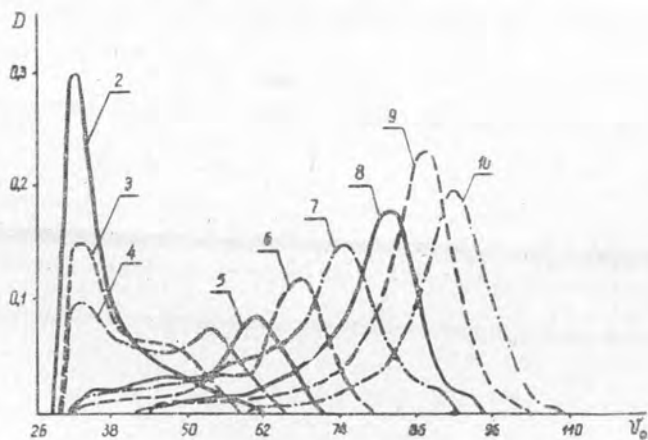


Рис. 1. Обозначения см. под рис. 1.

лигнин каждой фракции был выделен упариванием растворов под вакуумом при температуре не более 50°C с последующей отгонкой остатков ДМСО с ацетоном. Выделенные фракции диоксанлигнина сушили под вакуумом при комнатной температуре.

Растворы выделенных фракций диоксанлигнина в ДМСО (концентрация 1%) пропускали через аналитическую колонку диаметром 20 мм и высотой слоя геля 396 мм с сефадексом G-75. По результатам фракционирования были построены кривые гель-фильтрации для каждой фракции диоксанлигнина (рис. 2). Чтобы установить верхнюю и нижнюю границы фракционирования, необходимые для определения коэффициентов распределения, колонку калибровали. Для получения верхней границы фракционирования был пропущен декстран голубой с молекулярным весом 2 000 000, для получения нижней границы — гваякол с молекулярным весом 180. Молекулярные веса фракций определяли на ультрацентрифуге G-110 по методу, приведенному в одной из статей [3]. Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

Средневесовые молекулярные веса фракций диоксанлигнина M_w

опытные	рассчитанные по уравнениям			
	$K_d^{\frac{1}{3}} = 1,0807 - 0,0044833 M^{\frac{1}{2}}$	$K_d = 2,0712 - 0,44664 \lg M$	$K_d^{\frac{1}{3}}$ * , $K_d^{\frac{1}{3}}$ **	$K_d = 2,8525 - 0,64103 \lg M$; $K_d = 1,9530 - 0,40859 \lg M$
17800	18696	22921	16235	17532
14400	15434	18220	14668	14548
7660	7449	8196	7636	7671
5670	4658	4443	4814	4369
6590	5794	5573	5842	5353
1870	1887	1409	1861	1443
1140	1249	931	1142	926

$$*K_d^{\frac{1}{3}} = 1,1594 - 0,0052143M^{\frac{1}{2}}; \quad **K_d^{\frac{1}{3}} = 1,0548 - 0,0039356M^{\frac{1}{2}}.$$

Зависимость между коэффициентом распределения и молекулярным весом устанавливали с учетом полидисперсности фракций диоксанлигнина. Были найдены постоянные в следующих уравнениях:

$$K_d^{\frac{1}{3}} = 1,0807 - 0,0044833M^{\frac{1}{2}};$$

$$K_d = 2,0712 - 0,44664 \lg M.$$

Эти равенства характеризуют зависимость между коэффициентом распределения и молекулярным весом для всей области молекулярных весов полидисперсного образца; были найдены также уравнения отдельно для высоко- (а) и низкомолекулярной (б) частей образца диоксанлигнина, что позволило повысить точность определения молекулярных весов по данным гель-хроматографии:

$$K_d^{\frac{1}{3}} = 1,1595 - 0,0052143M^{\frac{1}{2}}; \quad (a)$$

$$K_d^{\frac{1}{3}} = 1,0548 - 0,0039356M^{\frac{1}{2}}; \quad (б)$$

$$K_d = 2,8525 - 0,64103 \lg M; \quad (a')$$

$$K_d = 1,9530 - 0,40859 \lg M. \quad (б')$$

На основе полученных уравнений были разработаны программы на ЭВМ для расчета дифференциальной и интегральной кривых молекулярно-весового распределения, средневесового, среднечислового и средневзвешенного молекулярных весов по следующим координатам гель-хроматограммы: объем элюирования и плотность раствора. Средневесовые молекулярные веса фракций диоксанлигнина, рассчитанные по найденным уравнениям с помощью разработанных программ, представлены в табл. 1. Из данных этой таблицы видно, что опытные и расчетные значения молекулярных весов совпадают достаточно хорошо. Следовательно, полученные уравнения хорошо описывают связь между коэффициентом распределения и молекулярным весом диоксанлигнина.

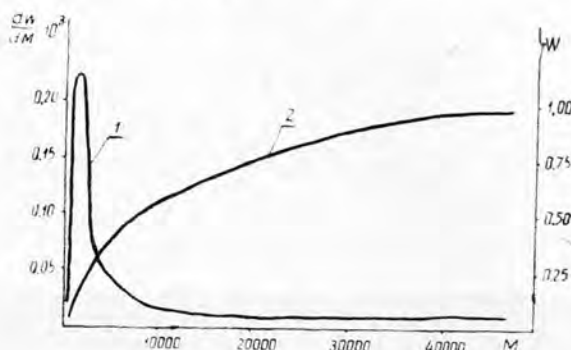


Рис. 3. Дифференциальная (1) и интегральная (2) кривые молекулярно-весового распределения исходного образца диоксанлигнина.

M — молекулярный вес; W — весовая доля лигнина с определенным молекулярным весом.

По уравнениям (а) и (б), наилучшим образом описывающим связь между молекулярным весом и коэффициентом распределения для фракций диоксанлигнина, координаты кривой гель-фильтрации исходного образца диоксанлигнина были пересчитаны в координаты дифференциальной и интегральной кривых молекулярно-весового распределения (рис. 3) и определены средневесовой, среднечисловой и средневзвешенный молекулярные веса исходного диоксанлигнина, соответственно равные $\bar{M}_w = 11\,250$, $\bar{M}_n = 2230$ и $\bar{M}_z = 27\,170$. Как видно из рис. 3, исходный образец диоксанлигнина содержит фракции с молекулярными весами до 50 000, причем основная часть фракций имеет молекулярный вес от 1000 до 3000.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Б. Д. Богомолов, Г. И. Попова. Сб. «Современные методы исследования в химии лигнина», Архангельск, 1970, стр. 153. [2]. Б. Д. Богомолов, О. М. Соколов, Г. Г. Кочергина, И. И. Рудакова. Сб. «Современные методы исследования в химии лигнина», Архангельск, 1970, стр. 41. [3]. О. М. Соколов, Б. Д. Богомолов, Н. Д. Бабилова. Сб. «Современные методы исследования в химии лигнина», Архангельск, 1970, стр. 22.

Поступила 10 июля 1973 г.

УДК 634.0.892.6

КИНЕТИКА ВЫДЕЛЕНИЯ СКИПИДАРА ИЗ ЩЕПЫ ПРИ ОБРАБОТКЕ ПАРОМ

А. И. ГОЛОВИН, Э. И. ФЕЙГУС

ЦНИЛХИ

С. И. ТРЕТЬЯКОВ, А. И. КИПРИАНОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Рассмотрен вопрос влияния температуры и гидродинамического режима на процесс извлечения скипидара из щепы в проточном аппарате. Из пропарочной камеры установки системы «Камюр» при принятых режимах пропарки можно извлечь до 30% скипидара.

Выход скипидара при непрерывной варке целлюлозы можно увеличить путем интенсификации процесса в пропарочной камере. Принятый технологический режим работы аппаратов на установках системы «Камюр» (температура 115—120°C, время пропарки 3—5 мин) позволяет выделить только 15—20% скипидара, содержащегося в технологической щепе.

Можно предположить, что на процесс десорбции скипидара как на диффузный процесс влияют температура, продолжительность, скорость движения паров, поверхность материала и другие факторы.

Литературные сведения не дают однозначного ответа о степени влияния температуры на процесс. Известно [2], что при десорбции скипидара из осмольной щепы экстракционного производства при температуре 120°C за 5 мин полнота извлечения скипидара достигала 54%. Опыты были поставлены с использованием перегретого водяного пара при предварительном нагреве камеры до температуры опыта. В одной из работ [3] было показано, что для щепы из отходов лесопиления при температуре 120°C степень извлечения скипидара за 5 мин составила 12,6% и даже через 2 часа повысилась только до 40,2%.

Данная работа затрагивает вопрос о влиянии температуры и гидродинамического режима на процесс извлечения скипидара из щепы в проточном аппарате. В опытах использовали щепу (фракция 5—20 мм) из свежего пневого осмола, измельченного на рубительных машинах Вахтанговского КЭЗа. Высокое содержание летучих в щепе (1,5—3,0%) позволяло повысить точность эксперимента. Влажность щепы 25—45%, смолистость 15—25%. Соотношение скипидара к канифоли 1:10 ÷ 1:15, то есть близко к соотношению их в технологической щепе целлюлозно-бумажных предприятий. Древесина свежего пня за короткое время пребывания в земле не претерпевает больших изменений и близка по своему анатомическому строению к технологической щепе. Содержание летучих в щепе определяли по общепринятой методике с 1%-ным раствором едкого натра, влажность щепы — по методу Дина и Старка [1].

Схема установки для исследования влияния температуры и гидродинамического режима на процесс извлечения скипидара из щепы показана на рис. 1. Опыты проводили в такой последовательности.

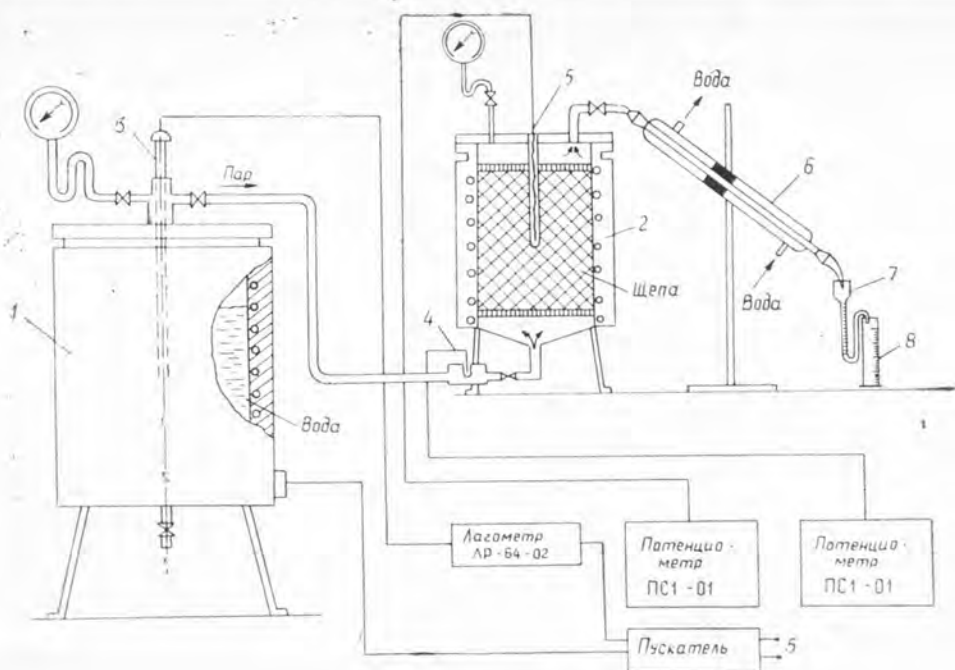


Рис. 1.

1 — парообразователь; 2 — десорбер; 3, 4, 5 — термомпары; 6 — холодильник; 7 — калиброванная ловушка; 8 — мерный цилиндр.

Навеску щепы около 1 кг помещали в десорбер. Включали электрообогрев и подавали пар из парообразователя. Щепу прогревали до температуры опыта в течение 1—3 мин. Затем открывали вентиль на линии вывода паров в холодильник. В стеклянном холодильнике конденсировали и охлаждали конденсат.

Для оценки равномерности отбора через определенные промежутки времени в течение 40 мин замерыли объем скипидара и воды в конденсате.

После прекращения подачи пара в десорбер снижали давление и автоклав вскрывали. Отбирали пробу щепы для анализа на содержание летучих. По каждому опыту составляли баланс летучих, содержащихся в исходной щепе и получаемых в процессе пропарки, с учетом количества скипидара, оставшегося в пропаренной древесине.

Опыты проводили в интервале температур 110—170°C. Выбор верхнего предела температуры обусловлен тем, что, во-первых, сам процесс варки проводят при 170°C, во-вторых, дальнейший перегрев древесины привел бы к изменению канифоли. Эта серия опытов выполнена при массовой скорости пара 0,285 кг/мин·м², отнесенной к полному сечению аппарата.

Результаты экспериментов показаны на рис. 2. Кривые являются средними из серии (3—4) параллельных опытов. Среднеквадратическая ошибка σ_c отдельного наблюдения C_{ij} составила 4,3%. Ошибка опыта составила 2,2%.

Графо-аналитическим методом получено эмпирическое уравнение зависимости степени извлечения летучих из щепы C (%) от температуры (T , °C) и времени обработки (τ , мин) паром

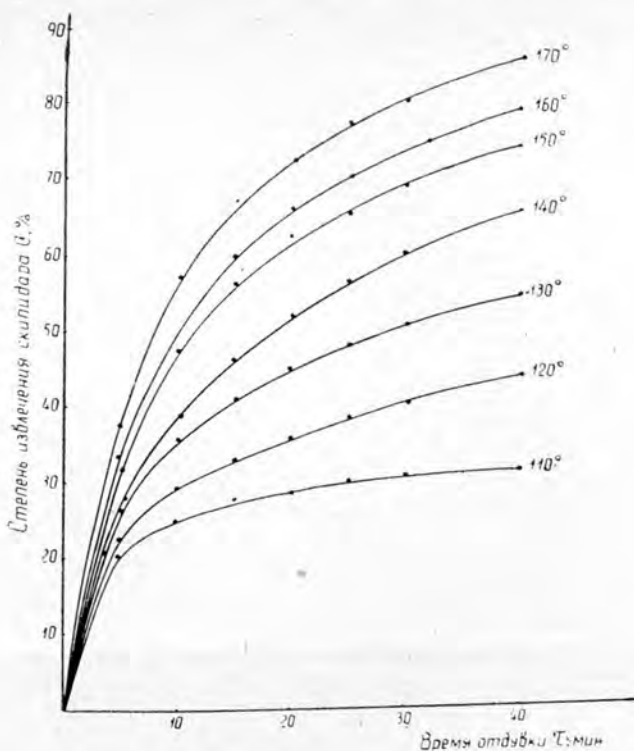


Рис. 2. Влияние температуры на кинетику извлечения скипидара из щепы

$$C = \frac{\tau}{0,115 - \frac{\tau}{134 - 1,54T}} \quad (1)$$

Проверка адекватности уравнения экспериментальным данным выполнена по критерию Фишера. Было установлено, что уравнение (1) можно принять для практического использования, считая его адекватным с вероятностью $P = 0,95$ в интервале температур 110—170°C.

Следует указать, что уравнение (1) можно применять только для щепы, близкой по своим показателям (степень измельчения, содержание смолистых веществ) к использованной в проведенных нами опытах. Описание кинетики выделения скипидара при пропарке (в условиях целлюлозно-бумажного производства) указанным эмпирическим уравнением возможно лишь ориентировочно.

Опыты по исследованию влияния гидродинамического режима пропарки на процесс извлечения скипидара из древесины проводили на той же установке. Расход пара в опытах изменяли в интервале 0,285—1,710 кг/мин·м² при температуре пара 120, 130 и 160°C.

При этом критерий Рейнольдса, определяющий режим движения парового потока через слой щепы, изменялся в интервале 3—18 для 120—130°C и 3—16 для 160°C. Проведенные наблюдения показали, что гидродинамическая обстановка оказывает влияние лишь в начальной стадии отгонки скипидара (первые 3—5 мин). При 120°C за 5 мин при массовой скорости пара 0,285 кг/мин·м² можно выделить 22% скипидара. При увеличении расхода пара в два раза эта величина

достигает 33%, а дальнейшее повышение расхода пара лишь незначительно увеличивает степень извлечения скипидара. Кинематические исследования процесса извлечения скипидара из щепы в интервале температур 110—170°C при массовой скорости 0,285—1,710 кг/мин·м² показали, что основной параметр, определяющий скорость процесса, — температура. Так, за 10 мин при 110°C выделяется 25% скипидара, содержащегося в исходной щепе; при 170°C выход составляет уже 57%, за 40 минут — соответственно 33 и 87%.

Следовательно, на скорость извлечения скипидара при пропарке щепы паром основное влияние оказывает температура. При существующих на предприятиях режимах пропарки из пропарочной камеры можно извлечь не более 30% скипидара.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. В. И. Вершук, Н. А. Гурич. Методы анализа сырья и продуктов канифольно-скипидарного производства. Гослесбумиздат, М., 1960. [2]. М. И. Молдавская, Л. В. Гребнев. Выход скипидара на установках непрерывной варки. Сборник реферативной информации ХПД, № 9, ЦНИИТЭИлеспром, 1969. [3]. А. Е. Соснин, С. И. Третьяков. Влияние температуры на выход скипидара при пропаривании технологической щепы целлюлозного производства. «Лесохимия и подсосочка», ВНИПИЭИлеспром, 1972, № 4, стр. 11—12.

Поступила 16 ноября 1973 г.

УДК 634.0.813.13

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДЕЛИГНИФИКАЦИИ ПРИ МОНОСУЛЬФИТНОЙ ВАРКЕ ПОЛУЦЕЛЛЮЛОЗЫ ВЫСОКОГО ВЫХОДА С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА УФ-СПЕКТРОСКОПИИ

Г. Ф. ПРОКШИН, К. Г. БОГОЛИЦЫН

Архангельский лесотехнический институт

Проведены лабораторные моносультитные варки смеси березы и осины. Химическими и спектральными методами определено, что лигнин в первые 50 мин варки переходит в варочный раствор почти неизменным в составе лигноуглеводного комплекса. В последующем наблюдаются гидролитические процессы с разрушением этого комплекса и гидролизом лигнина.

Моносультитный способ варки полуцеллюлозы из лиственных пород древесины для производства тарного картона получил широкое распространение. В зависимости от расхода варочного реагента (7—14% моносультита) процесс проводят при pH = 7 ÷ 9 [1], [2]; соотношение моносультита и соды берут в пределах 4 : 1 [3]. На некоторых предприятиях расход химикатов установлен в пределах 2% Na₂O, а pH варочного раствора в ходе варки снижают до 5—6,5.

Процесс делигнификации при моносультитной варке полуцеллюлозы высокого выхода, особенно в первой стадии, изучен недостаточно. В данной работе изложены результаты исследования процесса делигнификации с применением метода УФ-спектроскопии.

Экспериментальная часть

Варку щепы проводили в автоклавах-стаканах, помещаемых в глицериновую баню. Для исследований использовали смесь различных

пород древесины такого же состава, что и на Котласском ЦБК (6% ели, 47% березы и 47% осины). Для варок применяли варочную кислоту с расходом варочного реагента 2,43; 6,0; 12,0% в единицах Na_2O (соотношение $\text{Na}_2\text{SO}_3 : \text{Na}_2\text{CO}_3 = 4 : 1$). Дополнительно проводили водную варку. Режим варки: подогрев до температуры варки — 20 мин; стоянка при температуре варки — 95 мин. В случае водной варки стоянку при конечной температуре сократили до 50 мин. В табл. 1 представлены значения pH исходного варочного раствора (до заливки в автоклав) и после отбора пробы щелока в конце варки.

Таблица 1

Расход реагента по Na_2O , %	pH _{исх}	Температура варки, °С	pH _{кон}	Температура варки, °С	pH _{кон}	Температура варки, °С	pH _{кон}
0 (водная варка)	5,10	—	—	180	3,20	—	—
2,43	8,80	170	4,40	180	3,70	190	3,75
6,00	10,25	—	—	180	6,05	190	4,90
12,00	9,15	—	—	180	6,80	—	—

Примечание. Тире обозначает, что варку не проводили.

Гидромодуль всех варок 1 : 5. В каждый автоклав загружали по 30 г абс. сухой щепы. Осуществляя нагрев по температурному режиму, автоклавы поочередно извлекали из бани: в случае водной варки (0% Na_2O) — через каждые 10; 15; 20; 25; 30; 40; 45; 50 мин с начала стоянки на конечной температуре; при варке с разными количествами Na_2O — через каждые 10; 20; 25; 30; 35; 40; 45; 95 мин. Затем автоклавы быстро охлаждали в проточной воде.

Из каждого автоклава отбирали по 1 мл щелока и вносили в стаканчик с 20 мл дистиллированной воды. После подщелачивания до pH = 7,0 пробы переносили в мерную колбу на 50 мл и доводили до метки дистиллированной водой. Перед спектрофотометрированием пробы разводили в отношении 1 : 500. Спектры записывали в области 230—370 нм на спектрофотометре СФ-4.

Содержание углеводов в полуфабрикате по ходу варки определяли методом газо-жидкостной хроматографии триметилсилильных эфиров сахаров на хроматографе ЛХМ-8МД (модель 5). В процессе варки вычисляли выход полуфабриката, содержание лигнина в варочном растворе по оптической плотности, а в ряде проб — содержание лигнина по методу Комарова [5].

Обсуждение результатов

Результаты определения лигнина в полуцеллюлозной массе при водной и моносльфитной варках представлены в табл. 2, из данных которой видно, что при водной варке в массе определяется почти весь исходный лигнин, в то время как выход падает до 70%; более того, содержание лигнина после 45 мин варки даже возросло. При моносльфитной варке с 6%-ным расходом реагента по Na_2O в массе обнаруживается 19—20% лигнина (в пересчете на исходную древесину). Значит, в растворе переходит около 3% лигнина. При этом наименьшее количество лигнина в полуфабрикате обнаружено при варке в течение

Таблица 2

Расход Na_2O , %	Общее время варки, мин	Количество лигнина в пересчете на навеску древесины, %	Выход массы, %
0	35	22,19	72
0	40	23,78	70
0	45	23,80	69
6	30	19,40	88
6	50	16,70	74
6	60	18,90	72
6	65	18,11	69
6	115	20,68	68
Исходная древесина		22,70	

Примечание. Во всех случаях температура варки 180°C.

50 мин, что соответствует растворению 6% лигнина, а увеличение времени варки свыше 50 мин приводит даже к повышению содержания определяемого лигнина в продукте. Как видно из табл. 1, рН варочного щелока при моносльфитной варке изменяется с 10,25 до 6,05, а при водной варке — с 5,10 до 3,20.

Химические анализы показали, что с точки зрения делигнификации, процесс получения полуфабрикатов высокого выхода завершается в течение 50—55 мин общего времени варки; поэтому проводить варочный процесс дальше имеет смысл лишь в том случае, если это улучшает размол или физико-химические показатели полуфабриката.

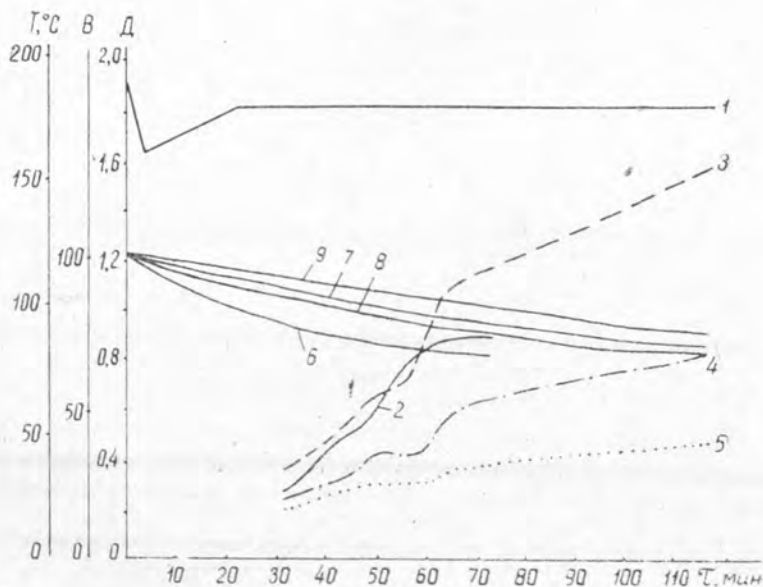


Рис. 1.

1 — температурный режим; 2, 6 — D щелока и выход при водной варке; 3, 7 — то же с расходом 2,43% Na_2O ; 4, 8 — то же с расходом 6,00% Na_2O ; 5, 9 — то же с расходом 12,00% Na_2O .

Кроме того, о процессе делигнификации на первом этапе варки судили по увеличению оптической плотности щелоков; расчеты вели, принимая во внимание результаты химических анализов и количество лигнина, перешедшего в раствор. Кривыми на рис. 1 представлено изменение оптической плотности D щелока и выхода B в процессе варок древесины при 180°C с разным расходом варочного реагента ($\lambda = 280 \text{ нм}$, $\text{pH} = 7$, разведение 1 : 500). Ход кривых показывает, что через 50—60 мин общего времени варки величина D возрастает для варок с 2,43 и 6,00% Na_2O . Такая же тенденция намечается для варки с 12% Na_2O и для водной. Природа этих изменений различна и связана с превращениями лигнина или углеводов. Поэтому количественные расчеты по результатам измерения D можно провести лишь при длительности варки до 50—60 мин.

