

05  
И-332

# ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ

4

---

1978

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

---

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ  
ЗАВЕДЕНИЙ

---

*Лесной журнал*

ГОД ИЗДАНИЯ ДВАДЦАТЬ ПЕРВЫЙ

4

1978

АРХАНГЕЛЬСК

## 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**, проф. **Ю. Г. Бутко**, доц. **П. И. Войчаль**, проф. **И. В. Воронин**, проф. **М. Л. Дворецкий**, доц. **Г. Л. Дранишников**, проф. **В. Г. Кочегаров**, проф. **Н. В. Маковский**, акад. ВАСХНИЛ, проф. **И. С. Мелехов**, доц. **Н. В. Никитин**, проф. **А. Н. Песоцкий**, доц. **А. Р. Родин**, проф. **Ю. Д. Силуков**, проф. **Н. И. Федоров**, проф. **В. В. Фефилов**, проф. **В. Н. Худогонов**, проф. **В. В. Щелкунов**.

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

---

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

© ИВУЗ, «Лесной журнал», 1978.

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

---

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ  
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 4  
(Год издания двадцать первый)

---

Сдан в набор 26/VI 1978 г. Подписан к печати 29/VIII 1978 г.  
Форм. бум. 70x102 1/16. Печ. л. 15.4. Физ. л. 11. Уч.-изд. л. 15.02.  
Сл. 00033. Тираж 2430 экз. Заказ 4775. Цена 1 руб.

---

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

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 634.0.2(092)

## ВЫДАЮЩИЙСЯ ДЕЯТЕЛЬ ЛЕСНОЙ НАУКИ

(к 100-летию со дня рождения М. Е. Ткаченко)

И. С. МЕЛЕХОВ

Московский лесотехнический институт

В ряду выдающихся деятелей лесной науки первой половины XX века одно из первых мест занимает профессор Михаил Елевферьевич Ткаченко. Он явился достойным преемником проф. Г. Ф. Морозова по кафедре лесоводства Лесного института в Петрограде. В течение всей второй четверти текущего столетия он был признанным лидером советского лесоводства, снискавшим мировую известность.

Михаил Елевферьевич Ткаченко родился 15 ноября 1878 г. в г. Валки, Харьковской губ., в семье агронома. Среднее образование получил в г. Умани в училище земледелия и садоводства, которое окончил в 1899 г. В том же году Михаил Елевферьевич поступил в Петербургский лесной институт и блестяще его окончил в 1904 г. В те годы в институте работали такие известные ученые, как И. П. Бородин (ботаника), Н. А. Холодковский (зоология), Г. А. Любославский (метеорология), М. Г. Кучеров (химия), М. М. Орлов (таксация и лесоустройство), начинал свою профессорскую деятельность (с 1902 г.) Г. Ф. Морозов. Одаренность М. Е. Ткаченко, его пытливый ум, начитанность уже в студенческие годы обращают на себя внимание, и его оставляют при институте в качестве «стипендиата высшего оклада» (в современном понятии аспиранта) для подготовки к научно-педагогической деятельности. Наиболее близкое участие в формировании молодого ученого и дальнейшем его продвижении принимал проф. М. М. Орлов, который был ближайшим учителем М. Е. Ткаченко. Ценил его и проф. Г. Ф. Морозов. По воспоминаниям Михаила Елевферьевича, делившегося с автором этих строк, однажды Ткаченко сделал доклад в студенческом лесоводственном научном кружке, руководимом Г. Ф. Морозовым; об этом докладе Георгий Федорович отзывался так: «Ваш доклад заменил мою лекцию». Руководителем М. Е. Ткаченко по изучению почв был проф. П. С. Коссович.

По завершении этапа научной подготовки М. Е. Ткаченко становится ассистентом Петербургского лесного института (1906—1908 гг.), а потом в течение ряда лет работает в Лесном специальном комитете лесного департамента сначала в должности старшего таксатора, а затем заведующего лесным бюро по открытиям и изобретениям.

С 1917 г. М. Е. Ткаченко становится руководителем Лесного отдела Сельскохозяйственного ученого комитета, преобразованного в дальнейшем в Государственный институт опытной агрономии. Вплоть до 1929 г. (с 1919 г. по совместительству) М. Е. Ткаченко проводит здесь большую работу по организации и развитию лесного опытного дела в стране, объединяет и возглавляет крупные научные силы (Л. А. Иванов, С. А. Яковлев и др.) и направляет их усилия в нужную для практики лесного дела область.

В 1919 г. М. Е. Ткаченко избирается по конкурсу профессором лесоводства в Петроградский лесной институт, преобразованный



Проф. М. Е. Ткаченко.

позднее в Лесотехническую академию. Здесь он сначала возглавляет кафедру частного лесоводства (1919—1921 гг.), а затем, после кончины Г. Ф. Морозова, кафедру общего лесоводства, которую занимал до конца жизни.

М. Е. Ткаченко был яркой фигурой в Академии, ее украшением и гордостью. В студенческой аудитории, на ученом совете, на кафедре и на экскурсии в лесу, на заседании научного студенческого кружка — всюду проявлялся его светлый ум, везде он находил нужное слово для освещения или решения того или иного вопроса.

М. Е. Ткаченко был постоянно связан с научно-исследовательскими организациями. В 1923 г. он избирается председателем Первой всесоюзной конференции по изучению производительных сил, затем возглавляет, до 1931 г., лесную секцию постоянной комиссии по изучению производи-

тельных сил страны при Академии наук СССР, в которую входили крупнейшие деятели нашей лесной науки.