Таблица 3

Расход Na_2O , %	Температура варки, $^{\circ}\text{C}$	Общее время варки, мин	Количество лигнина, перешедшего в раствор, % к исходной древесине	Количество углеводов, перешедших в раствор, %	Выход полуфабриката, %	Сумма, %
0	180	30	4,18	22,40	74,16	100,74
		50	10,78	26,75	71,94	109,47
2,43	170	30	1,80	3,60	97,82	103,20
		50	4,31	6,70	88,27	99,28
	180	30	4,80	11,80	89,00	105,60
		50	9,81	18,20	81,40	109,41
190	30	7,80	19,40	74,94	102,14	
	50	14,27	27,36	67,16	108,79	
6,00	180	30	3,00	15,20	88,71	106,90
		50	8,03	18,90	79,97	106,90
	190	30	5,62	17,30	81,01	103,91
		50	6,32	22,70	76,48	105,50
12,00	180	30	2,90	12,00	91,72	106,60
		50	4,67	13,60	90,29	108,56

Результаты определения количества лигнина и углеводов, перешедших в раствор, и выходы полуфабрикатов представлены в табл. 3, из которой видно, что составление баланса дает цифру, большую 100% (до 109%). При этих измерениях наибольшую величину в ошибку, повидимому, вносит определение лигнина по оптической плотности. Оценивая результаты в пределах этой ошибки, можно заключить, что уже в первоначальный период в раствор переходит значительное количество углеводов вместе с лигнином. Увеличение расхода варочного реагента замедляет растворение углеводов. Особенно это заметно при переходе от водной варки к варке с незначительным расходом варочного реагента (2,43% Na_2O); так, количество углеводов, перешедших в раствор при 180°C и 30 мин общего времени варки, снижается наполовину. Дальнейшее увеличение расхода реагента до 6,0 и 12,0% Na_2O мало влияет на растворимость углеводов (при 180°C — 15,20 и 12,00%). В то же время повышение температуры при варке с расходом 2,43% Na_2O приводит к заметному увеличению растворимости углеводов (с 3,60 до 19,0% при изменении температуры с 170 до 190°C).

В случае водной варки и варок с различным содержанием варочного реагента при 180°C в первые 30 мин (табл. 3) количество лигнина, перешедшего в раствор, было примерно одинаковым, но с тенденцией к уменьшению растворимости при увеличении расхода варочного

реагента. С увеличением времени варки эта тенденция усиливается (после 50 мин — 10,78; 9,81; 8,03; 4,67%).

Из сказанного можно сделать вывод, что в раствор вместе с углеводами переходит некоторое количество лигнина — около 3—4%. Следовательно, в первый период моносльфитной варки растворяется лигноуглеводный комплекс, в состав которого входят 3—4% лигнина и 12—15% углеводов (в расчете на исходную древесину). Соотношение лигнина и углеводов в нем 1 : 4. Растворение этого комплекса приводит к снижению выхода до 85—90%.

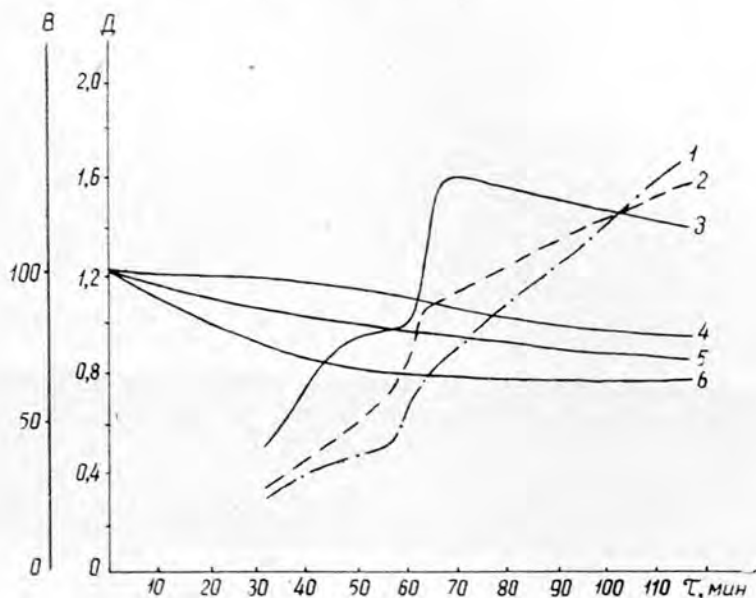


Рис. 2.

1, 4 — D щелока и выход при 170°C; 2, 5 — при 180°C; 3, 6 — при 190°C.

На рис. 2 представлено изменение оптической плотности D щелока в процессе моносльфитных варок с расходом варочного реагента 2,43% Na_2O при 170, 180 и 190°C ($\lambda = 2800 \text{ нм}$; $\text{pH} = 7$; разведение 1 : 500). Как видно из рис. 1 и 2, в интервале времени варки 60—70 мин величина D изменяется быстро. Особенно это видно из рис. 2. По-видимому, это связано с разрушением лигноуглеводного комплекса, вследствие чего лигнин и углеводы изменяют спектральные свойства (молярное поглощение). Как видно из рис. 1, в случае водной и моносльфитной варок с расходом 12% Na_2O резких изменений D в период 60—70 мин не наблюдается. Это можно объяснить постепенным гидролизом лигноуглеводного комплекса в случае водной варки (pH в процессе варки быстро становится кислым) и отсутствием гидролиза этого комплекса при нагревании с большим расходом варочного реагента (pH варочного раствора снижается к концу варки до 6,8).

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Н. А. Галеева. Производство полуцеллюлозы и целлюлозы высокого выхода. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1970. [2]. А. В. Оболенская и др. Практические работы по химии древесины и целлюлозы. Изд-во «Лесная промышленность»,

М., 1965. [3]. Н. Ц. Перекальский, Н. А. Галеева. Производство полуцеллюлозы. Гослесбумиздат, М., 1963. [4]. Т. Н. KlauPERT. Das Papier, № 1—2, 1957.

Поступила 7 января 1974 г.

УДК 634.0.813.13

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МОЛЕКУЛЯРНОГО ВЕСА КАТИОННЫХ ПОЛИМЕРОВ НА ФИЛЬТРАЦИЮ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ ВОЛОКНИСТЫХ СУСПЕНЗИЙ

В. В. ЛАПИН, Е. Ф. ШТРЕЙС

ЦНИИБ

Ю. А. ЭЛЬТЕКОВ

Институт физической химии АН СССР

В производстве бумаги и картона используют различные полимеры на основе азотсодержащих, а также гидроксил- и карбоксилсодержащих мономеров. В статье рассмотрено влияние узких фракций полиэтиленimina с различными молекулярными весами на ускорение фильтрации целлюлозы и найдены оптимальные результаты.

Увеличение скорости фильтрации на сетке бумагоделательной машины — очень важный фактор в процессе производства бумаги и картона. Эффективность применения полиэлектролитов для этой цели бесспорна. В связи с этим возникла необходимость исследовать механизм фильтрации в присутствии полиэлектролитов для выяснения возможности повышения их эффективности.

Имеющаяся информация о процессах взаимодействия целлюлозы с полиэлектролитами при фильтрации целлюлозных суспензий недостаточна и не позволяет сделать обобщения, так как авторами не оговорены условия исследований: характер и точные параметры полимеров и суспензидов, гидродинамические и другие факторы.

Цель настоящей работы — получение данных о скорости обезвоживания суспензий из различных видов целлюлоз и древесной массы при их взаимодействии с катионными полиэлектролитами, имеющими заданные характеристики. Предварительные исследования полидисперсных продуктов с различными среднечисловыми молекулярными весами M_n показали, что с ростом M_n полиэтиленimina (ПЭИ) влияние его на скорость фильтрации бумажных масс возрастает по экспоненциальному закону [3].

Нами были выяснены следующие вопросы: какие фракции полидисперсного полиэлектролита наиболее ответственны за ускорение процесса фильтрации и не является ли низкомолекулярная часть полимера пассивным дорогостоящим балластом, лишь солюбилизирующим высокомолекулярную часть, но не флокулирующим суспензид; как изменяется расход ПЭИ в зависимости от его молекулярного веса для оптимальных результатов.

Эксперимент проводили с использованием узких фракций полимера — полиэтиленimina. Для фракционирования был использован метод гель-хроматографии [2]. Элюирование ПЭИ, адсорбированного на смоле «Молселект Ж-50», проводили следующим образом: на 75 г набухшей смолы в хроматографической колонке ($l = 50$ см, $d = 5$ см) нанесли 0,7 г ПЭИ ($M_n = 63\ 000$), полученного в Государственном институте прикладной химии. Продукт наносили в виде 10%-ного водного раствора и элюировали дистиллированной водой. Фракции по 10 мл

отбирали последовательно на коллекторе. Для определения концентрации полиэтиленimina был применен интерферометрический метод [5]. Полученные 150 фракций соединяли последовательно так, чтобы получилось 15 приблизительно равных объединенных фракций, которые затем концентрировали на роторном испарителе и определяли их концентрацию. Чтобы установить зависимость характеристической вязкости ПЭИ от молекулярного веса, определяли молекулярные веса различных образцов полиэтиленimina и их фракций. Характеристическую вязкость измеряли на вискозиметре типа ВК системы Пинкевича.

На основании найденных характеристических вязкостей и полученной гель-хроматограммы были построены интегральная 1 и дифференциальная 2 кривые молекулярно-весаого распределения ПЭИ (рис. 1). Эти кривые сопоставимы с кривыми по литературным данным [1], [4].

Для изучения изменения фильтрационной способности волокнистых суспензий при добавлении полученных фракций ПЭИ и нефракционированного продукта брали хлопковую, беленую и небеленую сульфитную, беленую и небеленую сульфатную целлюлозу, древесную массу. Исследования проводили на аппарате Шоппер-Риглера по методике, рекомендуемой фирмой BASF [6]. Выпускное отверстие в нижней части прибора закрывают резиновой пробкой и воронку заполняют водой до уровня, на котором находится боковое отверстие. Затем в верхнюю часть воронки, которая закрывается коническим клапаном, вливают 1 л 0,3%-ной суспензии испытуемой массы. Далее поднимают клапан и с помощью секундомера измеряют время, в течение которого 700 см³ жидкости вытекает из выпускного отверстия на боковой стороне. По времени истечения оценивают скорость фильтрации. Целлюлозу и древесную массу размалывают в ролле, после этого добавляют 0,01%-ный раствор ПЭИ в воде или его фракции, тщательно перемешивают в течение 15 сек и помещают в аппарат. Параллельно изучают фильтрующую способность массы без добавления ПЭИ.

Увеличение скорости фильтрации целлюлозы и древесной массы при добавлении полиэтиленimina и его узких фракций от 0,01 до 0,1% от веса абс. сухого волокна показано кривыми на рис. 2 (а — для древесной массы с начальным временем обезвоживания 140 сек; б — для сульфатной беленой целлюлозы с начальным временем обезвоживания 85 сек; в — для сульфатной небеленой целлюлозы с начальным временем обезвоживания 80 сек). Аналогичные кривые получены для хлопковой, беленой и небеленой сульфитных целлюлоз. Исследование действия фракций ПЭИ с разным молекулярным весом на фильтрацию различных волокнистых суспензий показало, что характер кривых увеличения скорости фильтрации для всех масс подобен. Наибольший эффект достигается для древесной массы и небеленых целлюлоз. Узкие фракции полиэтиленimina с большими молекулярными весами способствуют в большой степени увеличению скорости фильтрации при меньших расходах по сравнению с нефракционированными полимерами и низкомолекулярными фракциями, иначе говоря, $A_1 > A_2 > A_3 > A_4 > A_0 > A_5 > A_6$. Интересно отметить, что A_3 и A_4 для фракций с молекулярными весами 50 000 и 33 600 выше, чем A_0 для нефракционированного полимера с $M_n = 63 000$. И только фракции с молекулярными весами 26 600 и 8100 дают эффект ниже, чем нефракционированный полимер. Эти данные говорят о том, что довольно большая часть нефракционированного продукта малоэффективна (как флокулянт для целлюлозной суспензии).

Следует отметить тенденцию смещения максимума скорости фильтрации в сторону меньших расходов ПЭИ с ростом его молекулярного веса, что очень важно для практики.

Таким образом, с экономической и практической точек зрения наиболее целесообразно синтезировать флокулянты для ускорения фильтрации бумажных масс с более узкими пределами молекулярных весов и содержащих по возможности меньшее количество низкомолекулярных фракций.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. П. А. Гембицкий, Д. С. Жук, В. А. Каргин. Полиэтиленмин. Изд-во «Наука», М., 1971, 68—102. [2]. М. Кантов. Фракционирование полимеров. Изд-во «Мир», М., 1971. [3]. В. В. Лапин, Е. Ф. Штрейс, В. В. Тесленко. Полиэтиленмин в производстве бумаги. Журн. «Бумажная промышленность» № 5, 1972. [4]. О некоторых свойствах и структуре высокомолекулярного полиэтиленмина. Известия АН СССР, серия химическая, № 8, М., 1971, 1636—1641. [5]. Практическое руководство по определению молекулярных весов и молекулярно-весового распределения полимеров. Изд-во «Химия», М., 1964, 166—183. [6]. Ermittlung der wirksamkeit von polymin-produkten hinsichtlich des entwässerungsverhaltens von Faserstoff Suspensionen, проспект фирмы BASF (ФРГ).

Поступила 7 февраля 1974 г

КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

УДК 519.95 : 621.3

К ВОПРОСУ О СТАТИСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЯХ ПРОЦЕССОВ ЛЕСОПИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

В. Р. ФЕРГИН, Г. А. ОЛЕИНИК

Московский лесотехнический институт

Исследовано лесопильное производство с целью обоснования параметров автоматизированной системы управления. Для исследуемых процессов получены соответствующие статистические модели в виде законов распределения их параметров.

Метод имитационного математического моделирования, реализуемый на цифровых вычислительных машинах [1], — эффективен для исследования лесопильного производства, а также автоматизированной системы управления предприятием.

Модель функционирования лесопильного предприятия можно построить на базе статистических моделей отдельных операций и процессов производства. Статистическая модель процесса формируется в виде конкретных законов распределения случайных значений параметров этого процесса, изменяющихся в условиях реального производства, с их статистическими оценками [3].

Процесс получения статистических моделей процессов лесопильного производства состоит из следующих этапов:

- 1) выявление параметров, характеризующих производственные процессы, и влияющих на них факторов;
- 2) планирование эксперимента для получения исходных данных, используемых для формирования статистических моделей;
- 3) сбор исходных данных в производственных условиях лесопильного предприятия;
- 4) выявление значимости влияния факторов на статистические оценки параметров производственных процессов;
- 5) выбор характера распределения случайных значений параметров;
- 6) проверка статистической гипотезы о согласии эмпирического распределения с теоретическим распределением.

Параметры того или иного процесса, определяющие его статистическую модель, выбирали исходя из теории массового обслуживания. Поэтому нас прежде всего интересовали параметры, характеризующие входящий поток требований (бревен или пиломатериалов), а также обслуживания поступающих требований на отдельных фазах производственного процесса. Перечень исследуемых процессов лесопильного производства и их параметров приведен в табл. 1.

С целью получения статистических оценок параметров отдельных процессов был поставлен эксперимент. Кроме того, при обработке опытных данных представлялась возможность установить значимость влияния некоторых факторов на эти параметры.

Предположим, что важнейшими факторами, влияющими на статистические оценки свойств того или иного процесса лесопильного произ-

Таблица 1

№ операции	Операция и параметры	Закон распределения	Параметры распределения			Вероятность $P(\gamma^2)$				
			m	δ	λ					
I	Подача пачек бревен со штабелей лесной биржи к гидравлическим лоткам	Нормальный Эрланга 5-го порядка	53,24	12	—	0,33				
	1) объем пачек бревен		221,3	103,2	—	0,8				
	2) время формирования очередных пачек		460	113	—	0,4				
II	3) время между моментами подачи смежных пачек бревен	Нормальный	332,8	106	—	0,68				
	Сброс бревен в лоток						0,24	0,1		
III	1) время сброса пачки	Нормальный Экспоненциальный	14,9	2,4	—	0,5				
	2) время между попаданиями в лоток очередных бревен						0,05	0,8		
IV	1) время между моментами подачи очередных бревен из бассейна в окорочный дворик	Нормальный	38,9	11,9	—	0,5				
	2) время окорки						0,05	0,8		
V	1) время между моментами подачи очередных бревен после сброски предыдущих на впередирамную тележку.	Нормальный	33,4	10,2	—	0,3				
	Подача бревен к лесопильным рамам						33,3	10,3	—	0,15
VI	1) время между поступлениями очередных бревен в сортировочный дворик	Нормальный	5,4	1,14	—	0,15				
	2) время пиления на рамах первого ряда						12,4	5,83	—	0,28
VII	3) время обрезки досок	Нормальный	47,04	10,15	—	0,7				
	4) время торцовки одной доски						6,8	2,7	—	+0,2
	Сортировка пиломатериалов						7,76	2,46	—	—
VIII	1) время разбраковки досок	Эрланга 5-го порядка	2,6	1,15	—	0,6				
	2) время снятия досок с конвейера						49	6,3	—	—
IX	3) время вырезки бракованных участков	Нормальный	—	—	0,076	0,3				
	Выгрузка бревен из воды элеваторами кабельных кранов и штабелевка						—	—	—	—
X	1) между поступлениями очередных бревен в бункер	Нормальный	—	—	0,076	0,3				
	2) количество бревен в пачке						—	—	—	—
XI	1) время между моментами подачи очередных бревен в бассейн окорочной станции	Экспоненциальный	—	—	0,076	0,3				
	2) время между моментами подачи очередных бревен в бассейн окорочной станции						—	—	—	—

водства с точки зрения его ритмичности, являются: а) декада месяца (1, 2, 3); б) характер смены (I, II, III); в) часть смены (начало смены А, середина смены В, конец смены С); д) сезон производства (зимний α , весенне-осенний β , летний γ).

Для односезонных процессов проводили трехфакторный эксперимент, описанный с помощью латинского квадрата [2]. Латинским квадратом называется такой план, в котором каждая выборка испытаний появляется один и только один раз в строке и один и только один раз в столбце. Модель такого эксперимента имеет вид:

$$y_{ijk} = \mu + T_i + Q_j + F_k + E_{ijk},$$

где y_{ijk} — экспериментальный результат, полученный с i -тым уровнем фактора a , j -тым уровнем фактора b и k -тым уровнем фактора c ;

E_{ijk} — независимые нормально распределенные случайные величины с нулевым средним и дисперсией, не зависящей от уровня;

μ — общий эффект эксперимента;

T_i — эффект, вносимый декадой месяца (фактор a);

Q_j — эффект, вносимый характером смены (фактор b);

F_k — эффект, вносимый частью смены (фактор c).

При наличии четырех исследуемых факторов, варьируемых на трех уровнях, был построен план экспериментов в виде латинского куба. Три сечения куба образуют латинские квадраты, каждый из которых соответствует определенному сезону. Математическая модель такого эксперимента имеет следующий вид:

$$y_{ijkm} = \mu + T_i + Q_j + F_k + H_m + E_{ijkm},$$

где H_m — эффект, вносимый сезоном производства (фактор d).

Наблюдения за производственными процессами проводили на Соломбальском лесопильно-деревообрабатывающем комбинате (г. Архангельск) объединения «Северолесэкспорт». Опытные данные получены путем непосредственных наблюдений (хронометраж операций, количественный счет объектов или событий и т. д.) или путем изучения показателей работы предприятия и его участков за прошлые годы при сохранении того же объема производства и других условий его функционирования.

Опытные данные обработаны методами дисперсионного анализа. Без статистической значимости влияния отдельных факторов выборки измерений в ряде опытов были объединены, что дало возможность проверить адекватность эмпирического и теоретического распределений по более представительной выборке. При наличии значимости влияния отдельных факторов статистики выборок определяли отдельно, с учетом влияния исследуемых факторов.

Анализ опытных данных показал, что степень влияния исследуемых факторов на большинство параметров процессов лесопильного производства статистически незначима.

Следующий этап — выбор характера распределения случайных значений параметров отдельных процессов и операций. Исходя из физической сущности процесса в большинстве случаев всегда можно заранее задать тип закона распределения случайных величин (например, нормальный, экспоненциальный и т. д.), но своеобразие закона распределения каждой из них заключается обычно в различиях значений статистических оценок: например, положений центра, дисперсии и т. д.

Проверка статистической гипотезы о согласии эмпирического и теоретического распределений сводится к сравнению эмпирического распределения в виде гистограммы или полигона с теоретическим распределением, имеющим те же статистические оценки, что и эмпирическое

распределение. Для оценки степени согласия этих распределений применяют ряд критериев. В наших исследованиях был применен критерий Пирсона χ^2 .

В табл. 1 указаны сведения о влиянии исследуемых факторов на статистические оценки параметров рассмотренных процессов, приведены законы распределения параметров, вычислены их статистические оценки и вероятности $P(\chi^2)$, соответствующие уровням значимости при проверке статистической гипотезы. Вычислены следующие статистические оценки: среднее арифметическое m ; среднее квадратическое отклонение σ ; интенсивность потока событий λ . Все временные параметры вычислены в секундах, а количественные в штуках.

Операции I—II относятся лишь к зимнему сезону, а операции VIII—IX — к летнему. Параметры операций IV—VI связаны с определенным лесопильным потоком. Очевидно, можно допустить, что для других лесопильных потоков характер статистических моделей операций сохранится, изменятся лишь их статистические оценки.

Распределение параметра 2 операции I составлено для условной случайной величины

$$y_i = x_i - a.$$

где x_i — фактическое значение времени формирования пачек;
 a — граничное значение x_i ($a = 30$).

Аналогично распределение параметра операции IX составлено для условной случайной величины

$$y_i = x_i - a,$$

где $a = 5$.

Переход к фактическим случайным величинам произведен по формуле

$$x_i = y_i + a.$$

Вычисление статистических оценок и проверку гипотезы о законе распределения производили на ЭВМ БЭСМ-6.

Предполагаем, что построенную математическую модель функционирования лесопильного производства можно использовать для обработки структуры и задач АСУП. Кроме того, опытные данные можно применять для нормирования процессов лесопильного производства.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. П. Бусленко. Моделирование сложных систем. Изд-во «Наука», М., 1969. [2]. Проблемы планирования эксперимента. Изд-во «Наука», М., 1969. [3]. Г. Хан, С. Шапиро. Статистические модели в инженерных задачах. Изд-во «Мир», М., 1969.

Поступила 16 ноября 1973 г.

УДК 62-52

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ УЧЕТА НАДЕЖНОСТИ ПРИ ВЫБОРЕ ПРИНЦИПОВ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ СОРТИРОВКАМИ ШТУЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Н. Г. ШТОЛЬЦЕР

Ленинградская лесотехническая академия

Освещены вопросы надежности систем автоматического управления сортировками. Большое внимание уделено анализу кодов управления и их оценке. Сделан вывод о структурном построении системы управления сортировкой.

Надежность системы управления сортирующими устройствами упрощенно оценивают временем ее работы между отказами T_0 . Но так как на производительности таких устройств сказывается и время ремонта системы после ее отказа, то наиболее полно влияние отказов учитывают коэффициентом K , в который входит время между отказами T_0 и время T_B , необходимое для восстановления работоспособности системы,

$$K = \frac{T_0}{T_0 + T_B} \approx 1 - \frac{T_B}{T_0}.$$

Коэффициенту K даны разные названия: коэффициент использования, коэффициент технической готовности и т. п. Для каждой системы управления время восстановления T_B специфично, поэтому до сих пор нет метода его расчета, отсутствуют также обобщенные данные статистических наблюдений. В связи с этим оценка по коэффициенту K является приближенной, однако она необходима. Для блочных систем можно задавать довольно точные значения T_B . Так, для систем управления сортировками Братского ЛПК, предусматривающих замену любой отказавшей вычислительной машины резервной машиной, время восстановления, необходимое для замены машины, задается равным двадцати минутам.

При неблагоприятных условиях эксплуатации для сложных систем управления время восстановления может оказаться весьма значительным и даже соизмеримым со временем работы между отказами. Для уменьшения времени простоя механизмов целесообразно в схеме управления создать перевод с автоматического управления на дистанционное, привлекая дополнительных операторов к управлению на время ремонта. При такой организации время простоя определяется мобильностью перевода, а длительность времени восстановления влияет только на количество дополнительных трудозатрат на дистанционное управление.

Кроме возникновения простоя, отказ системы управления ведет и к искажению задания, например, при сортировке бревен — к проносу бревна в конец сортировочного транспортера или, что значительно хуже, к сбросу его в чужой адрес. Ложная адресация возникает и при

сбоях работы системы управления, которые в бесконтактных системах наблюдаются чаще, чем полные отказы.

Исходя из изложенного, мы приводим анализ некоторых принципов построения систем управления.