В 1931—1932 гг. проф. Ткаченко заведовал лесоводственным сектором Всесоюзного научно-исследовательского института агролесомелиорации (ВНИАЛМИ), в дальнейшем участвовал в работах Центрального научно-исследовательского института лесного хозяйства (ЦНИИЛХ).

В годы Великой Отечественной войны Михаил Елевферьевич возглавлял объединенную кафедру лесоводства в Уральском лесотехническом институте. В этот период под его руководством были выполнены исследования по вопросам рационализации лесного хозяйства Урала и, в частности, имевшим важное оборонное значение заготовкам специальных сортиментов. В 1945 г. по возобновлении занятий в Лесотехнической академии проф. Ткаченко возвратился в Ленинград.

С 1944 г. по 1946 г. проф. Ткаченко руководил лабораторией лесоводства в Институте леса АН СССР. М. Е. Ткаченко состоял членом ученых и научно-технических советов ряда научно-исследовательских учреждений, главных управлений министерств. На всех всесоюзных лесных съездах, конференциях и совещаниях он выступал с докладами по основным вопросам лесоводства.

М. Е. Ткаченко прекрасно знал леса и лесное хозяйство страны; хорошо знакомы ему были и особенности лесного хозяйства зарубежных стран, и не только по книгам. Еще в начале своей научной деятельности Михаил Елевферьевич проявляет повышенный интерес к лесам Севера и едет в Архангельскую губернию (1907—1908 гг.) изучать их. Этот интерес к лесам Севера не был утрачен им до конца жизни. В среднерусских лесах (Орловская область) Михаил Елевферьевич вы-

полнил первую экспериментальную работу «О роли леса в почвообразовании». Эта работа и в настоящее время является объектом пристального внимания почвоведов и лесоводов; она породила различные подходы к установлению влияния леса на почву.

Шипов лес и Бузулукский бор, леса Ленинградской области и Марийской АССР, массивы Карелии и Урала, леса Вологодской области и Удмуртии, Краснодарского края и Калининградской области — все это места, где ступала нога лесовода М. Е. Ткаченко, все это объекты его пытливо-го взгляда, тонкого анализа.

В 1908—1909 гг. М. Е. Ткаченко побывал в лесах Германии, результатом чего явилась работа «Прусское лесное хозяйство и шелкопряд монашеская» (Спб., 1910 г.), обратившая на себя внимание энтомологов.

М. Е. Ткаченко был первым русским лесоводом, близко познакомившимся с лесами и лесным хозяйством США

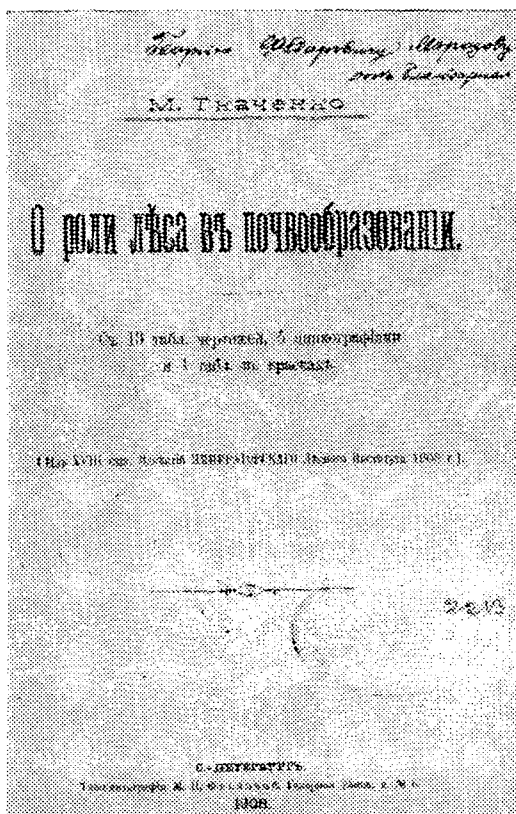
(1911—1912 гг.). В обстоятельном отчете М. Е. Ткаченко «Леса, лесное хозяйство и деревообрабатывающая промышленность США», опубликованном в 1914 г., дан глубокий анализ состояния американского лесного хозяйства.

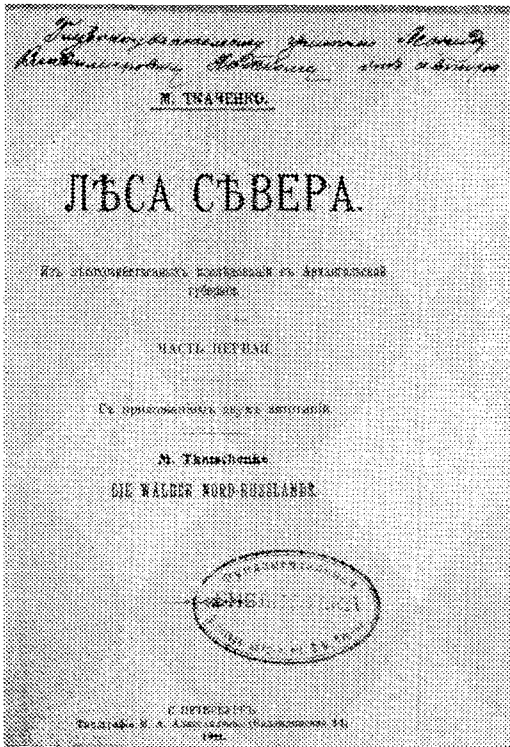
Научные заслуги М. Е. Ткаченко значительны. Огромна была его эрудиция, широк диапазон научных интересов. Он известен своими работами не только в области лесоводства, но и таксации, экономики и организации лесного хозяйства, почвоведения и др. Более 130 печатных работ, охватывающих различные отрасли лесной науки, оставил проф. М. Е. Ткаченко.