Контроль числового кодирования адресов

Во многих разработанных устройствах — копирующих, вычислительных и селекторных — применяют кодирование (обычно в двоичном коде) без контроля передаваемого кода адреса. В некоторых вычислительных устройствах имеется контроль исправности ряда узлов переноса информации посредством периодической передачи тестов, однако этот контроль не может спасти от искажения кодового числа при сбоях.

Потеря или добавление в передаваемом кодовом слове единицы приводит во всех предложенных системах к возникновению нового слова, соответствующего другому адресу. Применяемые в системе дешифраторы при поступлении на них искаженных слов не способны выявить искажения и в результате выдают ложные исполнительные команды. Если при этом какой-либо элемент стабильно искажает передаваемую им информацию, то это вызывает изменение не одного, а нескольких кодовых слов, в которых участвует искажение.

Один из способов блокирования фальшивой адресации — дублирование цепей управления, когда исполнительная команда выдается только при совпадении команд от обоих дублирующих полукомплектов устройства. Такой метод применен в управляющей вычислительной машине «Ангара», используемой на Братском ЛПК. Однако этот метод практически удваивает стоимость устройства и вдвое уменьшает его надежность (по времени T_0).

Мы полагаем целесообразным устранить ложную адресацию путем применения избыточного кодирования с добавлением одного разряда, в котором записывается единица или ноль по известному принципу получения нечетного (или, наоборот, четного) количества единиц в слове.

Обычно правильность передаваемых слов контролируют проверкой чисел переданных единиц, что значительно усложняет систему. Если применен такой код в устройствах сортировок, имеющих дешифраторы, то необходимость в проверке числа единиц отпадает, так как искаженное слово (при выпадении или добавлении единицы) не может соответствовать ни одному из слов, кодирующих адреса. Например, адрес $N = 12$ кодируется в пятиразрядном коде словом 01100, а с добавлением до нечетности — словом 101100. Пусть в этом слове выпала одна из единиц и слово приобрело вид 100100, при этом оно содержит четное количество единиц и не повторяет слов, соответствующих другим адресам — словам с нечетным количеством единиц. Следовательно, ни один из дешифраторов не будет выдавать информации на сброс, и адресуемое бревно (или иной объект) проходит в конец транспортера, что одновременно является сигналом о неисправности схемы управления.

Можно полагать, что увеличение стоимости устройств, соответствующее добавлению одного разряда, должно окупаться отсутствием ошибочно сброшенных адресатов.

Сужение копирующего кодового регистра и выбор кодовых чисел адресов

Встречается тенденция к экономии числа элементов регистра сдвига за счет сужения регистра к его концу, когда дальние адреса кодируются словами с малым числом единиц, например, по схеме (рис. 1) для четырехразрядного регистра. На этом рисунке номерам

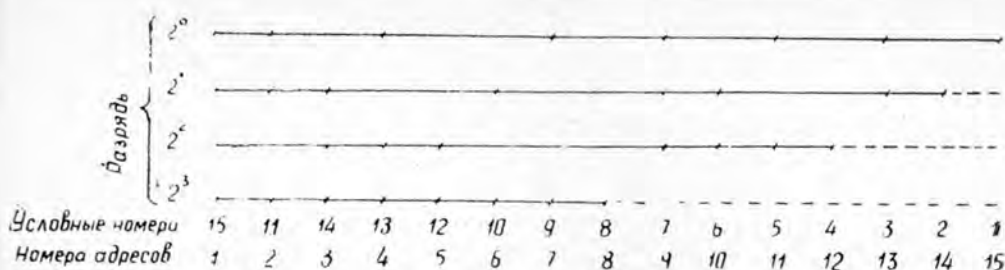


Рис. 1.

адресов присвоены условные номера, которые кодируются и опознаются в местах адресации. Следовательно, в конце регистра для пятнадцатого адреса, кодируемого по указанной схеме условным числом $N = 1$, от регистра сохраняется только дорожка нулевого разряда с соответствующим ей элементом передачи информации; вторая дорожка обрывается после 14-го адреса, третья — после 12-го и четвертая — после 8-го. Получается экономия числа элементов, необходимых для построения регистра, но одновременно возникает **дополнительная возможность** ложной адресации в тех случаях, когда не происходит стирания информации о бревнах, назначенных в предшествующие адреса.

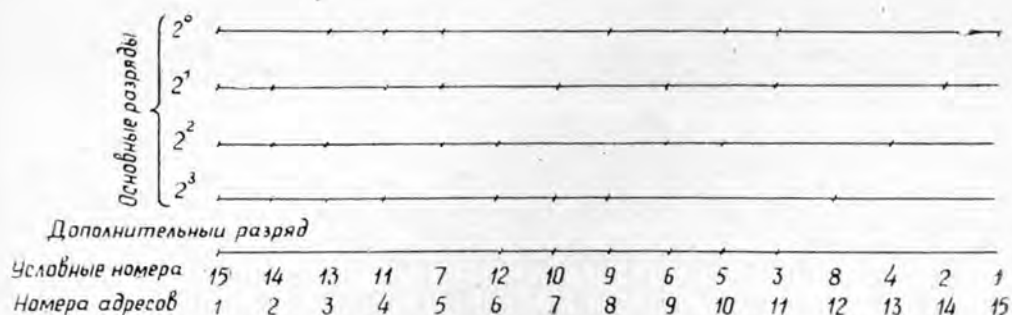


Рис. 2.

На рис. 2 представлена более рациональная схема кодирования с избыточным кодом и регистром, выполненным с одинаковой длиной дорожек: в этой схеме принято сгущение единиц в начальной зоне регистра. Такое размещение имеет следующие преимущества.

1. Если происходит сбой (в виде выпадения единицы), то середина мишени сбоев совпадает с серединой регистра, использование же единиц в кодировании адресов имеет в левой (начальной) части регистра плотность большую, чем в правой части; следовательно, большая часть сбоев изменяет информацию, уже реализованную до сбоя.

2. Если регистр выполнен на контактных элементах и имеется стирание реализованной информации, то при таком размещении кодов адресов получается меньшее число контактоврабатываний.

Применение унитарных кодов

В копирующих и селекторных устройствах задача уменьшения числа конструктивных элементов привела в большинстве случаев к при-

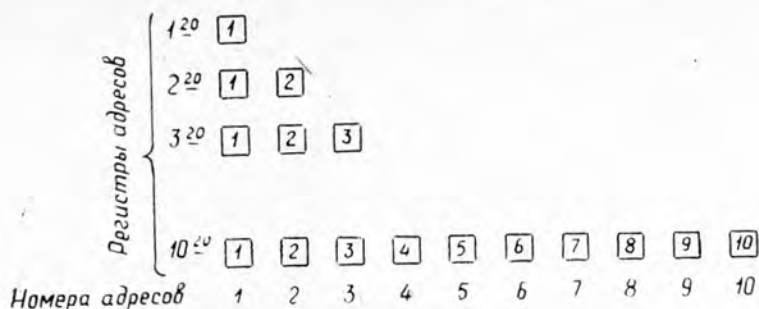


Рис. 3.

менению двоичного кодирования. Однако возможно применение и унитарного кода, при котором каждому адресу соответствует свой канал (дорожка) копирования, длина которого пропорциональна или длине копируемого пути, или числу шагов копирования. Если рассматривать шаговое копирование с числом шагов, равным числу адресов (рис. 3), где каждому шагу соответствует в регистре одна ячейка запоминания информации, то при числе адресов N общее число ячеек (по всем каналам)

$$M = \frac{N+1}{2} N.$$

Если применять кодовые регистры (рис. 2), то при распространенной системе кодирования с n разрядами число ячеек

$$M = nN$$

или при предлагаемом нами избыточном коде

$$M = (n + 1) N.$$

В табл. 1 приведено число элементов M , требующееся для составления регистров, и число элементов Θ , учитывающее в системах с кодированием наличие N дешифраторов,

$$\Theta = M + N.$$

Таблица 1

Число адресов N	Число элементов M			Число элементов Θ	
	при индивидуальных каналах	при двоичном коде	при избыточном коде	при двоичном коде	при избыточном коде
4	10	12	16	16	20
7	28	21	28	28	35
8	36	32	40	40	48
9	45	36	45	45	54
10	55	40	50	50	60
11	66	44	55	55	66
15	120	60	75	75	90
16	136	80	96	96	112
31	496	155	186	186	217

Отсутствие ложной адресации обеспечивается в равной степени применением каналов как индивидуальных, так и кодовых с избыточ-

ной информацией. Из сопоставления чисел элементов M в первом случае и θ — во втором случае следует, что при числе $N \ll 11$ в системах с индивидуальными регистрами требуется меньшее число элементов.

При выполнении устройств на контактных элементах существенное значение имеет число контакто-срабатываний. В табл. 2 приведены средние (на бревно) числа элементосрабатываний R , соответствующие продвижению информации по регистру, и дополнительно числа контакто-срабатываний дешифраторов S . При расчетах принято, что число контактов одного элемента во всех случаях одинаково, продвижение информации осуществляется до конца регистров и адресаты распределяются по адресам равномерно.

Таблица 2

Число адресов N	Число элементосрабатываний R			Число контакто-срабатываний дешифраторов S	
	при индивидуальных регистрах	при двоичном кодировании	при избыточном кодировании	при двоичном кодировании	при избыточном кодировании
7	1	12	15	21	28
11	6	19	25	44	55
15	8	32	39	60	75
16	8,5	28	38	80	96
31	16	80	95	155	186

Общее число контакто-срабатываний определяют как сумму

$$R_k + S,$$

где k — число контакто-срабатываний, соответствующее одному элементосрабатыванию.

Сравнение чисел элементо- и контакто-срабатываний, приведенных для систем с индивидуальными каналами и систем с кодовыми регистрами, показывает, что область предпочтительного применения унитарного кода простирается шире, чем для $N = 11$, полученного из условия равных капитальных затрат. Значительно меньшее число срабатываний, а следовательно, и меньшие текущие затраты, связанные с простоями (так как время наработки на отказ обратно пропорционально числу срабатываний), окупают в определенных границах некоторое увеличение стоимости устройства. Уместно учесть также и факторы, говорящие в пользу индивидуальных каналов: более простое отыскание места аварии и возможность при наличии всего одного запасного канала продолжать работу в автоматизированном режиме — без перехода на ручное управление во время ремонта неисправного канала.

Граница числа N , при котором более экономично (по сумме показаний) кодирование, должна выявляться для каждого конкретного исполнения регистров.

Поступила 14 мая 1971 г.

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 663.53.003.13

ЧИСТАЯ ПРОДУКЦИЯ — ПОКАЗАТЕЛЬ РЕЗУЛЬТАТА
(ЭФФЕКТА) ПРОИЗВОДСТВА

А. В. ПЛАСТИНИН

Ленинградская лесотехническая академия

Рассматриваются теоретические основы применения показателя чистой продукции, как превращенной формы вновь созданной стоимости, в качестве показателя результата (эффекта) производства на предприятии. Сделан вывод о необходимости анализа соотношения основных составляющих частей чистого продукта — прибыли и заработной платы.

В последние годы эффективность производства по народному хозяйству страны определяли на основе показателя произведенного национального дохода, а по отраслям промышленности, объединениям и предприятиям — показателя товарной (валовой) продукции. Это обстоятельство затрудняло увязку сводных расчетов эффективности по народному хозяйству и его отраслям с расчетами эффективности по отраслям промышленности и предприятиям, так как национальный доход и товарная (валовая) продукция имеют разное экономическое содержание. Переход отраслей промышленности, объединений и предприятий к расчетам эффективности производства на основе показателя чистой продукции позволит решить эту проблему, поскольку чистая продукция представляет собой часть национального дохода.

Чистая продукция и вновь созданная стоимость не тождественны. Чистая продукция (национальный доход) — это сложная экономическая категория, которая выражает не только отношения производства, но и отношения распределения. Вновь созданная стоимость — это категория лишь непосредственного процесса производства, которая выражает его содержание в абстрактной, наиболее общей форме. Чистая продукция формируется на основе превращенной формы стоимости — цены и является поэтому превращенной формой вновь созданной стоимости.

Обе эти категории рассматривал в качестве результата (эффекта) производства К. Маркс. Так, анализируя процесс создания стоимости, К. Маркс отмечал, что «...действительно вновь произведенная в процессе стоимость отлична от полученной из процесса всей стоимости продукта, поэтому она равна не $c + v + m$, ... как кажется на первый взгляд, а $v + m$...» [1, стр. 224].

Но вновь созданная стоимость и ее составляющие — необходимый и прибавочный продукт — это, как уже было сказано, абстрактные экономические категории сферы производства. В действительности в сфере распределения вновь созданной стоимости мы имеем дело не с самими этими категориями, а с их превращенными формами: чистым продуктом, прибылью, заработной платой и некоторыми другими. К. Маркс указал и эти конкретные формы: «часть совокупной стоимости товаров, в которой реализуется весь труд рабочих, присоединяемый в течение одного дня или одного года, стоимость совокупного го-

догового продукта, которую создает этот труд, распадается на стоимость заработной платы, прибыли и ренты» [2, стр. 402].

Таким образом, хотя специально вопросы эффективности производства К. Маркс не рассматривал, тем не менее можно сделать вывод, что результат (эффект) производства он никогда не характеризовал полной стоимостью продукта, а лишь вновь созданной стоимостью и ее конкретными формами. Этот вывод полностью применим и к социалистическому способу производства, в котором действуют товарно-денежные отношения.

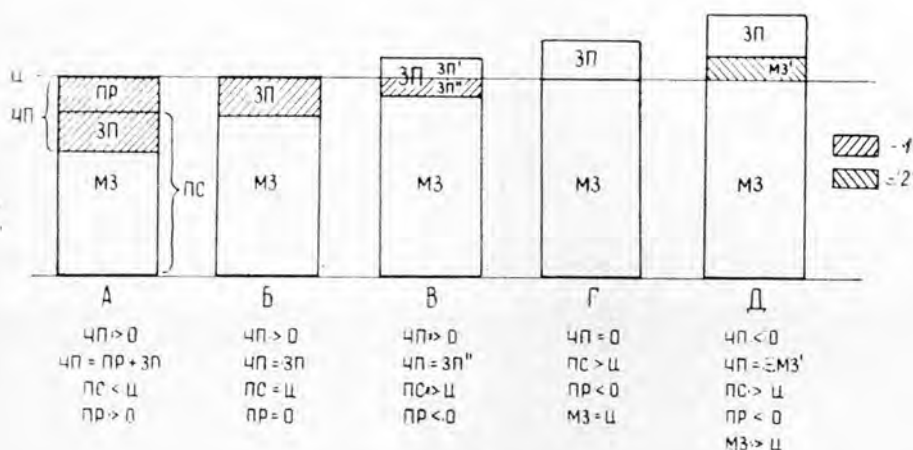


Рис. 1.

$Ц$ — действующая оптовая цена предприятия (без налога с оборота); $МЗ$ — материальные затраты (включая амортизацию); $ЧП$ — чистая продукция; $ЗП$ и $ПР$ — заработная плата и прибыль (как наиболее общие составляющие чистой продукции); 1 и 2 — соответственно положительные и отрицательные значения чистого продукта.

Показатель чистой продукции обезличен относительно основных его составляющих — прибыли и заработной платы. В связи с этим в ходе обсуждения проекта показателей эффективности общественного производства [6] были высказаны опасения, что на предприятиях будут завышать объем чистой продукции, необоснованно увеличивая фонд заработной платы [5]. Однако, по нашему мнению, опасения такого рода не имеют под собой основания. Для примера рассмотрим несколько диаграмм, характеризующих различные виды структуры чистой продукции, отметив предварительно, что показатель чистой продукции, как и показатель прибыли, может характеризоваться не только положительными числами (диаграммы А, Б, В — рис. 1), но и отрицательными (диаграмма Д), а также может быть равен нулю (диаграмма Г). Например, чистый продукт, созданный на ряде гидролизно-дрожжевых заводов в период 1968—1972 гг., выражается величинами, приведенными в табл. 1.

Напомним также зависимости между различными составляющими цены:

$$Ц = ПС + ПР = (МЗ + ЗП) + ПР; \quad (1)$$

$$ЧП = Ц - МЗ = (МЗ + ЗП + ПР) - МЗ = ЗП + ПР; \quad (2)$$

$$ЧП = ЗП + ПР = ЗП + (Ц - ПС) = ЗП + Ц - МЗ - ЗП. \quad (3)$$

Таблица 1

Годы	Величина чистого продукта, тыс. руб. (числитель) и в том числе прибыли, тыс. руб. (знаменатель) по заводам		
	Астраханский	Бельцкий	Запорожский
1968	-42	-606	+301
	-852	-1402	-445
1969	+350	-125	+361
	-536	-936	-418
1970	+455	+13	+574
	-472	-787	-307
1971	+22	-31	+890
	-801	-751	+32
1972	+717	+151	+1136
	-180	-584	+248

Наиболее характерная структура чистого продукта в социалистической экономике изображена на диаграмме *А*, однако чистый продукт может иметь и структуры, изображенные на диаграммах *Б*, *В*, *Г*, *Д*. Изменения *МЗ*, *ПР*, *ЗП* дают большое число комбинаций. Рассмотрев наиболее важные из них, сделаем некоторые выводы.

Если принять уровень материальных затрат неизменным, то невозможно ни увеличить, ни уменьшить объем чистой продукции, ибо любое увеличение заработной платы снижает прибыль, а объем чистой продукции остается неизменным. Если же уровень материальных затрат снижается (или увеличивается), то это изменение эффективности производства сразу же отразится на возрастании (уменьшении) показателя чистой продукции, даже если уменьшение (возрастание) материальных затрат сопровождается ростом (снижением) заработной платы. Показатель прибыли в этом случае индифферентен к изменению эффективности, а показатель чистой продукции отражает это изменение.

Однако существует и другая сторона дела. Увеличение заработной платы при постоянном уровне материальных затрат ведет к снижению прибыли, что указывает на снижение хозрасчетных результатов и эффективности производства на предприятии, а показатель чистой продукции в этом случае остается на прежнем уровне. Точно так же показатель чистой продукции индифферентен и к экономии заработной платы при постоянном уровне материальных затрат, хотя прибыль в этом случае увеличивается. Вместе с тем, совершенно очевидно, что государству далеко не безразлично, в каких соотношениях находятся конкретные формы необходимого и прибавочного продукта в составе созданного на предприятии чистого продукта, ибо только прибавочный продукт позволяет осуществлять расширенное воспроизводство*.

Отсюда следует тот важный вывод, что переход к расчетам эффективности производства на предприятии на основе показателя чистой продукции не означает отказа от использования в этих же целях показателя прибыли. Дополняя друг друга, показатели чистой продукции и прибыли значительно расширяют возможности экономического анали-

* На диаграммах *Б* и *В* отражено такое состояние, когда чистый продукт создается, но лишь за счет необходимого продукта; в этом случае расширенное воспроизводство осуществляться не может.

за и планирования эффективности производства на предприятии, позволяют точнее и полнее оценить эффект производства при разнонаправленных действиях всех факторов, определяющих его уровень.

Кроме того, мы разделяем мнение тех экономистов [3], которые считают необходимым анализ созданного чистого продукта дополнять анализом соотношения его основных составляющих — прибыли и заработной платы. Это отношение, как указывал К. Маркс, тесно связано с производительностью труда, и его увеличение означает рост производительности труда [1, стр. 529—533] и, следовательно, рост эффективности.

Можно также отметить, что данное отношение, выраженное в конкретных формах прибыли и заработной платы, в советской экономической литературе давно уже было предложено В. В. Новожиловым [4], а сейчас под названием «трудовая рентабельность» или «рентабельность труда» предлагается и другими экономистами [7] для оценки эффективности труда. То, что мы несколько иным путем пришли к выводу о необходимости исчисления данного показателя, лишний раз говорит об его объективном характере и позволяет сделать вывод о необходимости включения его в систему показателей эффективности производства на предприятии*. Мы, правда, не разделяем точку зрения тех экономистов, которые считают этот показатель обобщающим [7]. По нашему мнению, показатель трудовой рентабельности характеризует лишь эффективность труда, эффективность трудовой деятельности коллектива предприятия. В этом смысле он позволяет, например, оценивать складывающиеся соотношения между темпами роста производительности труда и заработной платы. Если производительность труда определять через показатель чистой продукции, то условие опережения темпов роста ее по сравнению с темпами роста заработной платы

$$ПТ_2 : ПТ_1 > СЗП_2 : СЗП_1$$

можно представить как

$$\frac{ЗП_2 + ПР_2}{T_2} : \frac{ЗП_1 + ПР_1}{T_1} \geq \frac{ЗП_2}{T_2} : \frac{ЗП_1}{T_1}$$

и после элементарных преобразований получить то же условие в виде

$$\frac{ПР_2}{ЗП_2} > \frac{ПР_1}{ЗП_1}$$

или

$$P_2 > P_1,$$

где T_1 и T_2 — численность работающих в базисном и сравниваемом периодах;

$ПТ_1$ и $ПТ_2$ — производительность труда в базисном и сравниваемом периодах;

$СЗП_1$ и $СЗП_2$ — средняя заработная плата в базисном и сравниваемом периодах (в самом общем виде, без премий из фонда материального поощрения);

P_1 и P_2 — трудовая рентабельность в базисном и сравниваемом периодах.

* В проекте показателей эффективности общественного производства [6] данный показатель не предусмотрен.

Эффективность производства — категория более широкая, чем эффективность труда, поэтому она должна отражаться показателем, построенным в виде отношения результата производства — чистого продукта — к затратам на его производство.

ЛИТЕРАТУРА

11. К. Маркс, Ф. Энгельс, Соч., т. 23. [2]. К. Маркс, Ф. Энгельс, Соч., т. 25, ч. II. [3]. В. А. Новак. Экономический анализ эффективности производства. Изд-во «Финансы», М., 1972. [4]. В. В. Новожилов. Проблемы измерения затрат и результатов при оптимальном планировании. Изд-во «Экономика», М., 1967. [5]. Г. Панкратов. Реальный критерий. «Экономическая газета» № 2, 1973. [6]. Система показателей эффективности общественного производства. «Экономическая газета» № 34, 1972. [7]. Формы чистого дохода при социализме. Под ред. Г. Т. Ковалевского и Э. А. Лутохиной, изд-во «Наука и техника», Минск, 1973.

Поступила 4 января 1974 г.

УДК 634.0.79

О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ПУТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФОНДА РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА

И. В. БЕЛИКОВА

Московский лесотехнический институт

Г. И. ДРОКОВА

Трест «Двинослав»

На основе исследований, проведенных на примере лесосплавных трестов «Двинослав», «Вычегдалесослав», «Костромалесослав» и Печорского лесосплавного объединения, были определены основные функции, которые должен выполнять фонд развития производства, выявлена структура источников его формирования за период с 1968 г. по 1972 г. Проанализирована величина действующих нормативов его образования и доказана их недостаточность, в связи с чем дана рекомендация по их увеличению.

В новых условиях планирования особое значение приобретает фонд развития производства (ФРП), который является основным источником финансирования нецентрализованных капитальных вложений.

Исследования, проведенные в лесосплавных трестах Европейского Севера («Двинослав», «Вычегдалесослав», «Печорлесослав») и «Костромалесослав», показывают, что в 1968—1972 гг. удельный вес ФРП составил 53,2% всех капитальных вложений, о чем свидетельствуют данные табл. 1.

Таблица 1

Показатели	Величина показателей по годам					итого
	1968	1969	1970	1971	1972	
Капитальные вложения за счет ФРП, тыс. руб.	2825	3338	2305	2473	2356	13297
Объем нецентрализованных капитальных вложений, тыс. руб.	4825	5712	4967	4388	5082	24974
Удельный вес ФРП в объеме нецентрализованных капиталовложений, %	58,5	58,4	46,4	56,4	46,4	53,2
Общий вес капитальных вложений, тыс. руб.	11507	14183	13868	13198	14240	66996
Удельный вес ФРП в общем объеме капитальных вложений, %	41,9	40,3	35,8	33,2	35,7	37,3

Несмотря на значительный удельный вес ФРП в объеме нецентрализованных капиталовложений, стимулирующая его роль на лесосплаве еще недостаточна, так как размеры ФРП в среднем по сплавным трестам составили лишь 3,6% стоимости основных производственных фондов (табл. 2).

Таблица 2

Сплавной трест	Удельный вес ФРП, %, по годам				
	1968	1969	1970	1971	1972
«Двинослав»	4,83	4,96	3,77	3,69	3,33
«Вычегодалесослав»	1,89	3,27	3,17	2,95	2,58
«Печорлесослав»	1,69	2,68	2,81	2,93	2,18
«Костромалесослав»	4,80	4,54	6,41	4,34	4,35

Данные табл. 2 показывают колебания доли ФРП в стоимости основных производственных фондов по сплавным трестам. Еще резче они колеблются по отдельным предприятиям, что объясняется отсутствием научно обоснованных нормативов при образовании ФРП. По исследуемым трестам установлены следующие нормативы отчислений от суммы амортизации на полное восстановление, %: «Вычегодалесослав» — 34,84; «Двинослав» — 36,75; Печорское лесосплавное объединение — 33,84; «Костромалесослав» — 34,0. Кроме амортизационных отчислений, источниками образования ФРП являются отчисления от прибыли и выручка от реализации выбывшего и излишнего оборудования. Данные о структуре источников ФРП по исследуемым сплавным трестам приведены в табл. 3.

Таблица 3

Годы	Структура ФРП, %			
	всего	в том числе за счет		
		прибыли	амортизации	реализации оборудования
1968	100	17,0	68,2	14,8
1969	100	13,9	72,2	13,9
1970	100	23,1	70,4	6,5
1971	100	14,2	76,5	9,3
1972	100	15,4	73,0	11,6
В среднем	100	16,8	72,0	11,2

Амортизационные средства по своей экономической природе являются источником простого воспроизводства, то есть они должны обеспечить возобновление основных фондов, выбывших из-за ветхости, и замену старой техники новой.

Из данных табл. 4 видно, что даже при использовании всех средств ФРП, а не только амортизационных отчислений, сплавные тресты не смогут сами обеспечить необходимую замену выбывающих и изношенных основных производственных фондов. Нам кажется целесообразным увеличивать норматив отчислений от амортизации в ФРП до величины, определяемой как отношение выбывающих основных фондов к сумме амортизации на реновацию ($\frac{26433}{41636} \cdot 100\%$). В данном случае этот норматив составил 63,48% амортизации.

Кроме того, существующая система амортизационных отчислений в ФРП не учитывает различий в степени изношенности основных про-

Таблица 4

Годы	Амортизация на реновацию, всего	Выбытие основных производственных фондов по ветхости и износу	ФРП		Отклонения ФРП от суммы выбытия основных фондов
			всего	в том числе амортизационные отчисления	
тыс. руб.					
1958	8599	5699	3565	2426	-2134
1969	8407	5218	4081	2944	-1137
1970	7483	4581	3802	2676	-779
1971	8215	6996	3513	2680	-3483
1972	8932	3939	3332	2437	-607
Итого	41636	26433	18293	13163	-8140

Таблица 5

Удельный вес активной части, %	Количество предприятий	Стоимость машин и оборудования, тыс. руб.	Стоимость основных производственных фондов, тыс. руб.	Доля активной части в стоимости основных производственных фондов, %	Нормообразующий коэффициент K_1
26—37	3	3109,9	11106,9	28,0	0,53
38—48	4	10084,6	21662,8	46,5	0,89
49—59	8	16344,1	30395,9	53,8	1,03
60—70	5	8713,6	13185,0	66,1	1,27
71—81	3	5196,5	6990,3	74,3	1,43
Итого	23	43448,7	83340,9	52,1	1,00

Примечание. По состоянию на 1 января 1972 г.

изводственных фондов и удельного веса их активной части на том или ином предприятии, о чем свидетельствуют данные табл. 5. Поэтому мы предлагаем проектируемые нормативы амортизационных отчислений в ФРП по предприятиям дополнить коэффициентами: K_1 , учитывающим удельный вес активной части основных производственных фондов, и K_2 , учитывающим их физический и моральный износ.

Для определения нормообразующих коэффициентов K_1 исследуемые сплавные предприятия распределены на группы в зависимости от доли активной части в составе основных производственных фондов x . Уравнение зависимости имеет вид

$$\bar{K}_1 = 0,0196x - 0,028.$$

Для определения второго нормообразующего коэффициента K_2 сплавные предприятия были распределены по группам в зависимости

Таблица 6

Интервалы по физическому износу, %	Количество предприятий	Физический износ, тыс. руб.	Стоимость основных производственных фондов, тыс. руб.	Физический износ, %	Нормообразующий коэффициент K_2
30—37	3	1570,1	4447,4	35,3	0,74
38—45	6	4421,9	10276,1	43,0	0,90
46—53	11	11817,8	23707,6	49,8	1,05
54—61	3	2895,8	5017,6	57,7	1,21
Итого	23	20705,6	43448,7	47,6	3,90

Примечание. По состоянию на 1 января 1972 г.

от степени износа активной части основных производственных фондов (табл. 6).

В табл. 7 приведено сравнение размеров амортизационных отчислений, направленных в ФРП, с размерами, начисленными по действующим нормативам по данным за 1972 г. Из таблицы видно, что с увеличением проектируемого норматива амортизационных отчислений в ФРП до 63,48% и с учетом нормообразующих коэффициентов сумма амортизации должна быть увеличена в 1,8 раза по сравнению с суммой, начисленной по действующим нормативам.

Таблица 7

Сплавные предприятия	Нормообразующие коэффициенты		Сумма амортизации в ФРП по действующим нормативам, тыс. руб.	Сумма амортизации в ФРП по проектируемому нормативу с учетом коэффициента, тыс. руб.
	K_1	K_2		
Беломорская контора	0,53	1,21	82	90,64
Сухоно-Югская "	1,03	1,21	62	133,42
Бобровский рейд "	1,03	0,74	56	73,70
Двино-Важская контора	1,27	1,05	196	451,30
Холмогорская "	1,27	0,90	131	258,66
Костромская "	1,27	0,90	19	40,54
Вигская "	1,27	1,05	3	7,45
Котласская "	1,43	1,05	125	324,09
Усть-Куломская "	1,43	0,90	45	105,53
Архангельская "	1,43	0,74	40	73,10
Корткеросская "	1,03	1,05	56	110,31
Максаковская "	1,03	1,21	107	242,90
Шарьинская "	1,03	1,05	69	139,23
Унженская "	1,03	1,05	181	365,29
Лимендская ЛПБ	1,03	0,90	73	116,89
Исакогорская "	1,03	0,90	97	155,31
Верхневьчегодская контора	0,89	1,05	133	226,34
Мантуровская "	0,89	1,05	85	148,23
Турдеевская ЛПБ	0,89	0,90	62	85,77
Печорская контора	0,89	0,74	86	106,14
Нейская "	0,53	1,05	45	46,70
Маймаксанский лесной порт	0,53	1,05	109	104,60
Верхнетоемская контора	1,27	1,05	89	204,90
Итого			1951	3611,04

Вторую функцию — обеспечение возможности расширенного воспроизводства основных фондов — ФРП выполняет за счет отчислений от прибыли. Рассматривая структуру ФРП по сплавным трестам за 1968—1972 гг. (табл. 2), видим, что размер отчислений от прибыли в ФРП колеблется от 13,9 до 23,1%, отношение отчислений от прибыли к среднегодовой стоимости основных производственных фондов в среднем за 1972 г. составило всего 0,24%.

Вполне очевидно, что столь малые отчисления от прибыли в ФРП не могут оказать существенного влияния на расширенное воспроизводство основных фондов.

Анализ использования средств ФРП показывает, что большая его часть (55%) направляется на финансирование капиталовложений по внедрению новой техники, из которых 78% расходуется на приобретение оборудования; на погашение ссуд банка расходуется в среднем 24,4% всех средств ФРП (табл. 8), то есть погашение кредита по внедрению новой техники, предназначенного для расширенного воспроизводства, в основном происходит не за счет прибыли, а за счет амортизационных отчислений, что является неоправданным, так как в этом случае нарушается процесс воспроизводства основных фондов. Поэтому

Таблица 8

Способ использования средств ФРП	Величина ФРП по годам					
	1969		1971		1972	
	тыс. руб.	% к итогу	тыс. руб.	% к итогу	тыс. руб.	% к итогу
На внедрение новой техники, замену и модернизацию оборудования, механизацию и совершенствование производства	1472	42,6	1802	74,1	1420	54,9
На строительство складских помещений и развитие транспортного хозяйства	587	17,0	9	0,4	294	11,4
На погашение задолженности по ссудам банка	819	23,7	534	21,9	710	27,4
На прочие мероприятия	576	16,7	87	3,6	163	6,3

нам кажется целесообразным исключить амортизацию из числа источников погашения кредита.

По нашему мнению, заслуживает внимания точка зрения экономистов*, предлагающих норматив отчислений от прибыли в ФРП рассчитывать как произведение всего прироста основных фондов на удельный вес нецентрализованных капиталовложений в общей сумме капиталовложений. При этом необходимо планировать ввод основных фондов и объемов капитальных вложений в соответствии с плановыми объемами производства.

Третий источник формирования ФРП — выручка от реализации выбывшего и излишнего имущества. По исследуемым трестам эти отчисления составили 11,2% в ФРП за время работы в новых условиях планирования. В связи с большой изношенностью основных фондов лесосплава выручка от реализации выбывшего имущества в составе ФРП сохранит свое значение в ближайшие годы.

Исследования показали, что ФРП, несмотря на небольшие размеры, расходуется на 85,5%, о чем свидетельствуют данные табл. 9.

Таблица 9

Показатели	Использование средств ФРП по годам				
	1968	1969	1970	1971	1972
Переходящие остатки ФРП на начало года, тыс. руб.	—	136	1	300	489
Начислено в отчетном году, тыс. руб.	3042	3358	2933	2772	2676
Итого средств ФРП, тыс. руб.	3042	3494	2934	3072	3165
Из них израсходовано, тыс. руб.	2547	3454	2413	2422	2587
Удельный вес израсходованных средств в общем объеме ФРП, %	83,7	98,8	82,2	7,88	81,7

В некоторых сплавных предприятиях наблюдается как недоиспользование, так и перерасход средств ФРП. Все это говорит о необходимости улучшения планирования использования средств ФРП. Один из важнейших путей улучшения планирования использования ФРП, с нашей точки зрения, — его централизация внутри треста, так как в рам-

* М. Харлашина, З. Тиманова. Нормативы отчислений в фонд развития производства. Журн. «Плановое хозяйство» № 6, 1972.

ках отдельных предприятий трудно успешно решать задачи развития и внедрения новой техники.

Фонд развития производства при дальнейшем совершенствовании методов его образования и использования может стать важным экономическим рычагом, способствующим росту эффективности производства.

Поступила 8 февраля 1974 г.

УДК 634.0.651

О МЕТОДАХ ОЦЕНКИ ФАКТИЧЕСКОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ НОВОЙ ТЕХНИКИ

Н. А. БУРДИН, Б. П. КОЗНОВ
ЦНИИМЭ

Анализируется практика оценки эффективности новой техники, вскрываются недостатки расчетного метода определения эффекта, обосновывается необходимость учета фактической экономической эффективности внедрения новых машин и оборудования. Даются предложения о системе показателей и особенностях определения фактической эффективности новой техники в лесозаготовительной промышленности.

Внедрение новой техники и ее рациональное использование — решающий фактор повышения эффективности лесозаготовительного производства. В этой связи особое значение приобретают научно обоснованные методы определения фактической эффективности новой техники. Важно не только создать потенциально эффективную технику, но и получить реальный экономический эффект от ее эксплуатации. Для народного хозяйства первостепенное значение имеет не расчетный эффект, а реальный, выраженный в увеличении национального дохода и росте производительности труда.

Правильное экономическое обоснование прогнозирования технического прогресса требует знать не только расчетные технико-экономические показатели новой техники, но и фактические показатели ее использования и влияния их на хозяйственную деятельность предприятий: прибыль, рентабельность, производительность труда.

Определение фактических результатов от использования новой техники обусловлено и тем, что в отдельных случаях незначительна достоверность уровня эффективности, определенного расчетным путем. Практикой отмечена тенденция к завышению расчетной эффективности. Это связано, во-первых, с тем, что материальное стимулирование создателей новой техники поставлено в зависимость от расчетного экономического эффекта. Во-вторых, в увеличении расчетной величины последнего заинтересованы производители новой техники, так как от уровня эффекта зависит и цена новой техники. Потребитель же техники не имеет возможности оказать обратное воздействие на создателей и производителей новой техники при необоснованном завышении уровня цены.

Завышение величины расчетного экономического эффекта порождает отрицательные экономические последствия, которые выражаются в снижении хозяйственной заинтересованности предприятий во внедрении новой техники, в возможности производства малоэффективной техники.

Расчетная величина экономического эффекта обладает недостатком и в силу своей статичности, так как исходит из фиксированно предполагаемых условий эксплуатации новой техники. В реальных же условиях каждому конкретному случаю ее использования будут соответствовать специфические условия эксплуатации. В результате фактическая величина экономической эффективности новой техники будет представлена рядом величин, меняющихся в зависимости от условий и времени эксплуатации. Этот ряд может быть получен только на основе выявления фактической экономической эффективности.

В настоящее время нет утвержденных методических положений по оценке фактической экономической эффективности новой техники. В тех же случаях, когда предприятия определяют фактическую эффективность, допускаются много недостатков. Так, отсутствует единый методический подход, расчеты проводятся бессистемно, нерегулярно, без должного анализа полученных результатов, нет ясного определения основных оценочных показателей фактической экономической эффективности новой техники, не учитываются социальные результаты.

Определение фактической экономической эффективности новой лесозаготовительной техники вызвано необходимостью решения ряда экономических задач:

- изучения передового опыта использования новой техники;
- выявления основных причин недостаточного использования новой техники и на основе их устранения — дальнейшего технического и технологического ее совершенствования;
- определения уровня эффективности в зависимости от времени и условий эксплуатации с тем, чтобы способствовать оптимальному распределению всей совокупности новой техники для достижения наибольшего отраслевого и народнохозяйственного эффекта;
- выявления оптимальных сроков смены предыдущих поколений техники последующими;
- определения влияния новой техники на основные показатели деятельности лесозаготовительных предприятий;
- сравнения расчетной эффективности с фактической.

При разработке методов определения фактической экономической эффективности новой техники следует, на наш взгляд, придерживаться следующих исходных принципов:

- 1) показатели фактической экономической эффективности новой техники должны отражать народнохозяйственный критерий эффективности с обязательным учетом результатов хозрасчетной производственно-хозяйственной деятельности леспромхозов;
- 2) фактическую экономическую эффективность новой техники следует устанавливать путем сопоставления фактических технико-экономических показателей до и после внедрения новой техники;
- 3) основой для определения фактической эффективности новой техники должна быть действующая (но несколько усовершенствованная) система оперативного и бухгалтерского учета и отчетности;
- 4) при оценке фактической экономической эффективности следует учитывать влияние новой техники не только на основные производственные операции, но и на подготовительно-вспомогательные работы, смежные виды работ, непромышленную сферу (жилищное и культурно-бытовое строительство);
- 5) в расчетах по определению фактической экономической эффективности новой техники в обязательном порядке должны учитываться социальные результаты от использования техники;
- 6) фактическая экономическая эффективность, как правило, рассчитывается для каждого типа новой техники. Не допускается сравни-

вать технико-экономические показатели по леспромхозу в целом, ибо это приведет к значительному снижению точности расчета, так как на сводные показатели работы предприятия оказывают влияние многочисленные факторы, не имеющие отношения к использованию новой техники;

7) поскольку в первый год внедрение новой техники, как правило, связано с дополнительными затратами по первоначальному освоению, подготовке квалифицированных кадров и т. п., фактическую экономическую эффективность новой техники рекомендуется определять не раньше чем через год с момента ее внедрения;

8) при сравнении новой и старой техники должна быть обеспечена сопоставимость вариантов.

Один из наиболее сложных вопросов при определении фактической экономической эффективности новой техники — выбор оценочных показателей (критериев) эффективности. На наш взгляд, фактическую экономическую эффективность новой техники наиболее полно и достоверно может охарактеризовать система показателей. Один какой-либо показатель не в состоянии оценить полное воздействие новой техники на эффективность производства, так как он характеризует определенную область экономических явлений. Система показателей дает возможность оценить различные стороны эффективности, вытекающие из специфики лесозаготовительного производства, позволит в определенной мере учесть требования народнохозяйственной и хозрасчетной эффективности предприятия.

Реальный экономический результат от использования новой техники достигается непосредственно на предприятии. Народнохозяйственный эффект будет состоять из суммы частных эффектов, достигнутых на предприятиях, применяющих новую технику. Реализация потенциального народнохозяйственного эффекта, заложенного в новой технике, тем выше, чем выше хозрасчетные результаты лесозаготовительного предприятия. Поэтому в системе оценки фактической экономической эффективности новой техники должны быть показатели, характеризующие как народнохозяйственную, так и хозрасчетную эффективность.

По нашему мнению, для оценки фактической экономической эффективности новой техники можно рекомендовать следующие основные и дополнительные показатели:

а) основные:

- увеличение расчетной прибыли;
- увеличение производительности труда;
- размер годового экономического эффекта;

б) дополнительные:

- изменение фондоемкости (фондоотдачи);
- изменение капитальных вложений в непроемкую сферу;
- изменение фондов экономического стимулирования;
- социально-экономические результаты.

Необходимость принятия показателей расчетной прибыли и производительности труда диктуется условиями хозрасчетной деятельности предприятий. Вполне очевидно, что определяя фактическую эффективность новой техники, предприятие в первую очередь заинтересовано в улучшении тех показателей, по которым оценивается его деятельность, осуществляется экономическое стимулирование коллектива работающих.

Прирост расчетной прибыли $\Delta\Pi_n$ определяется по формуле

$$\Delta\Pi_n = [(C_1 + H_\phi f_1) - (C_2 + H_\phi f_2)] Q_n, \quad (1)$$

где C_1 и C_2 — фактические эксплуатационные затраты на 1 м³ древесины (себестоимость) по анализируемому кругу работ соответственно до и после внедрения новой техники, руб.;

f_1 и f_2 — фактические производственные фонды по анализируемому кругу работ соответственно до и после внедрения новой техники, руб./м³;

H_ϕ — утвержденный для данного предприятия норматив платы за производственные фонды или процент за кредит;

Q_n — фактический объем работ, выполненный с помощью новой техники в анализируемом периоде, м³.

В планово-убыточных и малорентабельных предприятиях, освобожденных от платы за производственные фонды, H_ϕ не учитывается.

В состав эксплуатационных затрат (себестоимости) при определении фактической экономической эффективности новой техники необходимо включать:

затраты по заработной плате (основной и дополнительной) основных и вспомогательных рабочих;

затраты по содержанию машин, механизмов и оборудования;

прочие затраты, связанные с использованием новой техники, в частности, перевозка рабочих к месту работы и обратно, содержание котлопунктов.

Производственные фонды включают затраты:

на проектирование техники, если оно велось за счет средств предприятия;

на приобретение машин и оборудования, включая оптовую цену и расходы по доставке;

на строительные-монтажные работы, необходимые для ввода в действие техники;

на модернизацию машин и оборудования;

на приобретение инструмента и технологической оснастки стоимостью свыше 50 руб. за единицу и сроком службы более года;

на увеличение оборотных средств (материалов, сырья, топлива и т. п.), вызванное использованием новой техники;

недоамортизированная часть стоимости основных производственных фондов, списанных в результате внедрения новой техники за вычетом стоимости металлолома.

Повышение производительности труда в результате внедрения новой техники следует определять как в целом по предприятию, так и отдельно для производственной операции или ряда операций, выполняемых анализируемым типом новой техники.

Прирост производительности труда в целом по предприятию рассчитывается по комплексной выработке на одного рабочего, занятого на лесозаготовках $\Delta\PiТ_v$,

$$\Delta\PiТ_v = \frac{q_d}{Ч_d} \cdot 100, \quad (2)$$

где q_d — количество высвобождаемых рабочих в результате внедрения новой техники за анализируемый период, чел.;

$Ч_d$ — фактическая численность рабочих на лесозаготовках в целом по предприятию за анализируемый период, чел.

В том случае, когда новая техника используется в шпалопилении, лесопилении или других видах производств, которые не учитываются

комплексной выработкой, прирост производительности в целом по предприятию рассчитывают по выработке товарной продукции $\Delta/ПТ_T$ на одного работающего, для чего в формуле (2) вместо $Ч_d$ принимается численность промышленно-производственного персонала.

Фактический экономический эффект \mathcal{E}_ϕ новой техники определяется как разность приведенных затрат базисной и новой техники в расчете на объем работ, фактически выполненный с помощью новой техники

$$\mathcal{E}_\phi = [(C_1 + E_n f_1) - (C_2 + E_n f_2)] Q_n, \quad (3)$$

где E_n — нормативный коэффициент экономической эффективности.

Наличие показателя фактического эффекта даст возможность сравнить его с расчетным эффектом и выявить причины расхождения. Затронутые в статье вопросы являются лишь частью важной проблемы по оценке фактической экономической эффективности новой техники. Разработка и внедрение в практику научно обоснованных методов определения фактического эффекта внедрения новых машин и оборудования позволяет повысить эффективность лесозаготовительного производства.

Поступила 2 октября 1973 г.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 631.531.16

ОБ ИЗМЕНЕНИИ КАЧЕСТВА СЕМЯН БЕРЕЗЫ БОРОДАВЧАТОЙ ПРИ ХРАНЕНИИ

Н. И. РЕПИНА

Кокчетавская зональная лесосеменная станция

Показано влияние сезонной изменчивости на качество семян березы при хранении в условиях Северного Казахстана.

При повторных анализах семян березы бородавчатой нами было отмечено повышение на 10—18% энергии прорастания и всхожести семян в весенний и осенний периоды по сравнению с первоначальными показателями. В связи с этим Кокчетавская лесосеменная станция с октября 1968 г. начала проводить исследования. Неочищенные семена березы бородавчатой с чешуйками (5 кг), собранные в насаждениях Кокчетавского мелкосопочника, были заложены в хлопчатобумажный мешок и хранились в неотопляемом деревянном сарае.

Ежемесячно от партии семян отбирали средний образец и определяли посевные качества по ГОСТу 13056,6—68. Проросшие семена вынимали ежедневно.

Согласно методике, семена следует хранить до полной потери всхожести, то есть до момента, когда по трем последним проверкам семена окажутся некондиционными

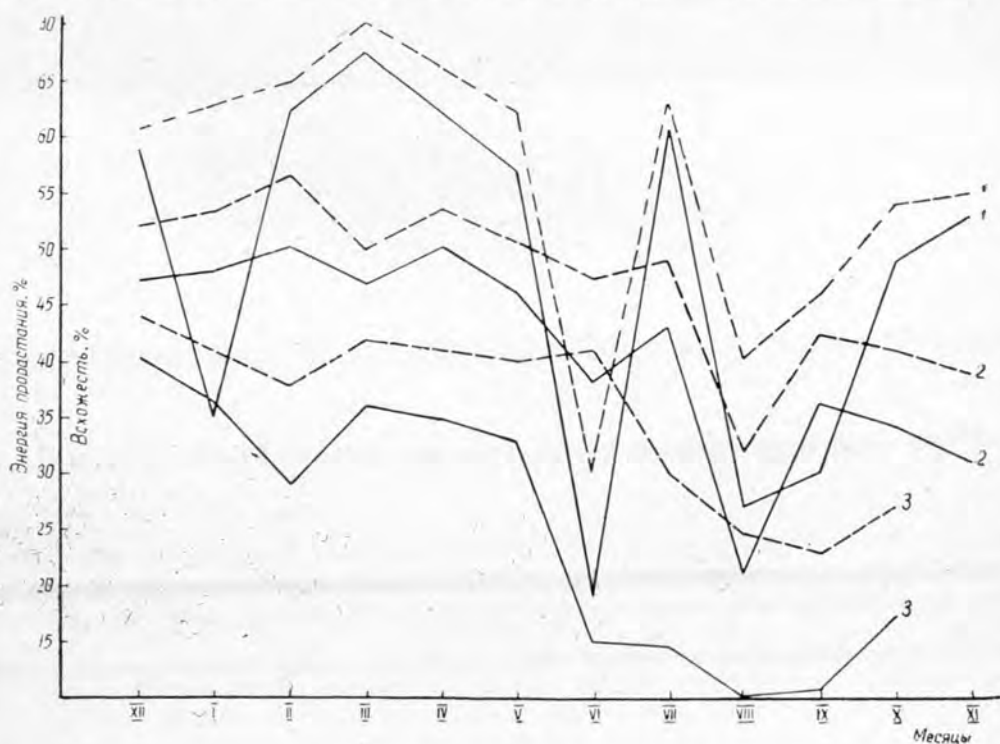


Рис. 1. Изменение энергии прорастания семян березы бородавчатой (сплошная линия) и их всхожести (штриховая линия) в разные годы.

1 — в 1968—1969 гг.; 2 — в 1969—1970 гг.; 3 — в 1970—1971 гг.

по всхожести. Данные об энергии прорастания и всхожести обработаны по сезонно-статистическим способам*. Точность опыта 2,2—3,8%.

На рис. 1 показана сезонная изменчивость качества семян березы бородавчатой. Максимальная энергия прорастания отмечается весной (68%), минимальная — летом (10%); максимальная всхожесть семян — весной (70%), минимальная — летом (23%). К осени энергия прорастания повышается в среднем на 44,8%, всхожесть — до 51%. Колебание энергии прорастания по месяцам в весенний период незначительно, в остальные месяцы года — большое (от 21,5% в зимний период до 40% в летний). Следовательно, при повторном анализе семян березы бородавчатой в Северном Казахстане необходимо учитывать сезонную изменчивость.

УДК 631.531.17

ПУТИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССА СУШКИ ШИШЕК ХВОЙНЫХ ПОРОД

Н. М. МАСКАЕВ, Б. Н. КУРАКИН
ВНИИЛМ

Дана оценка существующих способов сушки с точки зрения интенсификации процесса сушки и классификация применяемых в лесном хозяйстве шишкосушилок по этим способам.

Во всем многообразии типов сушилок, построенных за последние два десятилетия, можно выделить два основных направления, по которым шло развитие и совершенствование сушильной техники в лесном хозяйстве.