Им открыт закон объемов древесных стволов, устанавливающий строгую зависимость видовых чисел древесных стволов от коэффициентов формы. Этот закон послужил основой при составлении советских массовых таблиц.

Классический труд М. Е. Ткаченко «Леса Севера», опубликованный в 1911 г., и теперь не утратил своего большого научного значения. Этим трудом автор значительно продвинул изучение природы девственных лесов, особенно в отношении строения и происхождения одно-возрастных сосновых насаждений Севера.

М. Е. Ткаченко принадлежит первая попытка сопоставления лесопожарных годов с Брюкнеровскими сухими периодами, на основании непосредственного изучения в лесу (подчеркнуто нами — И. М.) при исследованиях в лесах Европейского Севера. Он пришел





к выводу, что «возникновение архангельских одновозрастных 165—170-летних насаждений произошло после сухого периода, длившегося около 20 лет, когда были более вероятны пожары». Автор думал завершить труд «Леса Севера» написанием второй части. К сожалению, реализовать это намерение ему не довелось.

Большое внимание уделял проф. М. Е. Ткаченко выявленную связи между лесом и внешней средой, особенно между лесом и почвой, лесом и климатом, лесом и фауной.

Для М. Е. Ткаченко особенно характерно то, что свои теоретические исследования он никогда не отрывал от практических задач. Недаром иногда он называл себя лесоводом-реалистом. Он смело брался за вопросы, казавшиеся сначала некоторым лесоводам не заслуживающими внимания науки. Так, Михаил Елевферьевич разработал научную теорию вопроса очистки

лесосек, бывшего до того в пренебрежении, и привлек внимание советских лесоводов к проблеме очистки лесосек, к ее научному разрешению.

Ярким отражением его большого интереса к практическим проблемам являются и работы по концентрированным рубкам. Он одним из первых поднял вопрос о взаимной связи методов лесоводства с методами лесозащиты.

Нельзя пройти мимо широких научных обобщений, сделанных проф. М. Е. Ткаченко, по таким важнейшим вопросам советского лесоводства, как проблема водоохранных лесов, разработка методов рубок в лесах различного народнохозяйственного значения и т. д.

По инициативе и под непосредственным руководством М. Е. Ткаченко начаты АН СССР лесогидрологические исследования, имеющие большое значение для практического использования гидрологической роли лесов в нашей стране.

М. Е. Ткаченко высказал и развил положение, что в различных географических регионах, а в пределах региона на разных почвах, в разных типах леса, в разное время года и т. д. влияние леса на влажность почвы, на уровень грунтовых вод неодинаково. Лес может не только понижать, но и повышать уровень грунтовых вод, или разница в уровнях в лесу и вне его колеблется в ряде случаев незначительно.

Это в дальнейшем было экспериментально подтверждено Г. Ф. Басовым, И. М. Лабунским, А. А. Молчановым, В. И. Рутковским, Н. А. Воронковым и другими советскими и зарубежными учеными.

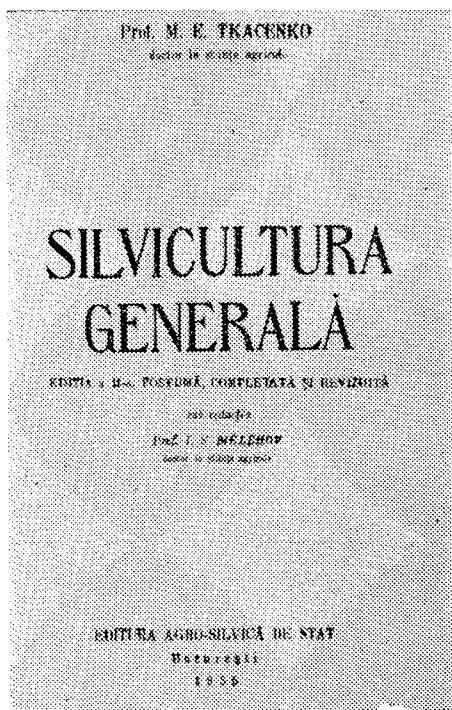
Трудно в короткой статье отразить научные идеи и мысли проф. М. Е. Ткаченко. В его трудах мы найдем и теоретические обоснования сплошных рубок в таежных лесах (например, в связи с одновозрастностью сосновых лесов), и интересные мысли о сочетании интересов сельского и лесного хозяйства, и научный анализ роли огня как фактора возобновления леса, и разработку путей практического использования этого фактора в лесном хозяйстве, и основанные на глубоком знании рекомендации введения определенных древесных пород в разные районы нашей страны и др.

Научные интересы проф. М. Е. Ткаченко во многом не совпадали с интересами его предшественника по кафедре проф. Г. Ф. Морозова. Так, хотя проф. Ткаченко и не занимался систематической разработкой теории типов леса, однако данное им в 1926 г. определение типа леса отличается оригинальностью и глубиной; в это определение он ввел, наряду с условиями местопроизрастания и общностью состава древостоя, также единство происхождения. Это — очень существенное дополнение, установившее важность генетического и исторического подхода к типу леса. Несомненной заслугой М. Е. Ткаченко является и глубокое понимание им многогранного практического значения типов леса, умение трезво подойти к использованию в лесном хозяйстве достижений современной типологии.

М. Е. Ткаченко был широкоэрудированным ученым. Владея английским и немецким языками, он внимательно следил за достижениями мировой лесоводственной науки; критически осмысливая, он творчески использовал их в педагогическом процессе, в научно-исследовательской и научно-практической работе.

В довоенные годы проф. М. Е. Ткаченко создал оригинальный курс «Общего лесоводства» (1939 г.), являющийся, с одной стороны, итогом многолетней научной деятельности автора, с другой, первым полным советским учебником лесоводства, охватывающим все основные разделы курса. Этот учебник представляет собой мировую сводку лесоводственных знаний. В нем нашли отражение различные аспекты лесного хозяйства многих зарубежных стран.

Незадолго до смерти проф. М. Е. Ткаченко подготовил второе издание этого капитального труда, переработанного им в соответствии с изменениями, происшедшими в лесобиологической науке и практике к концу 40-х годов. В этом издании (1952, 1955 гг.) представлен огромный материал, характеризующий достижения отечественной лесоводственной науки; в нем были широко отражены результаты научно-исследовательских работ лесных вузов, научно-исследовательских учреждений и отдельных ученых нашей страны; учебник пополнился новыми главами и разделами, которых не было в первом издании (глава «Сме-





ны состава лесов», раздел «Полезачитные лесные полосы в степях и фауна» и др.). Все это является большим достоинством книги. С другой стороны, в ней не обошлось, как и в других учебниках того времени, связанных с биологией, без спорных положений и утверждений в свете существовавших требований (вопросы внутривидовых отношений, использования зарубежного опыта и т. д.), дополняемых и субъективными мотивами, не зависящими от автора и редактора книги.

Труд М. Е. Ткаченко «Общее лесоводство» широко цитируется в зарубежных учебниках, переведен на румынский язык.

С огромным энтузиазмом встречал Михаил Елевферьевич постановления правительства, направленные на улучшение лесного хозяйства. Он глубоко понимал величие и грандиозность намечаемых планов, значение предстоящих работ в области лесоводства. Еще в 1927 г. в статье «Наше лесное хозяйство», помещенной в № 9 журнала «Пути сельского хозяйства», проф. М. Е. Ткаченко писал о необходимости общесоюзного планирования и регулирования лесного хозяйства, создания «авторитетного общесоюзного органа для живого и действенного регулирования всех основных вопросов лесного хозяйства в разных республиках СССР».

Проф. Ткаченко обладал большой силой научного критицизма, был строгим, разносторонним и смелым критиком.

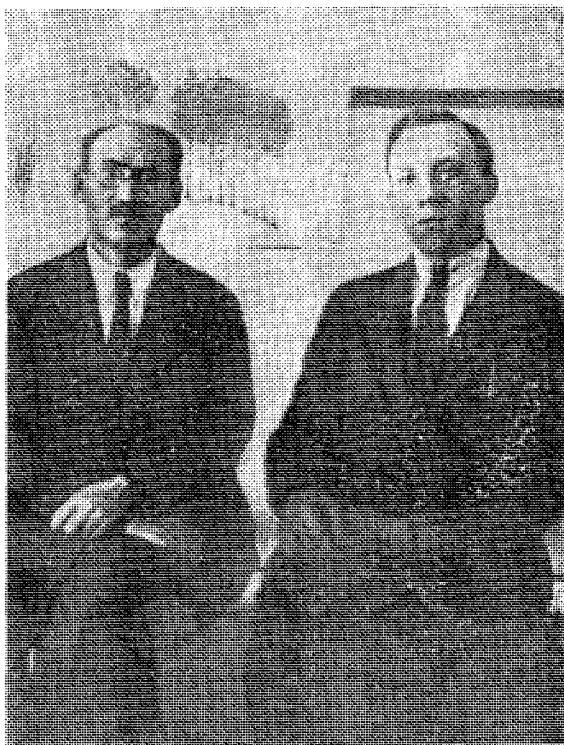
Основной лабораторией научного работника-лесоведа является лес. В этой лаборатории Михаил Елевферьевич много работал сам и от других требовал тесной связи с лесом. Он ценил тех работников, которые, как он говорил, «собирают материал в живом лесу, а не в коридорах учреждений».

Проф. Ткаченко всегда близко интересовали вопросы постановки высшего лесохозяйственного образования, его улучшения и развития; им он не только посвятил ряд интересных статей и докладов, но и практически разрешал их; он дважды был деканом лесохозяйственного факультета Лесотехнической академии, помогал периферийным вузам, куда выезжал с лекциями. Большую помощь М. Е. Ткаченко оказывал Архангельскому лесотехническому институту, Лесохозяйственному институту в Киеве в период их становления.

Михаил Елевферьевич был выдающимся лектором и докладчиком. Его доклады отличались оригинальностью, поражали широтой охвата материала, яркостью образов, меткостью характеристик и всегда привлекали большую аудиторию.

Своими лекциями проф. Ткаченко прививал слушателям любовь к лесохозяйственной специальности, вызывал горячее желание принести пользу Родине на «ниве лесной». Яркой и волнующей бывала его вступительная лекция, которую он читал абитуриентам, только что переступившим порог старейшего лесного вуза нашей страны. В ней Михаил Елевферьевич раскрывал значение и особенности профессии лесоведа, и, что очень характерно, привлекал к ней молодежь не красивыми посулами и обещаниями легкой дороги, а, наоборот, трудностями, терниями лесной специальности и в связи с этим говорил о ее благородстве, бескорыстии, о большом значении ее для нашей страны, для народа. После этой лекции обычно многие абитуриенты стремились пойти на лесохозяйственный факультет, даже те, которые первоначально не имели намерения поступать на этот факультет. Именно такая лекция М. Е. Ткаченко определила в 1925 г. судьбу автора этих строк.