1. Модернизация сушилок Каппера — Гоголицына (увеличение числа барабанов, камер предварительной подсушки шишек, применение механических приводов, разных видов обогрева) шла по линии укрупнения технологических агрегатов (сушилки Лисинского и Киверцовского лесхозов) или по линии механизации и автоматизации технологического процесса (сушилки Барнаульского и Криушинского лесхозов). Сам процесс сушки остался без изменения (продолжительность сушки одной партии шишек превышает 20 час).

2. Создание новых шишкосушилок, в которых использован более прогрессивный способ сушки, заключающийся в принудительной подаче агента сушки на слой шишек (шишкосушилки периодического действия Григораша, Ново-Буянского ЛПХ и шахтные шишкосушилки непрерывного действия — Латвийская и Тихвинского лесхоза). Эти сушилки отличаются более интенсивным процессом сушки, продолжительность которого сокращается до 10—16 час.

За последнее десятилетие усилия ученых были направлены на определение оптимальных параметров процесса сушки шишек, внедрение в лесное хозяйство прогрессивных способов сушки. Этими вопросами занимались Е. П. Заборовский, А. В. Власов, кафедра механизации лесохозяйственных работ МЛТИ и лаборатории лесохозяйственных машин ВНИИЛМА.

Е. П. Заборовский исследовал влажность сосновых шишек в зависимости от времени сбора и определил продолжительность их сушки: декабрьского сбора — 58 час, январского — 38 час, февральского — 34—36 час.

А. В. Власов исследовал сушку сосновых шишек с целью извлечения из них семян, применяя при этом обдув сушильных барабанов потоком нагретого воздуха со скоростью до 2 м/сек. За оптимальные температурные режимы сушки автором взяты подсушка при температуре 25—30°C и основная сушка при температуре 65—70°C. Общая продолжительность сушки одной партии шишек равна 10—14 час.

В 1963—1967 гг. кафедрой механизации лесохозяйственных работ Московского лесотехнического института проведены исследования процесса сушки шишек хвойных пород (сосны обыкновенной, ели обыкновенной и лиственницы сибирской) в кипящем слое. Данное исследование сводилось к определению влияния комплекса факторов (влажности, температуры и скорости движения агента сушки; влажности, формы и размера самих шишек; удельной нагрузки на опорную решетку и т. д.) на процесс сушки.

Было установлено влияние на коэффициент теплообмена (в критериальной форме) весовой скорости теплоносителя, размеров и удельной нагрузки шишек на опорную решетку:

для сосновых шишек

$$Nu = 2,6 \cdot 10^{0,83} Re^{0,83} Fe^{-2,11} \left(\frac{F}{S} \right)^{-0,51},$$

где Nu — критерий Нуссельта;

* М. Л. Дворецкий. Практическое пособие по вариационной статистике. Йошкар-Ола, 1961.

- $\frac{F}{S}$ — параметрический критерий;
 Re — критерий Рейнольдса;
 Fe — критерий Федорова.

Найдена единая зависимость скорости постоянного периода сушки шишек от комплекса факторов сушки

$$N = C \left(17,2 + PV\gamma \frac{S}{\dot{U}_c} \right),$$

- где C — коэффициент пропорциональности, зависящий от формы и размеров шишек;
 P — потенциал сушки, °C;
 N — скорость постоянного периода сушки, %/мин;
 $V\gamma$ — весовая скорость движения воздушного потока, кг/м²·сек;
 $\frac{S}{\dot{U}_c}$ — обратная величина удельной нагрузки шишек на опорную решетку, м²/кг.

Приведенные теоретические зависимости были проверены нами в 1970—1971 гг. на промышленной сушильной установке в Загорском лесхозе ВНИИЛМа. Опыты показали, что задавая расчетные параметры процесса сушки шишек в условиях кипящего слоя (высота слоя $h = 350$ мм, скорость воздушного потока $V = 35$ м/сек, температура сушки 60°C), продолжительность цикла сушки одной партии сосновых шишек можно сократить до 3 час.

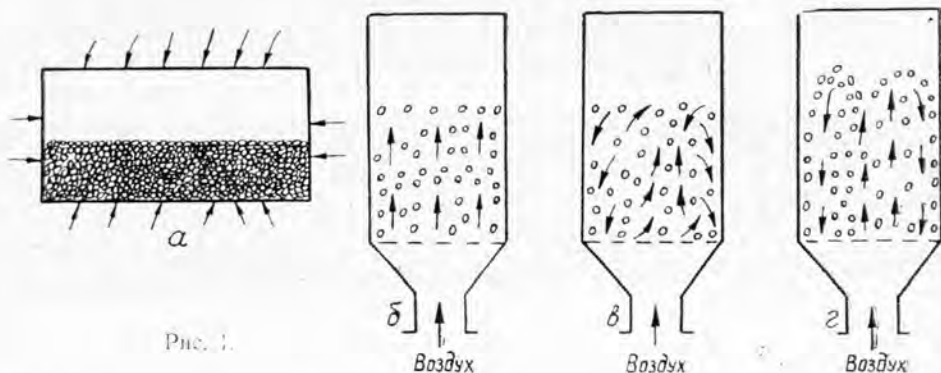


Рис. 1.

В сельскохозяйственном производстве в последнее время широкое распространение получили шахтные зерносушилки с мощным потоком нагретого воздуха. Учеными сельского хозяйства принято характеризовать различные способы сушки зерна в зависимости от состояния слоя. Способы сушки подразделяются на сушку зерна в плотном (насыпном), разрыхленном, кипящем и фонтанирующем слоях. На рис. 1 условно показаны эти четыре состояния слоя влажного материала при сушке (соответственно а, б, в, г).

Плотный (насыпной) слой сосновых шишек. К этой группе можно отнести барабанные шишкосушилки с периодическим перемешиванием слоя при прокручивании барабанов, без принудительной подачи агента сушки на слой шишек. Общее время сушки одной партии шишек более 20 час. Такая интенсивность процесса сушки шишек наблюдается в шишкосушилке Каппера — Гоголицына, передвижных Суворовцева или Черняева, в сушилках Лисинского, Киверцовского, Барнаульского лесхозов и в шишкосушилке Криушинского лесхоза Рязанского управления лесного хозяйства.

Разрыхленный слой сосновых шишек — это промежуточное состояние слоя шишек (между плотным и кипящим), которое характеризуется активным продуванием шишек нагретым воздухом. К этой группе можно отнести барабанные шишкосушилки с периодическим перемешиванием слоя и шахтные шишкосушилки непрерывного действия, имеющие принудительную подачу агента сушки на слой шишек. Общее время сушки одной партии шишек составляет 10—16 час. Такая интенсивность процесса сушки наблюдается в шишкосушилках Григораша, Ново-Буянского ЛПХ и шахтных сушилках Латвийской и Тихвинского лесхоза. В шишкосушилках этой группы принудительная подача агента сушки на слой шишек отвлечено принята до 10 м/сек и оптимальный воздушный поток, который мог бы еще сократить время сушки, пока не определен.

С 1970 г. ВНИИЛМ проводит исследовательские работы по определению оптимальных скоростных режимов сушки шишек в воздушном потоке. По сушке шишек в раз-

рыхленном слое получены следующие данные: при скорости воздушного потока 35 м/сек, высоте слоя 700 мм, температуре сушки 60°C продолжительность цикла сушки одной партии сосновых шишек (интенсивность сушки) составляет 4 час.

Кипящий слой сосновых шишек — слой, в котором все частицы (шишки) находятся в состоянии бурного перемешивания нагретым воздухом, напоминающим кипение жидкости. Процесс сушки материалов в кипящем слое считается одним из самых интенсивных. Например, при температуре 60—70°C сосновые шишки можно высушить (без предварительной подсушки) в течение 3 час. Но при этом способе производительность промышленной сушки ограничена (до 800 кг в сутки). Это объясняется специфическим строением самих шишек (при раскрытии чешуи сцепляются между собой, слой превращается в монолитную массу и «кипение» его прекращается).

Фонтанирующий слой сосновых шишек. Логично, что интенсивность сушки шишек этим способом надо ожидать еще выше, чем при кипящем слое, но промышленные показатели этого способа сушки, естественно, будут ниже.

Выводы

1. Основной путь интенсификации сушки шишек хвойных пород заключается в принудительной подаче агента сушки в сушильную камеру.

2. Наиболее рациональна сушка шишек в разрыхленном слое с оптимальным скоростным режимом воздушного потока при заданной высоте слоя.

УДК 634.0.114.2

ЛИСТВЕННИЦА СИБИРСКАЯ В СТЕПИ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ПОЧВ

Т. Н. КЕЛЕБЕРДА

Мариупольская ЛОС

Приведены данные роста и взаимодействия с почвами лиственницы сибирской на обыкновенных черноземах Приазовья (Центральная степь УССР). Дана сравнительная характеристика лиственницы с устойчивой породой степи — дубом черешчатым.

Изучение лиственницы сибирской на Мариупольской лесной опытной станции (Донецкая область, УССР) преследовало цель выяснить возможности более широкого ее внедрения в степные насаждения. Мариупольская ЛОС и Велико-Анадольское лесничество, где создавались опытные культуры с участием лиственницы сибирской, находятся в зоне обыкновенных черноземов в пределах приводораздельно-балочного ландшафта. Климат континентальный. По многолетним данным местных метеостанций, средняя годовая температура воздуха +7,9°C, среднее годовое количество осадков 425 мм. Осадки выпадают летом в виде ливней. Особенно вредны для лесопосадок часто наблюдающиеся позднеосенние заморозки. Преобладают ветры восточного направления, часто вызывающие пыльные бури. В соответствии с типологической классификацией А. Л. Бельгарда [1], опытные культуры лиственницы сибирской находятся в суховатых местообитаниях. Черноземы Велико-Анадолья и Мариупольской ЛОС относятся к среднегумусным почвам с довольно высоким содержанием элементов почвенного питания (азота, фосфора, калия). По механическому составу — это в основном

Таблица 1

Глубина, см	рН водное	Гумус	Азот	Фосфор	Калий	Азот по Тюрину и Кононовой	Фосфор по Труогу	Калий по Масловой
		валовые, %				подвижные, мг/кг почвы		
0—20	6,8	7,42	0,42	0,17	2,48	109,8	118,3	289,3
20—40	6,7	6,04	0,38	0,15	2,49	83,5	111,4	248,6
40—60	6,8	4,48	0,23	0,12	2,11	69,8	79,2	224,3
60—80	7,2	3,42	0,17	0,10	2,08	Не опр.	Не опр.	165,3
80—100	7,4	1,98	0,11	0,07	2,04	„	„	Не опр.

легкая глина или тяжелый суглинок с преобладанием крупнопылеватой и иловатой фракций (табл. 1).

Объект	Место отбора образца	Общий гумус, %	Подвижные гуминовые кислоты, % к С общему	Водно-растворимый гумус, % к общему гумусу
Лиственница сибирская, 30 лет	Ризосфера	7,33	3,90	3,68
	Вне ее	6,47	2,69	1,21
Дуб черешчатый, 30 лет	Ризосфера	7,25	4,57	4,02
	Вне ее	6,53	2,34	0,61
Контроль (открытое поле)		6,31	1,07	0,95

В данных почвенно-климатических условиях произрастают культуры лиственницы сибирской разного возраста. Наиболее старые (70-летние) посадки в Велико-Анадольском лесничестве имеют хороший вид, стройные стволы с высоко приподнятой кроной. Средняя высота лиственницы 27 м, средний диаметр 32 см. Плодоношение ежегодное.

В 1939 г. лиственница сибирская была высажена в дендропарке Мариупольской ЛОС. В возрасте 30 лет лиственничная культура представляла высокополнотное насаждение со средней высотой 13 м, при диаметре 14,5 см. Данная культура плодоносит с 20-летнего возраста. В этих же условиях 30-летнее дубовое насаждение имеет среднюю высоту 14,4 м, диаметр 15,8 см.

Успешность роста той или другой породы в степи зависит и от того, как она преобразует среду своего обитания, а именно изменяет степные почвы с их специфическими лесорастительными свойствами. Особый интерес в этом отношении имеют новые (интродуцируемые) породы, которые еще не адаптированы к местным условиям среды и в отношении почвопреобразующей деятельности совершенно не изучены. Наши 5-летние наблюдения (табл. 2) показали, что лиственница сибирская изменяет реакцию среды в сторону подкисления (подкисление и выщелачивание почвы в степных условиях рачеиваются с положительной стороны). Как видно из таблицы (данные для слоя 0—20 см), гидrolитическая кислотность в почве под лиственницей возросла более чем в 6 раз, наиболее сильно в зоне непосредственного контакта почвы с корневой системой (в ризосфере). Более чем в 3 раза (по отношению к контролю) увеличилось содержание подвижных гуминовых кислот в почве под лиственницей сибирской, что свидетельствует об улучшении условий питания, так как именно эта составная часть почвы является основным поставщиком азотной и фосфорной пищи. Резко возросло содержание водорастворимого гумуса, увеличилось количество общего гумуса.

В лесных биогеоценозах особенно велика роль почвенных ферментов. Высказанные В. Ф. Купревичем [2] соображения об относительном соответствии характера почвенного энзиматического комплекса степени почвенного плодородия наиболее справедливы для почв под лесопосадками, где плодородие в значительной степени обусловлено характером биологического круговорота. Наши исследования [3] свидетельствуют о том, что с помощью показателей активности почвенных ферментов можно разделить почвы по трофности и увлажнению, оценить типы смешения древесно-кустарниковых пород, эффективность действия полезационных лесополос в степи и др.

Как свидетельствуют данные табл. 2, в почве под лиственницей сибирской возросла биохимическая активность (общий показатель биологического состояния почв), увеличилась активность каталазы, уреазы, инвертазы.

Сравнение показало, что лиственница сибирская преобразует черноземные почвы степи и улучшает их лесорастительные свойства не в меньшей степени, чем дуб черешчатый — устойчивая порода степи. Это позволяет рекомендовать широкое ее использование в лесопосадках степи и в озеленительных целях. Естественно, лучшие результаты возможно ожидать в свежаватых, свежих и влажноватых местообитаниях [1].

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. Л. Бельгард. Степное лесоведение. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1971. [2]. В. Ф. Купревич, Г. А. Щербакова. Почвенная энзимология. Изд-во «Наука и техника», Минск, 1966. [3]. И. И. Смольянинов, Е. В. Рябуха, В. А. Сименсон, Т. Н. Келеберда, М. В. Можейко, Ю. А. Зарудная. Почвенная энзимология в лесоводстве и агролесомелиорации. Журн. «Вестник сельскохозяйственной науки» № 10, 1971.

Таблица 2

Гидролитическая кислотность, мг-экв на 100 г почвы	рН		Биохимическая активность, мг CO ₂ на 1 кг почвы в 1 час	Каталаза, мг O ₂ на 100 г при 5-минутной экспозиции	Инвертаза, г инвертного сахара на 100 г почвы	Уреаза, мг азота на 1 г почвы
	водное	солевое				
2,62	5,8	5,6	4,28	221,8	9,11	12,59
2,31	6,0	5,8	3,42	196,7	5,64	10,85
3,14	5,9	5,4	4,54	216,8	8,23	13,16
2,67	6,1	5,6	3,37	211,0	4,25	11,61
0,43	6,8	6,4	2,86	156,8	2,54	3,54

УДК 634.0.432.3

ПРИМЕНЕНИЕ САМОЛЕТА АН-2П ДЛЯ ТУШЕНИЯ НИЗОВЫХ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

М. О. ГУМБА
ВНИИ СХСП ГА

Проведенные исследования показали, что самолет Ан-2П, оборудованный специальным устройством для повышения огнегасящих свойств воды, можно успешно использовать для тушения небольших загораний на вырубках.

Вопросу тушения лесных пожаров с воздуха уделяется большое внимание как у нас в стране, так и за рубежом.

Еще в 30-е годы в нашей стране были начаты опытные работы по тушению лесных пожаров с летящего самолета. Для этого использовали специальные фугасные бомбы, наполненные химическими растворами. При ударе о землю бомбы разрывались, и раствор разбрызгивался, создавая огнезащитную полосу. Однако из-за малого количества раствора и неточного попадания бомб смоченная полоса получалась неравномерной и прерывистой, вследствие чего огонь легко преодолевал ее (М. Г. Червоный, 1961).

Позднее Г. А. Мокеев и Н. П. Курбатский пробовали создавать огнезащитную полосу, сбрасывая растворы химикатов в стеклянных ампулах, которые разбивались при ударе о землю (объем ампул 1—5 л). На открытых местах создавалась довольно ровная и хорошо смоченная полоса; при опытах в лесу эффект был меньше, так как часть ампул с раствором, не достигая земли, разбивалась о сучья и стволы деревьев.

В эти же годы в США были проведены опыты по сбрасыванию с летящего самолета бочек с водой, однако эксперименты оказались неэффективными. С 1953 г. в США и Канаде широко проводятся эксперименты по сбрасыванию воды и растворов химикатов в незатаренном виде.

В начале 60-х годов в нашей стране разработан лесопожарный гидросамолет Ан-2П, предназначенный для авиационного патрулирования лесов, доставки пожарных команд, грузов и оказания помощи наземным командам в локализации и тушении низовых лесных пожаров путем слива огнегасящей жидкости непосредственно с летящего самолета. Для забора воды и транспортировки ее к пожару используют водозаборные отсеки поплавков. В нижней части водозаборного отсека с внешней стороны поплавок (относительно оси самолета) установлена заборная створка, через которую поступает вода в отсек поплавок во время пробега самолета по поверхности водоема. С внутренней стороны поплавок установлена сливная створка для слива жидкости из поплавков. В хвостовой части самолета по бортам установлены два бака емкостью по 50 л каждый для добавки к воде химического раствора-смачивателя. Вода из отсеков сбрасывается в полете с помощью пневматического крана за 2—3 сек. Этими операциями управляют из кабины пилота.

Применение самолета Ан-2П для тушения лесных пожаров сводится к следующему: взяв на борт десантников-пожарных самолет вылетает на патрулирование. Обнаружив лесной пожар, летчик-наблюдатель составляет схему пожара, определяет его площадь и направление движения огня. Приняв решение о тушении пожара непосредственно с воздуха, летчик-наблюдатель сообщает об этом командиру, и самолет высаживает десантников-пожарных. По наиболее опасным участкам пожара огнегасящую жидкость сливают с самолета на скорости полета 160 км/час, с высоты полета 10—15 м над кронами деревьев.

Результаты испытаний, проведенных в 1965—1967 гг., показали эффективность и перспективность описанного способа тушения лесных пожаров.

Лесопожарные гидросамолеты Ан-2П были проверены на тушении лесных пожаров в Тюменской области и в Карелии. Пожары, в основном, возникали в следующих типах леса: сосняк-беломошник, сосняк-зеленомошник и брусничник; горела сухая трава, мертвый опад и кустарнички. Пожары возникали также на открытых местах, вырубках, гарях. Вырубку, кромка которой имела вид клина, при тушении обрабатывали с двух сторон. Пожар средней интенсивности распространялся в сторону леса. В течение одного часа с самолета Ан-2П было произведено восемь сливов огнегасящей жидкости (8 т), что дало возможность сбить пламя более чем на 400 м по кромке и задержать распространение огня.

Самолет Ан-2П применяли для тушения другого пожара: в момент обнаружения пожар по чистому болоту приближался к лесному массиву. Расстояние от пожара до водоема, из которого брали воду, составляло менее 2 км, что дало возможность производить сливы огнегасящей жидкости на пожар через каждые 5—7 мин. За один слив одной тонны огнегасящей жидкости создается смоченная полоса длиной до 60 м и шириной 10—12 м. Частые сливы и удачно проложенные по кромке огня смоченные полосы сбивали пламя или резко снижали интенсивность горения.

Наиболее высокий эффект достигается при использовании самолета Ан-2П на тушении низовых лесных пожаров слабой и средней интенсивности распространения в насаждениях полнотой до 0,5. В момент обнаружения пожара, который возник в пойме р. Конда, площадь составляла 0,1 га. Температура воздуха в этот день была +25°C, относительная влажность 53%, скорость ветра 3 м/сек. Пожар слабой интенсивности распространялся со скоростью 0,5 м/мин, высота пламени 0,5 м. Огонь местами заглублялся в подстилку. Сразу же после обнаружения пожара с самолета Ан-2П в 100 м от пожара было высажено четыре десантника. До их подхода к пожару с самолета было произведено два слива огнегасящей жидкости, а после подхода десантников — еще три слива.

Всего за период производственной проверки лесопожарные гидросамолеты приняли участие в тушении более 40 пожаров. Данные по эффективности тушения низовых лесных пожаров путем слива огнегасящей жидкости с самолета Ан-2П приведены в табл. I, из которой видно, что самолет пригоден для тушения небольших загораний на вырубках.

Таблица I

Количество вылетов самолета при											
расстоянии от пожара до водоема, км			полноте древостоев			высоте деревьев, м			интенсивности пожара		
до 3	3—6	6 и более	до 0,5	0,5—0,7	0,7 и выше	до 10	10—20	20 и выше	слабой	средней	сильной
Сосняк лишайниковый, состав 10С											
12/10	6/2	5/3	6/6	6/4	11/5	2/2	3/2	18/11	17/14	4/1	2/—
Сосняк-брусничник, состав 8С2Б											
8/6	4/2	4/4	2/2	6/5	8/5	1/1	3/3	12/8	13/11	2/—	1/1
Вырубка											
3/3	0/0	4/4	—/—	—/—	—/—	1/1	—/—	—/—	5/5	—/—	2/—

Примечание. В числителе — всего вылетов; в знаменателе — количество эффективных вылетов.

Хорошие результаты были достигнуты при использовании самолета Ан-2П на тушении низовых лесных пожаров слабой интенсивности в низкополнотных насаждениях при расстоянии 3—5 км от водоема до пожара. По мере увеличения полноты насаждения самолет Ан-2П может оказать помощь в тушении пожаров в том случае, если в момент слива огнегасящей жидкости на пожаре находятся рабочие. Сброс жидкости приводит к тому, что частично или полностью отпадает необходимость в подавлении пламени, что сокращает затраты времени на локализацию пожара и повышает производительность труда наземных команд.

УДК 634.0.864

ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ ГИДРОЛИЗНОГО ЛИГНИНА НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЛИГНИНОПОЛНЕННЫХ ЛАТЕКСНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Л. Т. КОНДРАТЬЕВ, С. А. МОНАХОВ

Московский технологический институт

В работе изучено влияние влажности гидролизного лигнина на физико-механические свойства лигнинонаполненных латексных изделий. При наполнении лигнином латексных изделий происходит незначительное ухудшение физико-механических свойств этих изделий, выходящее за пределы ГОСТа после введения 10—12% лигнина от сухого остатка латекса, что позволяет считать целесообразным вводить лигнин в формовые латексные изделия в количестве до 10%. Влажность лигнина влияет на физико-механические свойства латексных изделий. Эти свойства несколько лучше у изделий, наполненных более сухим лигнином. Однако даже при наполнении лигнином, полученным прямо из-под сцез, физико-механические свойства лигнинонаполненных латексных изделий не выходят за пределы существующего для этих изделий ГОСТа.

Переработка гидролизного лигнина с целью предотвращения загрязнения почвы и водоемов — важная проблема. Один из реальных путей такой переработки — использование высоких адсорбционных свойств лигнинов при применении их в качестве наполнителя различных полимерных материалов [3]. Однако при этом гидролизный лигнин необходимо применять в сухом (10—15%-ная влажность) виде [1] или с дополнительной активацией щелочными агентами [2].

В данной работе изучено влияние влажности гидролизного лигнина как наполнителя на качество формовых изделий из натурального латекса, которые широко применяются в авиационной, автомобильной, мебельной и других отраслях промышленности, а также в сфере бытового обслуживания в качестве подкладочных и набивочных материалов.

Образцы формовых латексных изделий мы получали на лабораторной установке периодического вспенивания следующим образом: в течение 10—15 мин, вспенивали мешалкой раствор парафина аммония, куда добавляли при перемешивании латексную смесь и затем растворы вулканизирующего агента и кремнефтористого натрия. Полученную пеню заливали в форму (250×250×40 мм), закрывали, желатинировали при температуре 70°C в течение 15 мин и вулканизовали при температуре 130°C в течение 1 часа. Необходимые для получения латексных изделий растворы мыла, латексной смеси на основе натурального латекса «Квалитекс», желатинирующего и вулканизирующего агентов готовили по методике, применяемой в цехах с периодическим вспениванием. В качестве наполнителя использовали гидролизный лигнин рядовой варки (с влажностью 64% и кислотностью в пересчете на H₂SO₄ до 1%), который был получен с Ленинградского гидролизного завода, просеян через сито 1 мм и подсушен в лабораторных условиях до влажности 10, 19 и 40%.

В каждой серии опытов вводили 3; 5; 7; 10; 12; 15; 20% абс. сухого количества лигнина различной влажности от сухого остатка латекса. Были опробованы три способа введения лигнина: 1) в раствор мыла; 2) в раствор латекса; 3) в раствор вулканизирующего агента. Как показали данные физико-механических свойств полученных образцов, все указанные способы дали идентичные результаты, и в дальнейшем мы вводили лигнин в латексную смесь.