Серьезное значение придавал М. Е. Ткаченко обучению студентов в самом лесу. Руководимые им экскурсии всегда проходили с большим



Проф. М. Е. Ткаченко  
и ассистент И. С. Мелехов. АЛТИ, 1931 г.

успехом. Здесь особенно ярко проявлялось счастливое сочетание его черт педагога и глубокого знатока леса. Большое внимание уделял Михаил Елевферьевич комплексным экскурсиям, в которых участвовали представители ряда кафедр лесохозяйственного факультета.

Проф. М. Е. Ткаченко всегда отличался повышенной требовательностью к себе, к своим сотрудникам и ученикам, к печатному слову, и это играло огромную положительную роль в научном формировании окружающей его молодежи. Под руководством Михаила Елевферьевича его сотрудниками и учениками было проведено много экспериментальных и экспедиционных исследований.

Тысячи лесоводов — его учеников — посвятили себя работе в лесном хозяйстве в различных частях страны; некоторые стали известными учеными.

В свое время К. А. Тимирязев считал своим долгом ученого «работать для науки и писать для народа, т. е. популярно». Этот долг, как нельзя более, понимал М. Е. Ткаченко, написавший немало популярных брошюр и статей по различным вопросам лесной науки, отличающихся доступностью изложения и богатством языка.

Многие выступления Михаила Елевферьевича, как устные, так и в печати, носили публицистический характер. Можно прямо сказать, что М. Е. Ткаченко был незаурядным лесоводом-публицистом.

М. Е. Ткаченко был кристально честным, прямолинейным человеком. Проф. Н. В. Третьяков, хорошо знавший Михаила Елевферьевича

еще со школьных лет, в своих воспоминаниях характеризует его следующим образом: «Вся его славная жизнь отличалась высокой принципиальностью; он не переносил научного карьеризма».

Михаил Елевферьевич был подлинным человеком науки. Как-то, еще в 30-х годах, в его присутствии в кругу молодых сотрудников зашел разговор об отношении к науке. Михаил Елевферьевич с обычной для него прямоотой просто сказал, что если бы ему предоставили выбор — сделать открытие, важное для науки, и на 10 лет раньше умереть, или не сделать открытия, но зато прожить на 10 лет дольше, то он, безусловно, выбрал бы первое. И этим словам нельзя не поверить. Вся его жизнь была подтверждением их.

Имея за плечами 70 лет, Михаил Елевферьевич выезжал в экспедиции по лесам страны, невзирая на неудобства и опасность для здоровья.

За свои научные заслуги проф. М. Е. Ткаченко отмечен правительственными и другими наградами.

М. Е. Ткаченко умер 25 декабря 1950 г. на 73-м году жизни. До конца своих дней он, не покладая рук, работал на благо Родины и лесной науки, проявляя кипучую энергию.

В течение полувека М. Е. Ткаченко был связан с Ленинградской лесотехнической академией, в которой учился, работал и закончил свой яркий жизненный путь. В парке Академии и похоронен Михаил Елевферьевич.

Годы не заслонили больших заслуг М. Е. Ткаченко перед наукой и практикой лесного хозяйства. Многие работы проф. М. Е. Ткаченко, приведенные в них положения, взгляды, мысли и факты не устарели и в наши дни. Его имя занимает достойное место в истории лесоводства.

Важнейшие этапы жизни и деятельности М. Е. Ткаченко отражены в следующих работах.

- [1]. Мелехов И. С. Михаил Елевферьевич Ткаченко (1878—1950). — В кн.: «Общее лесоводство». Изд. 2-е. М., 1952, 1955, с. 8—12. [2]. Мелехов И. С. Очерк развития науки о лесе в России. М., Изд-во АН СССР, 1957, с. 156—159. [3]. Овсянкин В. Н., Полубояринов И. И. Михаил Елевферьевич Ткаченко. — «Труды Института лесохозяйственных проблем». Рига, 1956, вып. 11. [4]. Правдин Л. Ф., Войчалъ П. И. Профессор Михаил Елевферьевич Ткаченко (к 90-летию со дня рождения). — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1969, № 1, с. 171—172. [5]. Правдин Л. Ф., Побединский А. В. М. Е. Ткаченко (1878—1950, к 90-летию со дня рождения). — «Лесоведение», 1968, № 6, с. 3—8. [6]. Третьяков Н. В. Профессор Михаил Елевферьевич Ткаченко. — «Труды ЛТА», 1950, № 68, с. 219—222. [7]. Шиманюк А. П. Славный юбилей. — «Лесное хозяйство», 1948, № 2, с. 62—63. [8]. Шишков И. И. Михаил Елевферьевич Ткаченко (1878—1950). — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1958, № 5, с. 169—172. [9]. Melchov I. Mihail Elevelerievici Tkacepko (1878—1950). — В кн.: М. Е. Ткаченко, *Silvicultura generala*. Bucuresti, 1955.

УДК 634.0.266

## ПОЛЕЗАЩИТНОЕ ЗНАЧЕНИЕ ЛЕСОМЕЛИОРАТИВНЫХ НАСАЖДЕНИЙ В УССР

В. А. БОДРОВ

Украинская сельскохозяйственная академия

Исследованы ветрозащитная эффективность узких лесных полос в зависимости от их высоты; запас продуктивной почвенной влаги в зоне 0—30Н; урожай озимой пшеницы в разных зонах. Начиная с шестого года после создания полос, они обеспечивают получение чистого дохода.