В табл. 1 приведены физико-механические показатели образцов латексных изделий, содержащих лигнин 64%-ной влажности. Основные физико-механические показатели губчатых изделий для образцов, содержащих 3—7% лигнина, находятся в пределах ГОСТа. Сопротивление разрыву у лигнинонаполненных образцов во всех случаях лучше, чем у образцов без наполнителя. Наполнение латексных изделий лигнином увеличивает их твердость, и для того, чтобы этот показатель оставался в пре-

Таблица 1

Количество введенного лигнина, %	Объемный вес, г/см ³	Твердость, кг/см ²	Прочность при разрыве, кг/см ²	Относительное удлинение, %
0	0,12—0,14*	0,06—0,19*	0,30—0,35*	150*
3	0,11—0,12	0,16—0,17	0,30—0,45	100—150
5	0,11—0,12	0,16—0,18	0,35—0,45	100—150
7	0,11—0,12	0,16—0,19	0,35—0,40	100—150
10	0,11—0,12	0,16—0,21	0,33—0,40	110—150
12	0,11—0,12	0,16—0,21	0,40—0,60	130—160
15	0,11—0,12	0,19—0,28	0,35—0,60	100—140
20	0,11—0,12	0,20—0,30	0,40—0,60	90—140

* Данные по МРТУ 38-52-675—65.

делах ГОСТа, необходимо уменьшать объемный вес образцов. Аналогичные результаты получены нами при введении лигнина 10-, 19- и 40%-ной влажности.

Таблица 2

Влажность лигнина, %	Объемный вес, г/см ³	Твердость, кг/см ²	Прочность при разрыве, кг/см ²	Относительное удлинение, %
10	0,11—0,13	0,13—0,15	0,40—0,60	150—200
19	0,11—0,13	0,13—0,15	0,40—0,60	150—200
40	0,11—0,13	0,14—0,21	0,40—0,50	130—160
64	0,11—0,13	0,16—0,21	0,33—0,40	110—150

В табл. 2 приведены физико-механические свойства образцов, содержащих 10% лигнина различной влажности. Из данных этой таблицы видно, что влажность гидролизного лигнина влияет на свойства формовых латексных изделий. Очевидно, при введении более влажного лигнина увеличивается общее содержание воды в системе, что и приводит к ухудшению физико-механических показателей. Однако изменение этих показателей не выходит за допускаемые ГОСТом пределы, что позволяет считать возможным применять гидролизный лигнин различной влажности, даже непосредственно из-под сжег, для наполнения латексных изделий. Оптимальной дозировкой следует считать количество лигнина в пределах 10% от сухого остатка латекса. Поскольку пеномассу готовят в водных растворах и влажность лигнина незначительно влияет на физико-механические свойства латексных изделий, использование гидролизного лигнина без каких-либо обработок и подсушки в качестве наполнителя этих изделий позволит сократить расход такого дефицитного сырья как натуральный латекс.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Б. Д. Богомолов и др. Журн. «Гидролизная и лесохимическая промышленность» № 6, 1968, 14. [2]. Ю. М. Курдюбов и др. «Коллоидный журнал» № 21, 1959, 3306-8. [3]. М. И. Чудаков. «Успехи химии» № 2, 1961, 30—38.

УДК 543.253

ПОЛЯРОГРАФИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВАНИЛИНА

Е. М. ГОЛУБЧИК

Брянский технологический институт

Показана возможность определения ванилина полярографическим методом в водном растворе.

При нитробензолном окислении лигнина получается ванилин [1], [9], [11], [15]. По содержанию его в продуктах окисления можно сделать предположения о степени сшивки между отдельными фенилпропановыми единицами лигнина [7], [8]. В настоящее время для определения ванилина применяют хорошо отработанный метод бумажной хроматографии [4], [10], который, однако, очень длителен и включает большое число промежуточных операций.

Некоторые авторы [3] считают, что ванилин может восстанавливаться в кислой среде (при $\text{pH} = 2,2$, $E_{\frac{1}{2}} = -1,01$ в, при $\text{pH} = 5,0$, $E_{\frac{1}{2}} = -1,16$ в и при $\text{pH} = 8,0$, $E_{\frac{1}{2}} = -1,47$ в по отношению к насыщенному каломельному электроду). Поэтому нами сделана попытка использовать полярографический метод для определения ванилина.

Экспериментальная часть

Полярограммы снимали на полярографе марки LP-60 при $20 \pm 0,1^\circ$. Анодом служила донная ртуть, катодом — ртутный капельный электрод с периодом капания 3,8 сек, $t = 1$ мг/сек. В качестве фона использовали буферный раствор ($\text{pH} = 4,52$) состава: 0,2М Na_2HPO_4 , 0,1М лимонная кислота, 30% этилового спирта. Раствор фона готовили из дважды перекристаллизованных солей на бидистилляте. Ванилин, использованный для снятия полярограмм, также очищали перекристаллизацией из бидистиллята. Для снятия полярограмм и построения калибровочной кривой готовили раствор ванилина с концентрацией 0,05 г-моль/л. Полученные полярограммы приведены на рис. 1. По значениям предельной плотности токов в зависимости от концентрации ванилина в растворе построена калибровочная кривая (рис. 2).

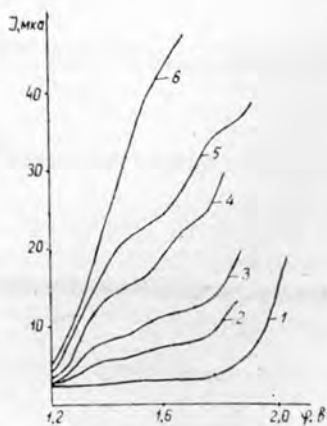


Рис. 1. Полярограммы катодного восстановления ванилина.

1 — без ванилина; 2 — 1,25 ммоль/л; 3 — 2,50
4 — 5,00; 5 — 10,00; 6 — 20,00 ммоль/л.

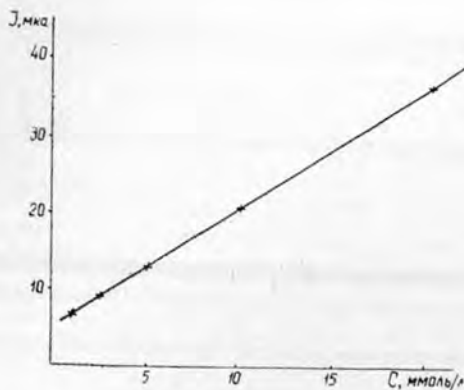


Рис. 2.

Результаты опытов и их обсуждение

На полярограммах рис. 1. четко вырисовываются две волны. Такое же явление, но при восстановлении бензальдегида на ртутном катоде, некоторые авторы отмечали и ранее [5], [6], [16]. Согласно работам Семерано и де Понта [13], Токуока заключил, что в кислых растворах восстановление бензальдегида сопровождается присоединением одного атома водорода и одного электрона с образованием дигидробензоина, то есть по данной схеме наблюдается димеризация образующихся свободных радикалов — продуктов переноса одного электрона и одного протона на карбонильную группу исходного соединения. Свободные радикалы способны также восстанавливаться и до спирта. Этому процессу на полярограмме отвечает вторая волна.

В ванилине, так же как и в бензальдегиде, полярографически активной является альдегидная группа. Как и в случае бензальдегида, ванилин может восстанавливаться до димера с выходом до 75% [12]. В растворе же уксуснокислого натрия, подкисленного уксусной кислотой, ванилин на ртутном электроде восстанавливается до ванилинового спирта с выходом до 93% [14]. Следовательно, первая волна полярографических кривых (рис. 1), по нашему предположению, соответствует также присоединению одного электрона и протона к карбонильной группе ванилина; вторая волна на этих кривых отвечает присоединению еще одного электрона и протона к образовавшемуся свободному радикалу на первой стадии.

Из рис. 2 видно, что в исследованной области концентраций ванилина наблюдается линейная зависимость, позволяющая по величине предельного тока определять содержание ванилина в исследуемых растворах. В контрольных пробах ошибка составляла 1—3%, что хорошо согласуется с точностью полярографического метода [2] и превышает точность метода бумажной хроматографии [10].

При определении ванилина в смеси продуктов деструкции лигнина необходимо строго придерживаться заданной величины рН полярографируемого раствора, так как потенциал полувольты восстановления ванилина зависит от кислотности среды и при несоблюдении постоянства рН можно допустить ошибку в расшифровывании полярограмм. Поскольку в нашей работе в качестве фона был выбран раствор с рН = 4,52, идентификацию ванилина по полярограммам производили при $E_{\frac{1}{2}} = -1,16$ в. Для облегчения идентификации в исследуемых растворах необходимо нанести контрольную полярограмму из раствора, содержащего известное количество заранее введенного ванилина.

Для этого к 2 мл буферного раствора прибавляли 0,5 мл раствора ванилина с концентрацией 0,05 г-моль/л. В полученном растворе снимали полярограмму. Затем в буферный раствор прибавляли 0,4—0,5 мл исследуемого раствора, содержащего ванилин, получающийся в результате нитробензольного окисления лигнина.

Раствор с продуктами нитробензольного окисления лигнина готовили из расчета 0,056 г лигнина, 0,3 мл нитробензола и 1,8 мл 2н. раствора едкого натра. После окисления в автоклаве смесь доводили серной кислотой до рН = 4,5—5,0 и центрифугировали. Маточный раствор разбавляли водой, кипятили для удаления остатков нитробензола в течение 15—20 мин и доводили водой до 10 мл. Из полученного раствора брали пробы для полярографического определения ванилина. Данные калибровочной кривой (рис. 2) позволяют рассчитать содержание ванилина в исследуемых растворах. Контроль за идентификацией ванилина постоянно осуществляли по полярограммам. Поэтому дополнительное проведение сравнительного определения ванилина в продуктах нитробензольного окисления методом бумажной хроматографии было излишним.

В продуктах нитробензольного окисления лигнина, помимо ванилина, могут присутствовать такие альдегиды, как сиреневый и параоксисбензальдегид. Потенциал полувольты первого из альдегидов имеет более отрицательное значение, чем ванилина. Для другого альдегида величина потенциала полувольты совпадает со значением для бензальдегида (при рН = 4,52 $E_{\frac{1}{2}} = -1,02$ в). Поэтому указанные альдегиды не мешают

определению ванилина. Однако при работе с более сложными смесями целесообразно также снять и дифференциальную полярограмму, которая покажет общее количество веществ, восстанавливающихся на катоде.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ф. Е. Браунс. Химия лигнина. Гослесбумиздат, М., 1963. [2]. Е. Н. Виноградова, З. А. Галлай, З. М. Финогорова. Методы полярографического и амперометрического анализа. Изд. МГУ, М., 1963. [3]. Я. Гейровский, Я. Кута. Основы полярографии. Изд-во «Мир», М., 1965. [4]. Л. А. Ковина. Доклады АН СССР, 129, 6, 1959. [5]. И. А. Коршунов, Л. Н. Сазонова. ЖФХ, 23, 202, 1949. [6]. С. Г. Майрановский. Известия АН СССР, Отделение химических наук, 2140, 1951. [7]. П. А. Одинцов, З. Н. Крейцберг. Труды ИХД АН Латвийской ССР, 6, 61, 1953. [8]. В. М. Резников, И. В. Сеенько. Сб. «Химия древесины», 1, Рига, 1966. [9]. В. М. Резников. Сб. «Химия древесины» № 3, АН Латвийской ССР, Рига,

1969. [10]. И. В. Сенько, В. М. Резников. ЖПХ, 40, 1879, 1967. [11]. W. Lautsch, Cellulosechem., 19, 69, 1941. [12]. J. A. Pearl. J. Am. Chem. Soc., 74, 4260, 1952. [13]. G. Semerano, De Ponte. Gass. Chim. Ital., 62, 991, 1932. [14]. G. Shima. Mem. Coll. Sci. Kyoto Imp. Serie A. 11, 419, 1928. [15]. J. Sobolev and G. Schuerch. «Tappi», 41, 545, 1958. [16]. Tokuoка M. Coll. Czech. Chem. Commun., 7, 392, 1935.

УДК 634.0813.13

ПОЛУЧЕНИЕ ТЕРЕФТАЛЕВОЙ КИСЛОТЫ ИЗ СКИПИДАРА-СЫРЦА КОТЛАСКОГО ЦБК

Н. А. ИВАНОВ, В. Н. ПИЯЛКИН,

Ленинградская лесотехническая академия

В. И. ОВЧИННИКОВ,

Тудский ВНИИ полимеров и мономеров

А. Т. ОЛЕЙНИК

Котласский ЦБК

Предложен способ получения терефталевой кислоты каталитическим окислением пара-цимола, выделенного из скипидара-сырца — отхода сульфитно-целлюлозного производства Котласского ЦБК. Выход терефталевой кислоты из очищенного пара-цимола составляет 70%.

Из варочного цеха сульфитно-целлюлозного завода Котласского ЦБК ежесуточно идет в промышленные стоки, увеличивая их загрязненность, около 1 т сульфитного скипидара.

По данным финских исследователей О. Рутала и А. Похвиола [18], основной компонент скипидара-сырца сульфитных сдувок — пара-цимол, содержание которого в зависимости от режима сульфитной варки колеблется в пределах 79—95%.

Некоторые из возможных путей переработки пара-цимола приведены на схеме (рис. 1), из которой видно, что наиболее перспективное направление использования пара-цимола — окисление его до пара-крезола и терефталевой кислоты. Так, инициируемое окисление пара-цимола кислородом воздуха приводит к образованию третичной гидроперекиси пара-цимола [13]; кислотное разложение последней дает почти количественный выход пара-крезола и ацетона [11], [19], [20]. За рубежом получение пара-крезола из пара-цимола осуществляется в промышленном масштабе [11]. Как известно, пара-крезол широко используют в промышленности органического синтеза. Например, из пара-крезола получают ионол А (2,6-дитретичнобутил-4-метилфенол) — нетоксичную универсальную присадку к смазочным маслам, пищевым продуктам и полимерным материалам [1].

Алкилирование пара-крезола стиролом в присутствии катионита КУ-2 [5] приводит к образованию 2-(X-метилбензил)-4-метилфенола, из которого конденсацией с двухлористой серой можно получить антиозонант резин [8]. При этом одновременно образуется 2,6-ди(α-метилбензил)-4-метилфенол — стабилизатор в производстве полиэтилена высокого давления [6]. На базе пара-крезола можно получить специальные виды мало-растворимых смол [13] и крезидин — сырье синтезов азокрасителей [3].

При разложении третичной гидроперекиси пара-цимола в щелочной среде образуется пара-метилацетофенон, употребляемый в парфюмерной промышленности [12]. Восстановлением пара-метилацетофенона в метил-паратоллилкарбинол с дальнейшей дегидратацией последнего можно получить паравинилтолуол, применяемый в производстве пластических масс [10]. Восстановление третичной гидроперекиси пара-цимола сульфитом натрия приводит к количественному образованию диметилпара-толилкарбинола [2], который обладает хорошими смачивающими свойствами и в качестве флотореагента может заменить очищенное пихтовое масло [9].

При дегидратации диметилпаратоллилкарбинола над Al_2O_3 при 350° образуется пара-азопренилтолуол [16]. Каучуки на основе сополимера бутадиена с пара-изопренилтолуолом превосходят бутадиенстирольные по прочности на растяжение. Интересными свойствами обладают также сополимеры пара-изопренилтолуола с бутадиеном и сложными эфирами жирных кислот [17].

При аминировании пара-цимола получают аминцимол [7], являющийся хорошим антидетонатором. Продукты меркурирования пара-цимола [21] могут служить основой для получения некоторых бактерицидных препаратов [14]. Значительный интерес представляет окисление пара-цимола в терефталевую кислоту, применяемую в производстве

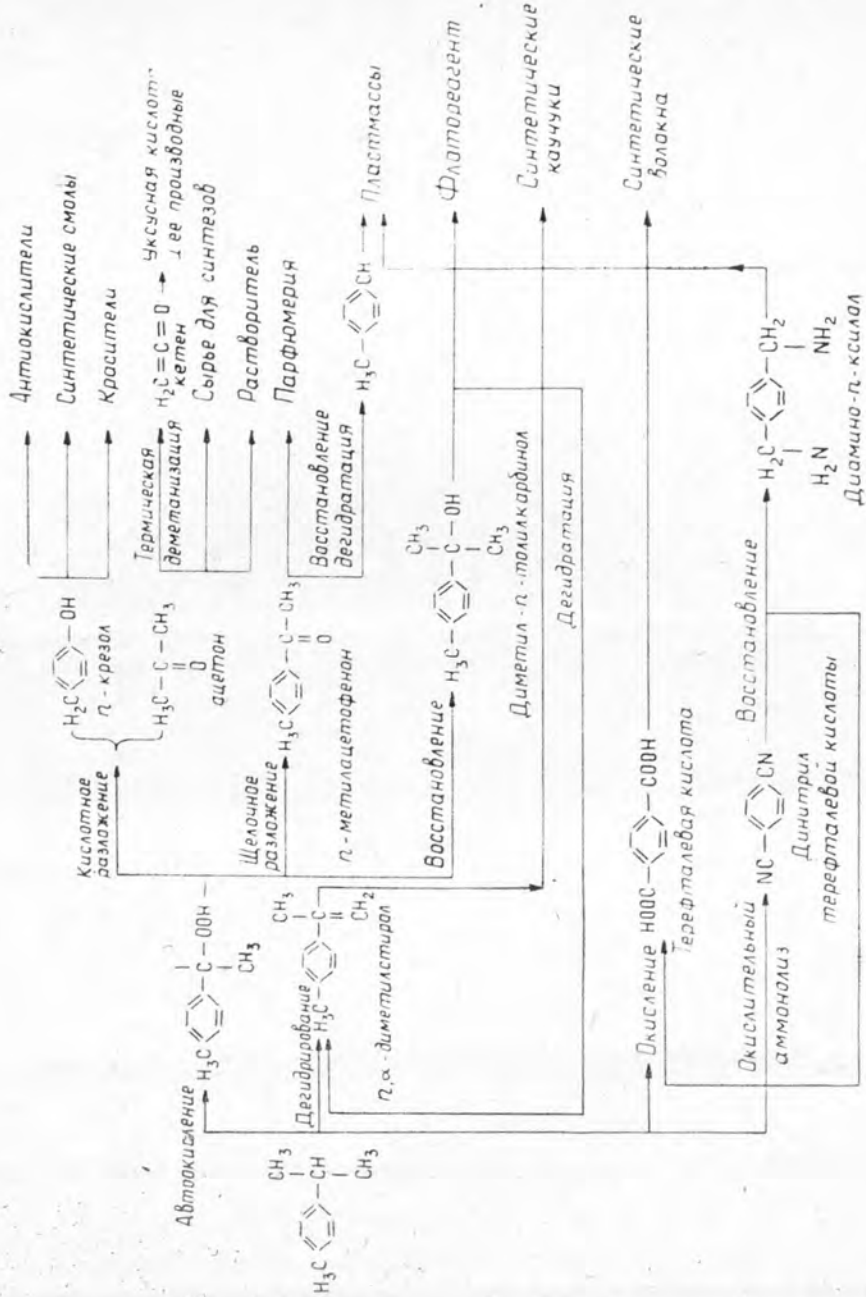


Рис. 1

синтетических волокон типа «найлон» и «дакрон». Терефталевую кислоту можно получить прямым окислением пара-цимола азотной кислотой [4], а также окислением пара-цимола в жидкой фазе при температурах 135—170°C в присутствии нафтенатов кобальта и марганца [15].

В СССР освоено производство терефталевой кислоты окислением пара-ксилола в жидкой фазе в присутствии 0,01%-ного катализатора (кобальтовые соли жирных кислот).

В связи с дефицитом пара-ксилола и повышенными требованиями к его качеству сотрудники Всесоюзного научно-исследовательского института полимеров и мономеров (ВНИИПМ) и Ленинградской лесотехнической академии провели опыты по произ-

водству терефталевой кислоты методом каталитического окисления пара-цимола, выделенного из скипидара-сырца Котласского ЦБК.

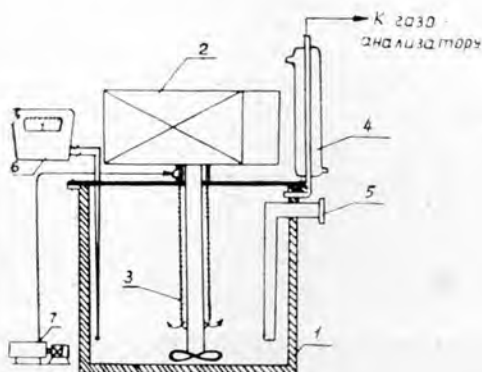
Предварительно нами была установлена принципиальная возможность получения терефталевой кислоты из пара-цимола Котласского ЦБК окислением азотной кислотой.

Экспериментальная часть

Образец пара-цимола, полученный на ЦБК, характеризовался следующими показателями: плотность при 20°C — 0,964 г/см³; показатель преломления 1,4830; кислотное число мг КОН/г вещества — 0,31; йодное число (по Гюбле) 4,64; температура кипения 170—188°C.

Рис. 2. Схема опытной установки по окислению пара-цимола в терефталевую кислоту.

1 — титановый реактор; 2 — электродвигатель с мешалкой; 3 — барботер воздуха; 4 — холодильник отходящих газов; 5 — пробоотборник; 6 — гальванометр с термопарой; 7 — компрессор для подачи воздуха.



Исследуемый образец пара-цимола был окислен на опытной установке ВНИИПиМа (рис. 2) в следующих условиях:

- 1) реактор — титановый стакан (объемом 500 мл) с пробоотборником и мешалкой;
- 2) растворитель — уксусная кислота (объемное соотношение цимол: уксусная кислота как 1:3);
- 3) катализатор — нафтенат или резинат кобальта (0,001—0,006 моль/л пара-цимола);
- 4) температура 150°C;
- 5) давление 20 атм;
- 6) расход воздуха (подается после достижения заданной температуры) 6—8 л/л реакционной массы;
- 7) время окисления 45—60 мин (конец реакции определяют по содержанию кислорода в отходящих газах).

Поскольку выход терефталевой кислоты из исходного пара-цимола не превышал 30%, производили дополнительную очистку пара-цимола методом ректификации на колонке длиной 1100 мм с числом теоретических тарелок, равным 20. Ректификацию проводили при атмосферном давлении и в вакууме (остаточное давление 3—4 мм рт. ст.), содержание пара-цимола в полученных фракциях определяли газохроматографическим методом.

Условия газохроматографического анализа фракций пара-цимола

1. Хроматограф — «Хром-2» (ЧССР).
2. Параметры хроматографической колонки: материал — нержавеющая сталь, длина 3 м, внутренний диаметр 6 мм, температура 120°C.
3. Детектор — пламенно-ионизационный.
4. Расход газа-носителя (азота) — 60 мл/мин.

Общий выход фракций пара-цимола (с содержанием основного продукта ~ 97%), полученных при вакуумной и атмосферной разгонках исходного образца, превышал 65%. При вакуумной разгонке удалялось основное количество одорантов, содержащихся в исходном пара-цимоле. По-видимому, указанные примеси отравляют катализатор, так как выход терефталевой кислоты из образца пара-цимола, полученного ректификацией при атмосферном давлении, составил 50%, в то время как окисление образца пара-цимола, полученного при вакуумной разгонке, дало выход кислоты 70%.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. И. Д. Афанасьев, П. Г. Гушанская, И. Е. Добкин, Л. Ф. Сычева. Сб. «Производство смазочных материалов», вып. IX, 3, 1962. [2]. А. В. Бондаренко, М. И. Фарберов, Н. А. Усачева. Журн. «Нефтехимия» № 6, 1966, 423. [3]. Н. Н. Воронцов. Основы синтеза промежуточных продуктов. М., 1950. [4]. М. Горяев, И. Плива. Методы исследования эфирных масел. Изд. АН КазССР. Алма-Ата, 1962, 395. [5]. Ф. М. Еждис, И. В. Коханова, В. Г. Сидоров, Т. А. Резникова. Журн. «Химическая промышленность» № 1, 1966. [6]. Е. Н. Матвеева, Н. А. Оболенцев, Н. П. Лазарева. Авторское свидетельство № 166135. «Бюллетень изобретений» № 21, 1964. [7]. Патент США 2643248, 1953. [8]. Патент США 2849517, 1958. [9]. В. А. Сидоров. Журн. «Химическая промышленность», 1963, 7, 1. [10]. В. А. Сидоров. Автореферат диссертации «Исследование процесса получения и некоторых превращений пара-цимолов». Л., 1964. [11]. В. В. Федорова, П. Г. Сергеев. ЖОХ. 28, 1958, 2547. [12]. Р. А. Фридман. «Парфюмерия», М., 1965, 465. [13]. Г. Д. Харлампович, А. В. Калечиц, Ю. В. Чуркин. Журн. «Химическая промышленность» № 1, 1968. [14]. T. Doumani, K. Kohe. Ind. Eng. Chem. 38, 1946, 248. [15]. Oma Repts. Govt. Chem. Ind. Res. Inst. Tokyo, 53, 1958, 10, 343. [16]. R. C. Palmer. Ind. Eng. Chem. 34, 1942, 1028. [17]. P. O. Powers. Ind. Eng. Chem. 38, 1946, 248. [18]. O. Routala, A. Pohyola. Pappers-Travarutid Finland, 1934, 289—294. [19]. G. Senseman, I. Stubbs. Ind. Eng. Chem. 25, 1933, 1286. [20]. G. S. Serif, G. Hunt. Canad. J. Chem. 31, 1953, 1229. [21]. I. Wewstrom, K. Kohe. J. Am. Chem. Soc. 57, 1935, 1640.
-

ЗА РУБЕЖОМ

УДК 632:061.3

ВОПРОСЫ РАЗРУШЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ
МАТЕРИАЛЫ 2-го МЕЖДУНАРОДНОГО КОНГРЕССА
ПО ПАТОЛОГИИ РАСТЕНИЙ

Ю. В. СИНАДСКИЙ*

Главный ботанический сад АН СССР

В Миннесотском университете г. Миннеаполис 5—12 сентября 1973 г. проходил 2-й Международный конгресс по патологии растений. Лесная тематика на нем была представлена секциями патологии леса и разрушения древесины. На конгрессе присутствовало 2300 специалистов фитопатологов из 60 стран.