Зарождение лесной мелиорации связано с научной экспедицией В. В. Докучаева (1892—1908 гг.) по борьбе с засухой. Лесным отделом этой экспедиции руководил Г. Н. Высоцкий.

После Великой Октябрьской социалистической революции и восстановительного периода эти исследования были развернуты уже в широком государственном плане. В 1931 г. был организован Всесоюзный научно-исследовательский институт агролесомелиорации (ВНИАЛМИ), с сетью научно-исследовательских станций и республиканских институтов. Вскоре в учебные планы лесных и сельскохозяйственных вузов была введена уже сформировавшаяся к тому времени новая дисциплина агролесомелиорация, получившая затем название лесной мелиорации. Она объединила четыре раздела: полезащитные лесные полосы; борьба с эрозией почвы; закрепление и облесение песчаных земель; защита путей транспорта от снежных заносов.

В данной статье мы рассматриваем первые два основных раздела. Полезащитные лесные полосы имеют главную цель — борьбу с засухой, переносом снега и ветровой эрозией. Они создаются на полях с наиболее ровным рельефом, занимающих 2/3 сельскохозяйственных угодий. Остальная треть расположена на склонах крутизной 2—6°, где для борьбы с водной эрозией создают водорегулирующие лесные полосы.

### *Полезащитные лесные полосы*

Для оценки полезащитных свойств полос мы приняли следующие основные показатели: минимум занимаемой полосами площади (не более 3—3,5%) при ограниченной их ширине (8—10 м без закраек); суммарную ветрозащитную эффективность в зоне 0—30Н ( $H$  — средняя высота полосы, м) и прибавочную почвенную влагу за счет снегозадержания; суммарную экономию почвенной влаги (на испарении и транспирации) в зоне также 30Н; соответствие бонитета лесомелиоративных насаждений бонитету условий произрастания; прибавочную урожайность сельскохозяйственных культур, с определением срока самокупаемости и рентабельности.

Вредное влияние суховейных ветров на сельскохозяйственные культуры и вообще на растительность — общеизвестно. Повторяемость суховеев возрастает с января—февраля до июля—августа. Им наиболее подвержены поля в вегетационный период. Несмотря на сравнительно редкую повторяемость в марте и апреле, суховеи могут достигать в это время больших скоростей, с образованием черных бурь и выносом миллионов тонн наиболее плодородных верхних слоев почвы. Чрезвычайно сильные пыльные бури, захватившие ценные плодородные черноземные почвы УССР, Кубани и Северного Кавказа, были в 1921 и 1969 гг. Последние были исследованы экспедицией, организованной кафедрой лесной мелиорации Украинской сельскохозяйственной академии в период их активного вредоносного действия (И. Н. Сазонов, М. А. Штофель и др.).

Методика наших исследований предусматривала: определение ажурности и продуваемости лесных полос по вертикальному профилю и зависящую от них суммарную ветрозащитную эффективность в зоне 0—30H, в пунктах, соответствующих кривой затухания ветра как в облиственном, так и в безлистном состоянии; синхронность анемометрических наблюдений, проводимых при антициклонном типе погоды, с учетом скорости ветров, в основном суховеев и метелей; оценку увлажнения и плодородия почвы как на защищенном поле, так и под самими полосами; оценку прибавочного урожая и расчет экономической эффективности.

Изучение ветрозащитных свойств полос при скорости типичных суховеев 4—6 м/с на высоте 1 м показало, что на прилегающем к полосам поле ветер затухает сначала на расстояниях, пропорциональных их высоте, однако есть основание считать, что после достижения высоты 15 м этот процесс ускоряется. В целях повышения суммарной защитной эффективности лесных полос мы разработали их конструкции из дуба в смещении с быстрорастущими породами, позволяющие в наиболее ответственном молодом возрасте увеличить высоту на 3,5 м. Конструкции лесных полос в производстве определяются их шириной и ажурностью. Оба эти фактора тесно связаны с продуваемостью и суммарной ветрозащитной эффективностью. Чтобы облегчить производственникам оценку качества существующих полос, мы разделили их на четыре группы по соответствующим показателям средней ажурности и средней продуваемости по вертикальному профилю и соответствующей им суммарной ветрозащитной эффективности в зоне 0—30H (табл. 1). Следует иметь в виду, что большая плотность крон, при отсутствии подлеска и подроста, может дать сильный воздушный перепад и вызвать не только снижение суммарной ветрозащитной эффективности, но и привести к иссушению почвы под полосой и расстройству полос.

Таблица 1

Категория полос	Ажурность, %			Продуваемость, %			Суммарная защитная эффектив- ность, %
	в кронах	на высоте 1 м	средняя	в кронах	на высоте 1 м	средняя	
В облиственном состоянии							
1	0—10	0—20	7,5	30—50	30—40	38	30—45
2	20—40	20—40	30,0	50—60	40—60	53	20—25
3	50—69	50—70	>60	70—80	70—75	73	15—20
4	>60	>80	>70	>80	>80	>80	>15
В безлистном состоянии							
1	40—50	30—60	45	65—75	60—70	68	25—30
2	55—65	65—75	65	75—80	75—80	78	18—20
3	65—75	75—85	75	80—90	80—90	85	12—16
4	>75	>85	>75	>90	>90	>85	>12

По ажурности, определенной глазомерно, можно судить и о продуваемости, а также о суммарной ветрозащитной эффективности, предварительно получив краткий опыт работы с ручным анемометром. К 1-й категории относятся лесные полосы, по суммарной ветрозащитной эффективности приближающиеся к оптимальным; 2-ю следует оценивать как категорию с хорошими полосами. С ростом и развитием крон их ажурность может уменьшиться, и они могут перейти в 1-ю категорию. 3-я категория требует ремонта, пополнения и проведения борьбы с сорняками и задернением почвы. 4-я категория — брак, т. е. полосы, требующие капитального ремонта или раскорчевки, с последующим созданием новых по предварительно разработанному проекту.

Снижая скорость суховея, лесные полосы одновременно уменьшают и испарение и этим смягчают микроклимат. Лучшим показателем гидроклиматических условий является баланс влаги, установленный Г. Н. Высоцким по отношению осадков к испаряемости (с открытой водной поверхности). Нами предложена формула, полученная в результате экспериментальных исследований на полях с равнинным рельефом (0—2°), которая дает возможность оценить суховея по степени их вредности:

$$E = D(0,35 + 0,13v),$$

где  $E$  — суточная испаряемость, мм;  
 $D$  — дефицит влажности воздуха, мм;  
 $v$  — скорость ветра на высоте 1 м, м/с.

Исследованы лесные полосы шириной 8—10 м без закраек, близкие по ажурности, продуваемости и суммарной защитной эффективности к полосам 1-й категории; результаты приведены в табл. 2.

Таблица 2

Расстояние защищенного поля от полос	Снижение испарения воды, % при различной скорости суховея на высоте 1 м	
	3 м/с	5 м/с
0—5Н	35	50
0—10Н	30	45
0—15Н	25	40
0—20Н	22	36
0—25Н	19	22
0—30Н	17	20
0—35Н	15	25
0—40Н	14	24

Таблица 3

Место исследования	Высота снега, см	Запас воды в снеге, мм
Середина полосы	53	107
Восточная опушка	63	122
1Н	72	164
3Н	50	107
10Н	41	85
30Н	34	64
Середина поля	30	54

Такие же полосы нами были взяты и при исследованиях скорости суховея, снегоотложения, влажности почвы и урожайности.

В тесной связи с испаряемостью находится продуктивность транспирации. Агроклиматолог Г. Т. Селянинов считает, что испаряемость свыше 8 мм в сутки вредно отражается на растениях. Это положение подтверждено исследованиями Е. Я. Шеффер-Сафоновой в Тимашевском лесомелиоративном опытном участке Среднего Поволжья. В среднем продуктивность транспирации на защищенном полосами поле в зоне 0—30Н уменьшается от 10 до 30% в зависимости от погодных условий, т. е. она следует за уменьшением скорости ветра.

Так, при суховеях летом испаряемость уменьшается на 30%, а среднее суточное снижение в вегетационный период — на 20% (по нашим исследованиям). На столько же будет повышен и баланс влаги по Г. Н. Высоцкому. Эту цифру можно принять для оценки районов, близких по засушливости климата.

В тесной связи с балансом влаги находится продуктивная почвенная влага. Она зависит от количества снега, отложившегося в зоне 0—30Н полосы. В табл. 3 приведены результаты исследования высоты снежного покрова и запаса влаги, накопленной в снежную зиму 1971 г. на типичном поле с ровным рельефом в совхозе им. 9 Января Хорольского района Полтавской области (по данным нашего аспиранта Н. Ф. Радчука на 12.III).

Поле защищено лесной полосой, отнесенной по ветрозащитной эффективности к 1-й категории. Запаса воды в снеге в зоне 0—30Н оказалось на 30% больше, чем в середине поля. В полосе он больше

Таблица 4

Место исследования	Запас продуктивной почвенной влаги, мм					
	в 1971 г.			в 1972 г.		
	6.IV	21.VI	8.X	15.III	17.VI	12.X
Зона 0—30H полосы	128,5	80,5	94,3	118,2	3,9	57,7
Незащищенное поле	109,0	66,9	58,9	92,0	1,9	36,8

почти в 2 раза. Однако большая часть этой влаги испарилась и лишь незначительная использована сельскохозяйственными культурами, в особенности в открытом поле. Об этом говорит разница в увлажнении почвы в открытом поле и защищенном лесной полосой. Естественно, она остается в пользу последнего (табл. 4).

По климатическим условиям 1971 г. был относительно благоприятным, а 1972 — резко засушливым. Наше поле находилось в 1971 г. под паром, а в 1972 — под озимой пшеницей Одесская-51. Весной 1971 г. запас влаги в зоне 0—30H был на 19,5 мм, или на 19% больше, чем на открытом поле, а к 8.X разница увеличилась на 35,4 мм, или на 60%. Эта разница сложилась как за счет парования, так и уменьшения испарения в зоне 30H, т. е. в результате уменьшения скорости ветра. Вторая особенность 1972 г. — мягкость зимы. Оказалось, что влияние лесных полос на запас весенней влаги теперь стало больше, чем весной 1971 г. Оно возросло с 19 до 26%. Произошло парадоксальное явление. В 1971 г. весной увеличение продуктивной почвенной влаги под защитой полос произошло главным образом по причине снегозадержания, а в 1972 г. зима была мягкая, теплая, вода, поступающая в почву, открытую от снега, увлажнив ее, быстро испарялась. Лесные полосы уменьшали это испарение и к весне 1972 г. сэкономили влаги на 15,9 мм больше, чем весной 1971 г., несмотря на снегозадержание. Отсюда вытекает вывод, имеющий большое теоретическое и практическое значение: лесные полезащитные полосы проявляют высокую эффективность во всех засушливых районах, включая и те, где зимние температуры выше 0°. Это подтверждается не только увеличением почвенной влаги, но и повышением продуктивности транспирации, а в результате комплекса всех защитных свойств — повышением урожайности (табл. 5).