На секции по разрушению древесины рассматривались вопросы: гниения древесины, микроморфологии бактериальной атаки, экономической значимости бактерий в гниении древесины, гниения химически обработанного дерева, различий в устойчивости против гниения у деревьев четырех родов (*Eucalyptus*, *Anadenanthera*, *Platypodium* и *Piptadenia*) в юго-восточной Бразилии, деградации ароматических соединений у *Aspergillus*, *Penicillium*, *Neurospora*, *Schizophyllum* и полисахаридного распада энзим, встречаемости и функций энзим в процессе гниения древесины, антагонистических и синергетических эффектов в биологической борьбе с гниением древесины. Всего на секции было сделано 18 докладов.

А. Л. Сигхо (США) остановился на вопросах биологии гниения и качества древесины. Разработана модель процесса гниения. Моделируемый процесс разделяется на три основные стадии: реакция дерева на повреждение, вторжение первых микроорганизмов и распад мертвых клеток. Бактерии и негигиенические грибы обычно первыми вторгаются в рану, затем идет поражение гигиеническими грибами, продолжающееся до полного распада мертвых клеток. После начала инвазии патогенов вокруг пораженных тканей образуется физиологический защитный барьер, учитываемый в модели как перегородка, разделяющая системы с параллельно протекающими явлениями. По мере отмирания тканей, их обесцвечивания и распада возрастает значение рН, влажности и концентрации подвижных катионов. При возрастании концентрации последних электрическое сопротивление древесины импульсному току падает. Поскольку многие дефекты древесных продуктов, обусловленные обесцвечиванием и распадом древесины, возникают еще в живом дереве, указанная схема позволяет определять качество древесины на различных стадиях ее обработки и различать ядровую древесину от обесцвеченной.

Ферментативный механизм деградации целлюлозы, вызываемый грибом *Chrysosporium lignorum*, рассмотрен в докладе К. Э. Эриксона и др. (Швеция). Авторами были исследованы внеклеточные ферменты, используемые грибом *Ch. lignorum* для разложения целлюлозы. Были изолированы и очищены пять C_x -ферментов эндо-бета-глюканаза (и один C_1 -фермент экзобета-глюканаза). Были определены константы Михаэлиса — Ментена и коэффициенты обмена для C_x -ферментов. Исследован эффект совместного действия различных C_x -ферментов и C_1 -фермента. Конечными продуктами целлюлозы, когда она представляет собой единственный источник углерода, являются целлюлоза и глюкоза. Однако если гриб растет на питательной среде, со-

* В составе группы советских ученых автор принял участие в работе Конгресса, в частности, в заседаниях секций разрушения древесины и патологии леса.

держашей как лигнин, так и целлюлозу, продукты деградации совершенно иные. В присутствии лигнина образуются также кислые продукты деградации целлюлозы. Открыт новый фермент оксидоредуктаза, восстанавливающий хиноны в присутствии целлюлозы. Оксидоредуктаза с ферментом, вызывающим превращения в лактоны, обеспечивает превращение целлюлозы в целлобионовую кислоту.

Дж. А. Байчер (Новая Зеландия) доложил о развитии в древесине колоний грибов, вызывающих мягкую гниль. Исследовали развитие колоний грибов на мезге сосны величественной и *Liquidambar styraciflua*, которые подвергались естественному и искусственному заражению. При этом синтетические почвы (промытый кислотой песок с добавкой макро- и микроэлементов и витаминов), зараженные чистыми культурами, оказались наиболее эффективными носителями гриба, вызывающего мягкую гниль. Докладчик объяснил различия в характере поражения мягкой гнилью разных древесных пород в разных условиях. Влияние состояния питательных веществ, в особенности азота, было исследовано методом «погребения в почву». Было высказано предположение, что при наличии соответствующих физических условий и факторов питания скорость гниения мягких древесных пород может возрасти настолько, что станет возможным использовать чистые культуры грибов, вызывающих мягкую гниль, для проверки эффективности средств консервации древесины.

Последовательность инвазии микроорганизмов в процессе гниения древесины рассмотрена А. Каариком (Швеция). Вторжение микроорганизмов начинается сразу же, как только поверхность древесины оказывается открытой. Первичная колонизация микроорганизмов зависит от условий, в которых находится незащищенная древесина, и от предшествующего воздействия таких факторов, как повреждение насекомыми, пожаром, механические воздействия и влияние метеорологических факторов. Вторжение других микроорганизмов и его последовательность в существенной мере определяются окружающими условиями (изменение влажности, температура, pH, факторы питания), а также взаимодействием различных микроорганизмов. Наиболее существенное значение имеет процесс старения, который приводит к различной последовательности в заселении микроорганизмами сухостоя, пиломатериалов, пульпы, пней, столбов и порубочных остатков, находящихся в контакте с почвой. Автор приводит примеры последовательности для разных видов древесины. Общим свойством всех видов древесины является ранняя колонизация различными грибами, не вызывающими гниения. Грибы, которые вызывают наиболее быстрое гниение, появляются уже на последних стадиях этой последовательности.

Вопросам гнилостойкости древесины в естественных условиях посвящен доклад Е. У. Б. да Коста (Австралия). Он отмечает, что гнилостойкость разных видов древесных пород определяется природой токсических экстрактивных веществ и их количеством в ядровой древесине, хотя плотность и способность впитывать воду также имеют важное значение. Показано, что варибельность гнилостойкости для различных образцов древесины одной и той же породы связана с возрастом дерева, скоростью отложения элементов древесины, временем, прошедшим с момента образования ядровой древесины, а также удельным весом дерева. Наличие «ювенильной» ядровой древесины, более склонной к гниению, в молодых деревьях, в особенности у различных видов эвкалиптов, может повысить вероятность загнивания живой ядровой древесины даже у очень молодых деревьев, используемых для изготовления древесной пульпы. Варибельность, связанная с генетическими факторами, также важна. Гнилостойкость древесины в условиях контакта с землей в настоящее время имеет менее важное значение, чем в подземных применениях. К числу областей, в которых необходимы дальнейшие исследования, автор относит: методы предсказания гнилостойкости в условиях использования над поверхностью земли; степень и причины гнилостойкости древесных пород, образующих влажные тропические леса; сравнение экологических, микроморфологических и химических характеристик гниения гнилостойких пород в соответствии с характеристиками пород, подверженных гниению; распространенность в молодых деревьях «ювенильной» ядровой древесины, более склонной к гниению, и возможности борьбы с этим явлением с помощью генетических и лесоводственных методов.

Т. К. Кирк (США) в своем докладе остановился на химических изменениях, вызываемых микроорганизмами в лигнине и родственных ему соединениях. Лигнин в древесине полностью деградирует под действием грибов, образующих белую гниль, тогда как грибы, вызывающие бурую и мягкую гниль, его модифицируют. Некоторые бактерии и грибы поражают лигнин в тонко измельченной древесине и других сочетаниях лигнина с целлюлозой, однако нет данных о том, могут ли они заметно воздействовать на лигнин в неповрежденной древесине. Физические и химические исследования деградированного лигнина, выделенного из сгнивших деревьев, позволили выяснить некоторые эффекты действия грибов, вызывающих бурую и белую гниль, тогда как лигнин из деревьев, пораженных мягкой гнилью, не исследовался. Грибы белой и бурой гнили вызывают сходные изменения в древесине (в основном окислительные процессы). Но при бурой гнили процесс деградации не завершается полностью. Более сильное действие гриба белой гнили, возможно, связано с секрецией оксигеназ, вызывающих расщепление основных циклических структурных элементов.

Катаболизм лигнина под действием гриба белой гнили был исследован в культурах на ароматических соединениях малого молекулярного веса, родственных структурным элементам лигнина.

Микроморфологию гниения древесины, обработанной консервирующими средствами, рассматривает А. Ф. Брейвери (Англия). Исследования с чистыми культурами *Coniophora cerebella*, *Polystictum versicolor*, *Chaetomium globosum* показали, что основные особенности колонизации микроорганизмами мезги бука, березы и сосны обыкновенной, не обработанной консервирующими средствами, обнаруживают большое сходство. Все грибы быстро прорастали через наиболее крупные полости в древесине, а также и через лучевые ткани при отсутствии отложений танина в последних. Именно эти ткани являются основным путем проникновения в древесину и основным местом отложения консервирующих средств. Эффект таких средств, как окись трибутилолова, нафтенат меди и пентахлорфенол, состоит в том, что они задерживают начало колонизации древесины микроорганизмами и замедляют непрерывную инвазию микроорганизмов, когда она уже началась. С помощью сканирующего и трансмиссионного электронного микроскопа получена четкая картина распада стенок клеток под действием грибов, вызывающих бурую, белую и мягкую гниль. Наличие отложений консервирующих средств не сказывается заметно на характере распада стенок. Было обнаружено, что внеклеточные ферменты, выделяемые грибом *P. versicolor*, при некоторых концентрациях препарата ТВТО могут удалить его отложения, не утрачивая в дальнейшем своей внеклеточно биологической активности. Разрушение содержимого гиф при более высоких концентрациях консерватора свидетельствует о произвольном поглощении летальных доз консервирующего агента, перешедшего в растворимое состояние.

ИЗ ЖИЗНИ ВУЗОВ

УДК 378

50 ЛЕТ ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРОВ-ЭКОНОМИСТОВ

И. С. ПРОХОРЧУК

Ленинградская лесотехническая академия

Излагаются вопросы организации и развития инженерно-экономического факультета Ленинградской лесотехнической академии. Приводятся данные, характеризующие выпуски инженеров-экономистов, и те изменения, которые произошли на факультете за 50 лет.

Подготовка инженеров-экономистов для лесного хозяйства, лесозаготовительной и лесоперерабатывающей промышленности СССР была начата в Ленинграде, в Лесном институте (Лесотехнической академии). 23 октября 1924 г. Главпрофобром Наркомпроса РСФСР, в ведении которого находился в то время Лесной институт, было дано указание приступить к подготовке лесозаготовителей. На этом основании осенью 1924 г. на первом курсе лесохозяйственного отделения был организован лесозаготовительный цикл для одной учебной группы. Осенью 1925 г. лесозаготовительный цикл был перестроен в лесозаготовительное отделение, которое в марте 1930 г. было развернуто в лесозаготовительный факультет, преобразованный в 1935 г. в инженерно-экономический.

В первые годы подготовка лесозаготовителей проводилась без деления на специальности; последние стали выделяться лишь с начала 30-х годов. По мере расширения профиля факультета, создания новых специальностей, непрерывно увеличивался и контингент студентов.

По состоянию на 1 января 1974 г. по всем видам обучения и специальностям на факультете числилось 1839 студентов, в то время как в 1940 г. — 382. В первые годы существования факультета прием составлял 25—30 человек, а в последнее время — 325—350. Соответственно изменению приема менялся и выпуск. В 1927 г. теоретическую лесозаготовительную подготовку закончила первая группа в составе 7 человек (В. Н. Ничков, Г. Ф. Рыжков, А. Д. Гашев и др.). В дальнейшем выпуск значительно увеличился. До Великой Отечественной войны максимальный выпуск на факультете составлял 98 человек (1936 г.), а после войны — 413 (1971 г.). Со времени первого выпуска и по 1973 г. включительно, то есть за 44 выпускных года, инженерно-экономический факультет окончили 5043 человека, в том числе до войны — 817 и после войны — 4226.

Выпускники факультета работают в деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной, лесохимической, гидролизной, лесозаготовительной промышленности, лесном хозяйстве, в различных научных учреждениях и учебных заведениях страны.

Развитие факультета сопровождалось ростом научно-педагогических кадров, особенно специальных кафедр. В первые годы существования факультета штатных преподавателей было мало. В 1940 г. на инженерно-экономическом факультете числилось (без кафедр иностранных языков) 23 преподавателя, из них с учеными степенями 9 человек.

За годы войны и истекший послевоенный период в составе научно-педагогических кадров факультета произошли большие количественные и качественные изменения. Из всего числа преподавателей, работавших на факультете на 1 января 1941 г., в настоящее время продолжают работать только три человека.

На факультет пришло много новых молодых преподавателей, успешно выполняющих свои обязанности. Многие научные работники защитили диссертации, получили ученые степени и звания. Совету факультета было предоставлено право принимать к защите диссертации на степень кандидата экономических наук. Первая защита кандидатской диссертации на Совете инженерно-экономического факультета состоялась 27 мая 1939 г. С того времени и до февраля 1974 г. на Совете ИЭФ диссертации защитили 236 человек, из них: до Великой Отечественной войны — 18 и после войны — 218.

В настоящее время на специальных кафедрах факультета работают 50 преподавателей, из них 3 профессора, 28 доцентов и 19 преподавателей и ассистентов. Из этого количества преподавателей имеют ученую степень доктора экономических

наук — 3 человека, кандидата экономических наук — 35 (76% общего состава).

В формировании научно-педагогических кадров факультета большое значение имела аспирантура, организованная в 1930 г. Из выпускников лесозаготовительского факультета Академии и других вузов страны в 1930 г. была образована группа аспирантов-экономистов в количестве 15 человек. Часть из них вскоре была переведена на педагогическую и административно-хозяйственную работу. Поэтому из приема 1930 г. закончили обучение и защитили кандидатские диссертации в разные сроки немногие аспиранты. Впоследствии прием в аспирантуру производился ежегодно (кроме военного периода). Прошедших аспирантскую подготовку оставляли на педагогической работе в Академии или направляли в другие вузы и научно-исследовательские институты. Две трети преподавателей специальных кафедр факультета окончили аспирантуру, многие работают в других вузах и научных учреждениях страны (П. Л. Панасевич — Архангельский лесотехнический институт, С. Ф. Викулов — Белорусский технологический институт, А. П. Викулов — Ленинградский технологический институт целлюлозно-бумажной промышленности и др.). В настоящее время на факультете 39 аспирантов, в том числе на кафедре экономики и организации лесопромышленной промышленности — 20 и на кафедре экономики и организации лесозаготовительной промышленности и лесного хозяйства — 19. Из них 23 человека обучаются очно, 16 — заочно.

Подготовка инженеров-экономистов в Академии длительное время производилась только по очной системе. После Великой Отечественной войны было организовано также обучение без отрыва от производства: вечернее и заочное. В настоящее время подготовка ведется по двум специальностям: № 1719 и 1720 по дневной и заочной системе и № 1720 — по вечерней.

Все студенты изучают одинаковые дисциплины. Обучение ведется по учебным планам, которые утверждает Министерство высшего и среднего специального образования РСФСР. В направлении и характере подготовки лесозаготовителей произошли большие изменения. В конце 20-х — начале 30-х годов примерно $\frac{1}{4}$ учебного плана занимали лесохозяйственные науки (лесоводство, лесные культуры, лесная таксация и др.). После выделения экономического отделения из лесохозяйственного факультета и организации самостоятельного лесозаготовительского, а затем инженерно-экономического факультета, лесохозяйственная база была резко сокращена (с 23,4% в 1927 г. до 5,7% в 1974 г.) и одновременно усилена общетехническая и инженерная подготовка (с 17,6 до 33,3%). Изменилась также номенклатура учебных дисциплин. Многие предметы, входившие ранее в учебные планы (профдвижение, кооперация, государственное лесное хозяйство, промысловая охота и др.) в настоящее время на ИЭФ вообще не изучаются. Важное место заняли другие дисциплины: марксистско-ленинская философия, научный коммунизм, математическое программирование, математические методы планирования и управления и др. Изменилось направление и качество подготовки инженеров-экономистов.

За время существования факультета им выполнена значительная научная и учебно-методическая работа. Профессорско-преподавательским коллективом факультета исследованы многие вопросы деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной, лесозаготовительной промышленности и лесного хозяйства. Выполнены исследования, связанные с развитием и размещением, специализацией, кооперированием и комбинированием производства, типами и размерами лесозаготовительных предприятий, комплексным использованием низкосортной древесины и древесных отходов, техническим нормированием, научной организацией труда и управления и многими другими вопросами.

Разработка многих тем производится совместно с работниками промышленности. Кафедры факультета имеют многолетние связи с предприятиями, объединениями и научно-исследовательскими институтами. Результаты проведенных исследований и разработок опубликованы в виде многих учебников, учебных пособий, методических руководств, монографий и статей.

Большую роль в развитии инженерно-экономического факультета играли общественные и, прежде всего, партийные организации факультета и Академии, оказывая повседневное внимание нуждам факультета и кафедр.

НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

УДК 632.4

О ПРИЧИНАХ ОТМИРАНИЯ И МЕРАХ ОЗДОРОВЛЕНИЯ
ДУБРАВ В РСФСР*

Состоянию дубрав в европейской части РСФСР было посвящено состоявшееся в Воронеже совещание, в работах которого участвовало около 200 лесоводов, представителей министерств и областных управлений лесного хозяйства, научных работников исследовательских учреждений и вузов. Из доклада зам. минлесхоза РСФСР Б. А. Флерова явствовало, что «к настоящему времени в европейской части РСФСР общая площадь дубрав больных в различной степени составляет 215 тыс. га, из которых свыше 57% полностью отмерли». Тревогу вызывают дубравы в 30 областях, особенно Астраханской, Белгородской, Волгоградской, Ростовской, Саратовской, Тамбовской, Пензенской, Воронежской, Куйбышевской, Оренбургской. Отдельные случаи отмирания дубрав отмечались с 40-х годов прошлого столетия [15], но они не были столь значительными, как теперь. Засухи, особенно 1972 г., бесснежные суровые зимы 1966/69 гг. усугубили и без того тяжелое состояние дубрав.

Этиология отмирания дубрав в разных местах неодинакова, ее объяснение, вызвавшее обсуждение, оказалось противоречивым. Еще Л. С. Бородаевский [1] утверждал, что основной причиной усыхания дуба в Маяцком лесничестве являлась засуха и сопровождающие ее сушеи. Те же причины гибели дуба в Куликовском лесничестве Тульских засек выдвигал С. А. Самофал [12]. К. Н. Яковлев [19] объяснял гибель дуба утомлением корней, а А. С. Лагереv [6] — повышением уровня грунтовых вод.

Первые глубокие и всесторонние исследования А. И. Стратоновича и Е. П. Заборовского [14], подтвержденные рядом ценных работ И. М. Науменко [9], А. Т. Вакина [2], показали, что почвенно-грунтовые условия не могли явиться причиной массового отмирания дуба в Шиповом лесу; оно не могло быть также следствием структуры и происхождения дубовых насаждений. По их мнению, основная причина отмирания — вредители, болезни, климатические факторы, составившие непрерывные губительные звенья общей цепи. К. Б. Лосицкий [7], Н. В. Напалков [10], В. П. Крайнев [5] (по его и нашим 1942—1948 гг. исследованиям) первопричиной отмирания дубрав в Поволжье и Башкирии считали морозы и усилившие их действия нападения листогрызущих вредителей. А. В. Тюрин [16] гибель дуба в Шиповом лесу объяснял предшествовавшей суховершинностью (вследствие одряхления древостоя), а затем засухой и морозами. По В. Я. Частухину [17], в Воронежском заповеднике отмирание дуба вызвали опенок и морозы. Грибную этиологию гибели дубрав выдвинул А. Л. Щербин-Парфененко [18], позднее включив в число причин и найденные им сосудистые заболевания. То же писали Ю. Н. Иванченко [4] и И. И. Минкевич [8] по исследованиям в Савальском лесничестве, В. И. Потлайчук [11] — в Краснодарском крае, Молдавии и Ленинградской области, Р. Ю. Тарханова² — в Ленинградской и Горьковской областях. А. И. Воронцов [3] гибель дуба в Хоперском заповеднике объяснял периодическим резким падением уровня грунтовых вод, результатом преобразований атмосферы, обусловленных действием солнца. Известную роль, по его мнению, могли играть сосудистые заболевания, а в отдельных случаях и насекомые.

* Научно-техническое совещание «О мерах по улучшению состояния дубрав и других насаждений в европейской части РСФСР в связи с их усыханием», 11—13 сентября 1973 г.

М. П. Скрябин [13] влияние засух отвергает и объясняет отмирание вековыми колебаниями солнечной активности*. Б. М. Алимбек, М. Д. Данилов, А. К. Денисов и М. М. Михайлов¹ отмирание объясняют приисковыми рубками, проводившимися со времен Петра I. По мнению В. А. Горохова¹ и Д. И. Дерябина¹, периоды отмирания дубрав во времени тесно связаны с сильными морозами и инвазиями листогрызущих насекомых. В. С. Знаменский¹, П. А. Зубов¹, И. С. Аверкиев², А. В. Лобанов, А. А. Рожков¹, Крюкова², И. В. Тропин¹ решающее значение в отмирании придают листогрызущим вредителям. А. А. Молчанов¹, на основании разносторонних исследований Лаборатории лесоведения АН СССР в Теллермановском лесу, говорит: «...засушливые годы снижают прирост древостоев, способствуют увеличению численности насекомых, ускоряют их развитие и ослабляют устойчивость леса. Непарный шелкопряд, а за последнее время листовертки и другие листогрызущие понижают устойчивость дубрав и вызывают их усыхание». Ярким и убедительным было выступление заслуженного лесовода С. М. Науменко², говорившего об отмирании (до 60%) дубрав в Каляевском лесхозе. Причины отмирания сложные: суровые зимы, засухи. Но решающее значение принадлежит вредным насекомым, почти ежегодно пожирающим листву. Предпринимавшиеся меры борьбы с вредителями оказывались неэффективными. Ф. С. Кутеев¹, по наблюдениям в ряде областей, отмирание дубрав объясняет засухами, в отдельных случаях колебанием уровня грунтовых вод, неправильными рубками и массовыми размножениями вредителей и болезней. Е. С. Павловский² говорил о желательности более глубокого физиологического изучения и обоснования причин отмирания дубрав, Р. И. Дерюжкин² — об отсутствии координации в исследованиях причин отмирания лесов. По мнению И. В. Воронина, отмирание дубрав должно быть экономически учтено, экономика лучшим образом может объяснить, на каких почвах создавать дубравы. Он высказал предположение, не является ли причиной их гибели 5—6-кратная генерация. В Ростовской области, по утверждению Марченко², отмирание дубовых лесов идет из-за непригодности почв (солонцеватых), на которых они были созданы (дуб требует черноземов); вторая причина — сосудистые заболевания.

Автор этих строк¹, на основании исследований в Башкирии, Чувашии и ряде областей, считает, что этиология отмирания дубрав и во времени и в пространстве может быть различной, то есть наступать только от отдельно взятых причин: сильных зимних морозов, засух или от быстрого подтопления или понижения уровня грунтовых вод, от 2-кратной сплошной дефолиации листьев в кронах насекомыми, но чаще она проявляется полиэтиологически. Экстремальные метеорологические факторы снижают антиморезистентность деревьев, а листогрызущие насекомые дефолиацией крон, в свою очередь, физиологически ослабляют древостои и делают их менее морозо- и засухоустойчивыми. Там, где первичные вредители в годы, предшествовавшие суровым зимам или засухам, себя не проявляли, отмирания не было и нет в настоящее время (даже в пределах одного лесхоза или лесничества). Участники совещания в этом убедились во время экскурсии на пробные площади кафедры лесоводства в Учебно-опытном лесхозе ВЛТИ. По словам Д. Г. Гурьева², одна из явных причин отмирания дуба в Чувашии — сенокосение и пастьба скота. Отсутствие диагностики рубки свежезараженных деревьев вызывает большие затруднения у лесоводов. О противоречивости в интерпретациях отмирания дубрав в Теллермановском лесу говорил Быстрищев². Это вызвано тем, что систематических наблюдений за отмиранием здесь не велось, необходимо к исследованиям привлекать авторитетных специалистов. Д. Ф. Руднев¹ познакомил совещание с состоянием дубрав и мероприятиями по их оздоровлению на Украине. Интересными были доклады М. Н. Грищенко¹ на тему: «Лес и грунтовые воды», Е. И. Еньковой об улучшении дубрав лесокультурными методами и С. И. Костина¹ о влиянии метеорологических условий на состояние дубрав.

* Цифрой 1 отмечены фамилии авторов, чьи тезисы докладов опубликованы в сборнике «О мерах по улучшению состояния дубрав в европейской части РСФСР. К научно-техническому совещанию, август, 1973». Изд. Гослескомитета СССР, Милесхоза РСФСР и ВНИИЛМа, Пушкино, 1972. Цифрой 2 отмечены фамилии выступавших на совещании, чьи тезисы не были опубликованы.

В принятом решении совещания отмечено, что срочное приведение поврежденных древостоев в надлежащее санитарное состояние путем значительного увеличения объемов и улучшения выборочных и сплошных санитарных рубок, расчистка площадей с неликвидной древесиной, реконструкция малоценных насаждений и пр. — важнейшая задача специалистов лесного хозяйства. Необходимо проводить стационарные наблюдения за состоянием ослабленных лесов и принимать своевременные эффективные меры по их оздоровлению. При ведении хозяйства в дубравах следует временно руководствоваться (с учетом местных условий) рекомендациями, изложенными в Тезисах докладов совещания; стремиться к максимальной замене низкобонитетных порослевых насаждений более устойчивыми высокоствольными; форсировать работы по созданию постоянной лесосеменной базы дуба; в создаваемые культуры дуба вводить лившицу, ель и др.; более жестко контролировать пастбу скота в лесу и регулировать численность лосей; усилить изучение и борьбу с листогрызущими и стволовыми вредителями и болезнями, с вредителями желудей на семенных участках. Управлениям лесного хозяйства рекомендовано рассмотреть вопрос о переводе наиболее ценных массивных дубрав в леса первой группы и др. Совещание считает необходимым значительно расширить научные исследования причин ослабления жизнедеятельности и ухудшения состояния дубрав, разработать профилактические, по предупреждению депрессивных явлений в жизни леса, методы реабилитации состояния дубрав, приемы механизированного создания и ухода за культурами дуба, разработать более эффективные биологические и химические методы борьбы с вредителями и болезнями дуба.

ЛИТЕРАТУРА

11. Л. С. Бородаевский. Усыхание дуба в Маяцкой даче Маяцкого лесничества Харьковской губернии. «Лесной журнал», вып. 6, 1909. [2]. А. Т. Вакин. Фитопатологическое состояние дубрав Теллермановского леса. Труды Института леса, т. 16, М., 1954. [3]. А. И. Воронцов. Новая волна усыхания дуба. Вопросы защиты леса, научные труды МЛТИ, вып. 38, 1971. [4]. Ю. Н. Иванченко. О причинах усыхания дубовых насаждений Липецкой дачи Савальского лесничества. Труды ВИЗР, вып. 8, 1957. [5]. В. П. Крайнев. Дубравы Заволжья, их распределение и динамика изменений. Сб. «Дубравы СССР», т. 3, М., 1961. [6]. А. С. Лагерев. Усыхание пойменных лесов на юго-востоке. Журн. «Лесное хозяйство» № 11, 1939. [7]. К. Б. Лосяцкий. Дубравы северной лесостепи и зоны смешанных лесов. Сб. «Дубравы СССР», т. 2, М., 1949. [8]. И. И. Минкевич. К биологии возбудителя сосудистого микоза древесных пород. Научные записки высшей школы, серия биологические науки, № 2, 1965. [9]. И. М. Науменко. Дубравы Центральной лесостепи: их состояние и пути восстановления. Научные записки ВЛХИ, т. 9, 1946. [10]. И. В. Напалков. Дубравы Центральной лесостепи и Нижнего Поволжья. Сб. «Дубравы СССР», т. 3, М.—Л., 1951. [11]. В. И. Потлайчук. К биологии возбудителя, вызывающего усыхание дуба. Труды ВИЗР, вып. V, 1957. [12]. С. А. Самофал. О массовом усыхании дуба. Журн. «Лесное хозяйство» № 8, 1930. [13]. М. П. Скрябин. Дубовые леса и вековые циклы в природных условиях. Научные записки ВЛТИ, т. 20, 1960. [14]. А. И. Стратонович. Е. П. Заборовский. Причины усыхания Шипова леса. Труды и исследования по лесному хозяйству и лесной промышленности, вып. 9, 1931. [15]. И. С. Тургенев. Смерть. В кн. рассказов «Записки охотника», М., 1848. [16]. А. В. Тюрин. Дубравы водохранной зоны и способы их восстановления. Сб. «Дубравы СССР», М.—Л., т. 1, 1949. [17]. В. Я. Частухин. Усыхание дуба в Воронежской области и причины этого явления. Труды Воронежского государственного заповедника, вып. 3, Воронеж, 1949. [18]. А. Л. Щербин-Парфененко. Раковые и сосудистые болезни лиственных пород. М., 1953. [19]. К. Н. Яковлев. Состояние дубрав европейской части СССР. Сб. «Дубравы СССР», т. 1, М.—Л., 1949.

П. А. Положенцев.

Воронежский лесотехнический институт.

ЮБИЛЕИ

СЛАВНЫЙ ЮБИЛЕИ

21 февраля 1974 г. исполнилось 75 лет со дня рождения и полвека научно-педагогической и общественной деятельности заведующего кафедрой экономики и организации лесной промышленности и лесного хозяйства Сибирского технологического института доктора сельскохозяйственных наук, профессора Евгения Яковлевича Судачкова



Большой, славный путь пройден Евгением Яковлевичем. В 1918 г. девятнадцатилетним юношей вступил он в ряды КПСС. Участник гражданской войны, политработник Красной Армии и Флота, он активно занимался организацией комбедов. После демобилизации Евгений Яковлевич Судачков закончил Ленинградскую лесотехническую академию. С тех пор вся его деятельность направлена на развитие лесной науки, подготовку квалифицированных кадров.

Преподаватель Ленинградского лесного техникума, Лесотехнической академии, директор Муромцевского лесного техникума, начальник учебной части Воронежского лесотехнического института, управляющий Татарским лесхозтрестом, заместитель директора по научной работе Всесоюзного научно-исследовательского института лесного хозяйства, декан лесотехнического факультета Московского лесотехнического института, заведующий сектором экономики ВНИИЛМА, заведующий лабораторией экономики использования лесных ресурсов Института леса и древесины СО АН СССР, заведующий кафедрой СибТИ — вот вехи трудового пути Евгения Яковлевича.

В 1941 г. его трудовую деятельность прервала война. С первых месяцев он участвует в боях с фашистскими захватчиками, в изгнании их с советской земли и освобождении Румынии, Венгрии, Чехословакии.

В 1940 г. Евгений Яковлевич успешно защищает диссертацию на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук, а в 1958 г. — на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук.

Е. Я. Судачков разработал такие важные разделы лесной экономики, как интенсификация лесохозяйственного производства, способы измерения продукции лесного хозяйства и методы ее стоимостной оценки. Его рекомендации нашли применение в лесном хозяйстве, в том числе и за рубежом, являются неотъемлемой частью учебников по экономике лесного хозяйства для вузов и техникумов. Под руководством Евгения Яковлевича впервые в нашей стране были начаты исследования по экономике лесной промышленности и лесного хозяйства с применением математических методов и электроинно-вычислительной техники. Выявлению количественных взаимосвязей развития лесного хозяйства и экономических особенностей районов, учету фактора времени он уделяет самое серьезное внимание и в настоящее время.

Совместно с профессорами П. В. Васильевым, И. В. Ворониним, Г. П. Мотовиловым впервые в нашей стране им был подготовлен и издан учебник для вузов «Экономика лесного хозяйства СССР». Одна из замечательных печатных работ Евгения Яковлевича Судачкова — «Основные вопросы экономики лесного хозяйства». Трудно найти области лесной экономики, в которых не применялись бы результаты его исследований. Всего Евгением Яковлевичем опубликовано 63 печатные работы, ряд статей изданы и получили признание за рубежом.

Евгений Яковлевич является членом двух Ученых Советов. Под его руководством защитили кандидатские диссертации шесть человек, среди них и ученые зарубежных стран.

За проявленное мужество в Великой Отечественной войне и творческие успехи в научно-педагогической деятельности Евгений Яковлевич имеет девять правительственных наград.

Благодаря чуткому и внимательному отношению к своим подчиненным, ученикам, товарищам по работе, партийно-принципиальному отношению к решению вопросов развития лесного хозяйства нашей страны, Евгений Яковлевич Судачков снискал всеобщее признание и уважение.

Научные работники, специалисты лесного хозяйства, многочисленные ученики, друзья, поздравляя со славным юбилеем, желают Евгению Яковлевичу здоровья и дальнейшей плодотворной научно-педагогической деятельности, осуществления всех его творческих планов.

И. И. Трубников.

Сибирский технологический институт.

ПОЗДРАВЛЯЕМ ЮБИЛЯРА!

7 мая 1974 г. исполнилось 70 лет со дня рождения и 46 лет производственной, научной, педагогической и общественной деятельности доктора сельскохозяйственных наук, профессора Белорусского технологического института Николая Игнатьевича Костюкевича.

Николай Игнатьевич в 1928 г. окончил Горецкую сельскохозяйственную академию и получил звание ученого лесоведа. Трудовую деятельность он начинает в должности помощника таксатора, затем таксатора в Могилевском Облземууправлении. В 1930 г. Н. И. Костюкевич направляется в аспирантуру в БелНИИЛХ.

В 1934—1937 гг. Николай Игнатьевич стажировался при Ленинградской геофизической обсерватории, после чего направляется на работу в Белорусскую геофизическую обсерваторию заведующим отделом аэрологии.

После реорганизации обсерватории Николай Игнатьевич возвращается в БелНИИЛХ, где активно включается в изучение водоохранной и гидрологической роли лесов БССР. При его непосредственном участии создаются лесные опытные гидрометеостанции на территории Белоруссии.

В течение всего периода Великой Отечественной войны Н. И. Костюкевич находился в рядах Советской армии. После демобилизации Николай Игнатьевич с присущей ему энергией продолжает начатое перед войной изучение гидрологической роли лесов Полесья, занимая должность заведующего лабораторией лесной гидрологии и лесогидромелиорации Института леса АН БССР. По результатам исследований Николаю Игнатьевичу в 1949 г. присуждается ученая степень кандидата технических,



а в 1959 г. доктора сельскохозяйственных наук. В 1956 г. Николай Игнатьевич избирается по конкурсу в Белорусский технологический институт им. С. М. Кирова, где в течение 6 лет является деканом заочного факультета, а затем избирается заведующим кафедрой.

Впервые для студентов заочных факультетов вузов он издает методическое руководство и контрольные задания по лесной метеорологии, а в 1969 г. учебное пособие «Введение в лесную метеорологию».

Н. И. Костюкевичем написано более 100 научных работ. Под его руководством и при соавторстве двумя изданиями вышла научно-популярная книга «Охрана природы», удостоенная диплома I степени.

Кроме педагогической и научно-методической работы Николай Игнатьевич ведет большую общественную работу. Он является постоянным членом Ученых Советов Белорусского технологического института, Белорусского государственного университета, АН БССР.

За научные достижения Николай Игнатьевич трижды награжден медалями ВДНХ СССР. Многогранная деятельность, любовь к природе, личное обаяниенискали глубокое уважение Николаю Игнатьевичу среди студентов, научных работников, лесоводов республики и всех знающих его людей.

Пожелаем нашему юбиляру многих лет жизни, доброго здоровья и столь же неутомимой деятельности на благо нашей социалистической Родины.

**В. Е. Ермаков, В. С. Мирошников,
Н. К. Блинцов, О. А. Труль,
М. А. Егоренков, Д. В. Михнюк,
В. А. Садовский.**

Белорусский технологический институт.

СОДЕРЖАНИЕ

- И. М. Боховкин.* О некоторых вопросах дальнейшего совершенствования подготовки специалистов с высшим образованием 3

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

- И. С. Мелехов.* Лес как природная система 7
- В. П. Дадыкин, Л. П. Самсонова.* О возможных путях удлинения срока весенних лесопосадочных работ с помощью антитранспирантов 18
- С. А. Снежкова.* Анатомическая характеристика древесины некоторых кленов Приморья 23
- М. М. Михайлов.* Изменчивость и взаимосвязь таксационных показателей стволов в дубовом молодняке 27
- В. Н. Ермолаева, Г. А. Харитонов.* Влияние подготовки почвы на развитие травяного покрова на свежих нераскорчеванных вырубках 30
- А. И. Кутепов, В. Н. Винокуров.* К вопросу о разработке зональных поправочных коэффициентов к нормам расхода запасных частей для почвообрабатывающих машин 34

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

- Ю. В. Лобанов, П. Ф. Войтко, В. Г. Грудачев.* Оптимизация процесса отрыва плавающего груза от покоящейся жидкости 38
- Н. М. Белая, А. Г. Прохоренко.* К обоснованию величины запаса прочности несущих канатов подвесных лесотранспортных установок и канатных дорог 41
- А. И. Богосевич.* Учет влияния рельефа местности при размещении сети трелевочных волоков и лесовозных путей 47
- Г. К. Ленюк.* Определение параметров гасителей боковой качки лесовозного вагона 51

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

- А. А. Санников, Л. А. Шабалин.* К выбору параметров ременной передачи привода лесопильных рам 59
- Н. Н. Черемных.* Акустическая мощность двухэтажных лесопильных рам 62
- В. В. Гамов.* Учет структурно-механических свойств древесины при раскалывании и резании 66
- Е. М. Боровиков.* Влияние шага зубьев рамных пил на силы резания и отжима 71
- В. М. Хрулев, Р. И. Рыков.* Склеивание древесины, антипирированной кремнийорганическими полимерами 78
- Т. М. Шкиря.* Приближенный расчет динамических нагрузений цепного приводного станка 81
- Л. А. Бяльский.* Об определении показателей упругих и демпфирующих свойств прессованной древесины при статическом изгибе 86
- Т. А. Михальченко.* Регулирование упругих свойств фанеры 87
- Р. М. Мурзич, Л. И. Янговский.* Динамика механизма ориентированной укладки частиц МДП 92
- Т. К. Ефремова, В. А. Митусов.* К выбору аппаратуры для экспериментального определения основных параметров взрываемости древесной пыли 99

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

- Е. А. Писаревская, Р. К. Боярская, Ю. Н. Непенин.* Исследование углеводсульфоновых кислот, образующихся при бисульфитной варке холоцеллюлозы 104
- Н. Е. Цыбаков, В. Л. Колесников.* Математическая модель электрокинетического потенциала целлюлозных волокон при проклейке 110

<i>Н. Д. Бабилова, Б. Д. Богомолов, О. М. Соколов, Г. Г. Кочергина, Г. И. Попова, В. И. Удальцова.</i> Установление зависимости между молекулярным весом диоксанлигнина и его коэффициентом распределения при гель-фильтрации	112
<i>А. И. Головин, Э. И. Фейгус, С. И. Третьяков, А. И. Киприанов.</i> Кинетика выделения скипидара из щепы при обработке паром	116
<i>Г. Ф. Прокшин, К. Г. Боголицын.</i> Исследование процесса дегнификации при моносультитной варке полуцеллюлозы высокого выхода с применением метода УФ-спектроскопии	119
<i>В. В. Лапин, Е. Ф. Штрейс, Ю. А. Эльтеков.</i> Исследование влияния молекулярного веса катионных полимеров на фильтрацию целлюлозных волокнистых суспензий	124

КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

<i>В. Р. Фергин, Г. А. Олейник.</i> К вопросу о статистических моделях процессов лесопильного производства	127
<i>Н. Г. Штольцер.</i> Некоторые вопросы учета надежности при выборе принципов построения систем автоматического управления сортировками штучных материалов	131

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

<i>А. В. Пластинин.</i> Чистая продукция — показатель результата (эффекта) производства	136
<i>И. В. Беликова, Г. И. Дрокова.</i> О совершенствовании путей формирования и использования фонда развития производства	140
<i>Н. А. Бурдин, Б. П. Кознов.</i> О методах оценки фактической экономической эффективности новой техники	145

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

<i>Н. И. Репина.</i> Об изменении качества семян березы бородавчатой при хранении	150
<i>Н. М. Маскаев, Б. Н. Куракин.</i> Пути интенсификации процесса сушки шишек хвойных пород	151
<i>Т. Н. Келеберда.</i> Лиственница сибирская в степи и ее влияние на лесорастительные свойства почв	153
<i>М. О. Гумба.</i> Применение самолета Ан-2П для тушения низовых лесных пожаров	155
<i>Л. Т. Кондратьев, С. А. Монахов.</i> Влияние влажности гидролизного лигнина на физико-механические свойства лигнинонаполненных латексных изделий	157
<i>Е. М. Голубчик.</i> Полярнографическое определение ванилина	159
<i>Н. А. Иванов, В. Н. Пилякин, В. И. Овчинников, А. Т. Олейник.</i> Получение терефталевой кислоты из скипидара-сырца Котласского ЦБК	161

ЗА РУБЕЖОМ

<i>Ю. В. Синадский.</i> Вопросы разрушения древесины	165
--	-----

ИЗ ЖИЗНИ ВУЗОВ

<i>И. С. Прохорчук.</i> 50 лет подготовки инженеров-экономистов	168
---	-----

НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

<i>П. А. Положенцев.</i> О причинах отмирания и мерах оздоровления дубрав в РСФСР	170
---	-----

ЮБИЛЕН

<i>И. И. Трубников.</i> Славный юбилей	173
<i>В. Е. Ермаков, В. С. Мирошников, И. К. Блинов, О. А. Труль, М. А. Егоренков, Д. В. Михнюк, В. А. Садовский.</i> Поздравляем юбиляра!	174

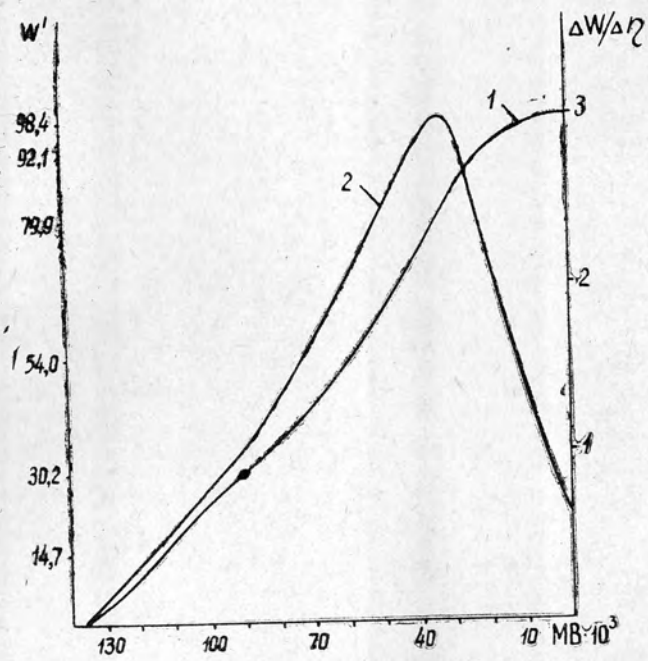


Рис. 1.

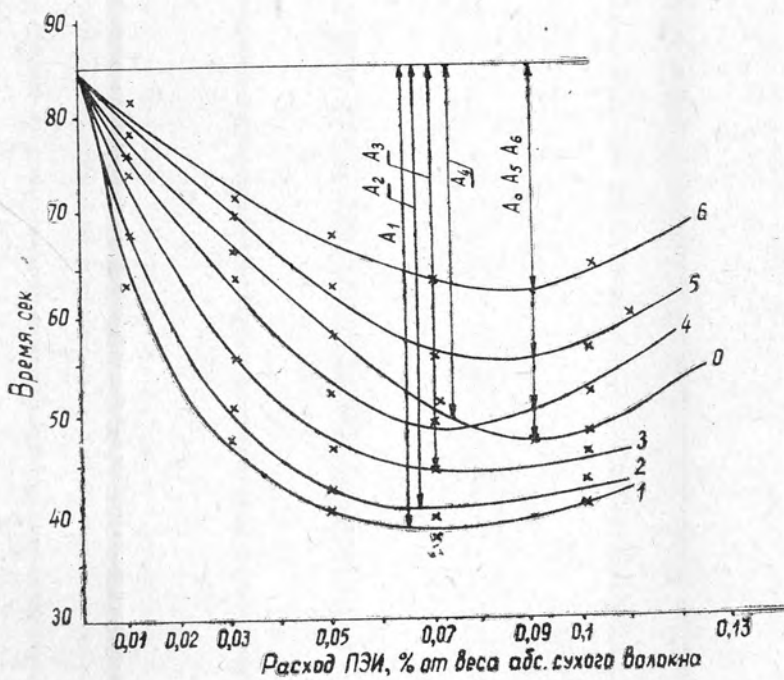
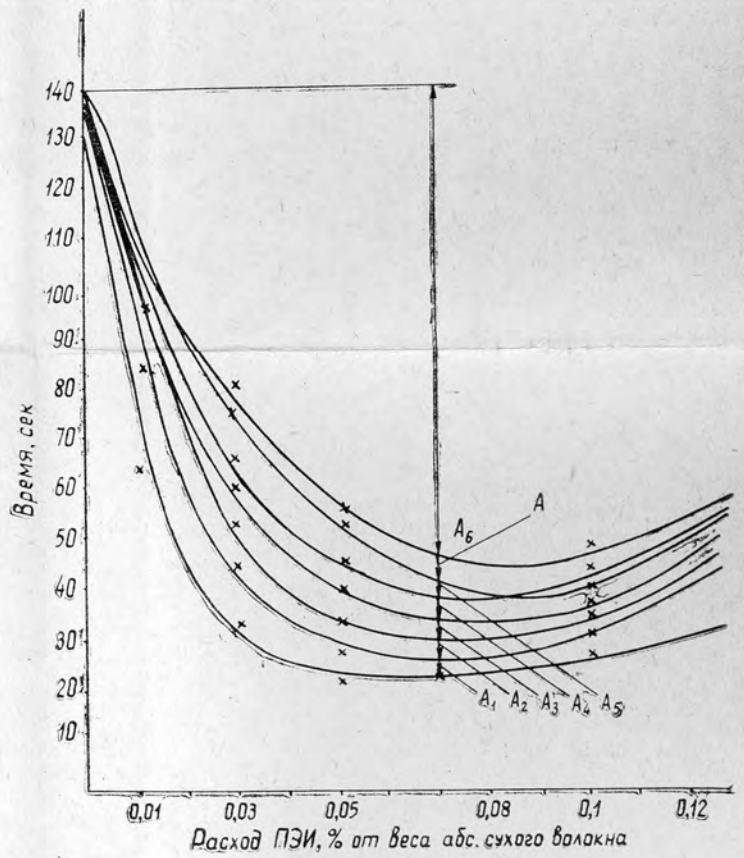
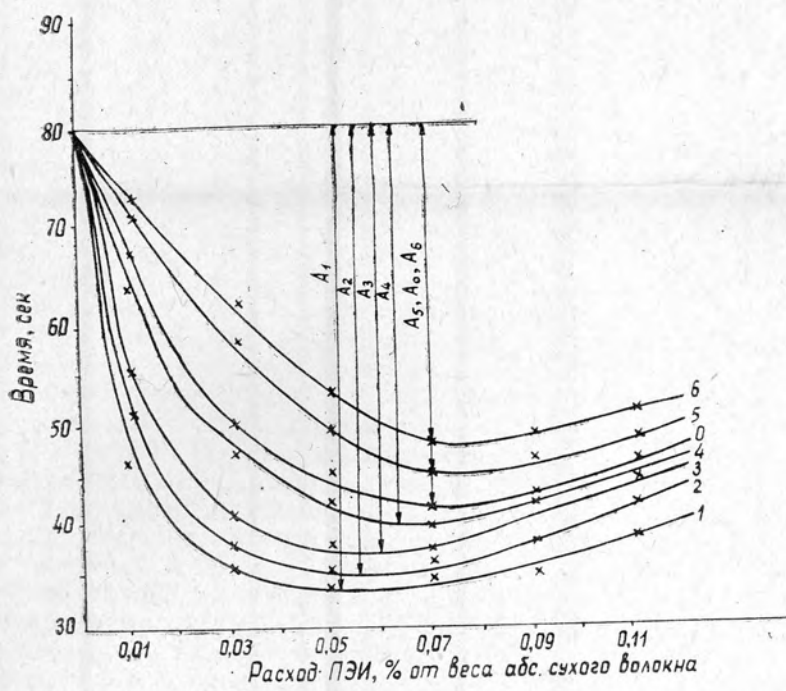


Рис. 2, а, б, в.
 1 — молекулярный вес фракции ПЭИ 130 000; 2 — 95 000; 3 = 50 000; 4 — 33 600;
 5 — 26 600; 6 — 8100; 0 — нефракционированный ПЭИ с $M_n = 63 000$.

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ
ЗАВЕДЕНИЙ

Лесной журнал

ГОД ИЗДАНИЯ СЕМНАДЦАТЫЙ

3

1974

БИБЛИОТЕКА
Архангельского
Лесотехнического
ИНСТИТУТА
им. В. В. Куйбышева

Цена 1 руб.

**Подписывайтесь
на журнал на 1974 г.**

**«ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ»
МИНИСТЕРСТВА ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
СССР**

Раздел

„ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ“

Индекс 70368

«Лесной журнал» выходит один раз в два месяца номерами по 15 печатных листов каждый. Подписная цена на год — 6 руб. Цена отдельного номера — 1 руб.

Подписка принимается органами «Союзпечати». В случае отказа в приеме подписка может быть оформлена через редакцию.

По заявке, направленной в редакцию, комплекты журналов и отдельные номера высылаются наложенным платежом.

Адрес редакции: 163007, Архангельск, 7, Набережная В. И. Ленина, 17, АЛТИ, «Лесной журнал».

05
ИЗБ2

ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ

3

1974