Таблица 5

Зона	Расстояние от полосы	Урожайность, ц	Прибавка урожая	
			ц	%
Лесостепная	Середина поля 0—30H	21,4	6,4	30
		27,8		
Степная	Середина поля 0—30H	21,0	6,9	33
		27,9		

Ценный экспериментальный материал получен научной экспедицией кафедры лесной мелиорации УСХА в период наиболее сильной пыльной бури 1969 г. (И. Н. Сазонов, М. А. Штофель, А. И. Пилипенко и др.). Буря охватила семь областей, скорость ветра превышала 20 м/с. Вред, причиненный полям, уменьшался пропорционально защищенности их лесными полосами.

На сохранение сельскохозяйственных культур в этот год лучшее влияние оказали лесные полосы 1-й категории. О влиянии на прибавку

Таблица 6

Колхоз	Урожай, ц	Прибавка урожая, ц	Толща наносной земли, см	Толща выдуваемой земли, см
Им. В. И. Ленина	$\frac{23}{13}$	10	$\frac{18-0,3}{-}$	$\frac{0-3}{1,2}$
Им. В. В. Куйбышева	$\frac{25}{13}$	12	$\frac{15-1}{-}$	$\frac{0-0,6}{1,2}$

Примечание. В числителе данные для полей под защитой лесных полос; в знаменателе — для открытого поля.

вочный урожай пшеницы можно судить по данным, приведенным в табл. 6. Они получены в 1969 г. при исследованиях урожайности пшеницы Безостая-1 в колхозе им. В. И. Ленина и колхозе им. В. В. Куйбышева Пологовского района Запорожской обл. (М. А. Штофель). Конструкции лесных полос 1-й категории. Из таблицы видим, что прибавка урожая составила 80—90%.

Следует отметить, что в полосах с сомкнутостью подлеска более 0,8 и ажурностью менее 20% бугры пыли даже в узких полосах достигали высоты 1 м и более.

### Водорегулирующие лесные полосы

Лесомелиоративные насаждения, создаваемые в целях борьбы с водной эрозией, можно разделить на две категории: полосы в гидрографической сети со склонами выше 6° и на пахотных землях с уклоном 2—6°. К первым относятся прибалочные и приовражные полосы, кольматирующие насаждения и др.; ко второй — водорегулирующие лесные полосы на сельскохозяйственных угодьях, расположенные поперек склона по горизонталям для защиты полей от водной и ветровой эрозии и суховеев. Работе этих полос посвящено много исследований, но до сих пор оставался не решенным вопрос об их ширине и конструкциях. Долгое время рекомендовались широкие лесные полосы в 40—50 м и более в расчете на то, что они, улучшая структуру почвы и повышая ее водопроницаемость, уменьшат сток, а с ним и эрозию почвы. Однако вследствие повышенной аэродинамической плотности, они не только не уменьшали эрозию, а вызывали ее, так как от таяния образовавшихся сугробов весной сток резко усиливался. Поэтому постепенно стали уменьшать ширину полос и в 1970 г. Инструкцией Министерства сельского хозяйства РСФСР она была снижена до 21 м. Но и эта ширина оказалась неприемлемой. Наконец, в 1973 г. Инструкцией Министерства сельского хозяйства СССР ширина водорегулирующих лесных полос была принята не свыше 15 м, как для обычных полевых защитных полос. Однако противозерозионная эффективность таких полос оставалась неизвестной.

Кафедрой лесной мелиорации УСХА были проведены исследования в целях разрешения этого важного вопроса. Объект был найден в зоне южных степей на типичном склоне крутизной 1,5—5° общей длиной около 1 км в колхозе им. Я. М. Свердлова Доманевского района Николаевской области. Поперек склона 20 лет назад была посажена полоса шириной 9—10 м без закраек, достигшая высоты 6 м, ее состав 5Я4А.б.1Кл.т., сомкнутость 0,8, подлесок средней густоты (1470 кустов на 1 га). На этом основном отрезке полосы и еще на двух были исследованы в трех вариантах ажурность, продуваемость и защитная эффективность и установлен лучший вариант (В. В. Лукиша).



Суммарная ветрозащитная эффективность обливенной полосы в зоне 0—30Н в период суховея, распространяющихся со скоростью 4—6 м/с на высоте 1 м, по сравнению с открытым полем, в лучшем варианте при ветре, дующем вверх по склону, составляет +34,5%, вниз по склону +41,3%. На открытом склоне разница была также в пользу ветра, дующего вниз по склону.

С ветрозащитными функциями водорегулирующих лесных полос тесно связаны снегозадержание, увеличение почвенной влаги и уменьшение жидкого и твердого стока (табл. 7).

Таблица 7

Место исследования	Продуктивная почвенная влага в однометровом слое, мм		Смыв почвы за 3 года	Намыв почвы за 3 года	Запас гумуса в однометровом слое	
	20.III.72 г.	7.VII.72 г.			в момент исследования	20 лет назад
			м <sup>3</sup> /га			
Вверх от лесной полосы, м						
300	93	3	—	—	280	282
100	109	0	0,12	0,03	259	
60	121	0	0,13	0,07	347	
20	133	1	0,07	0,18	324	
Лесная полоса	162	0	0	0	483	247
Вниз от лесной полосы, м						
20	124	0	0,61	0,11	318	
60	128	1	0,06	0,6	283	
100	112	3	0,03	0,03	239	
300	112	2	0,17	0,15	209	157

Ливневые воды причиняют еще больший вред, чем весенние талые. В. В. Лукиша установил, что ливень, давший 70 мм осадков, смыл с первого поля 65 м<sup>3</sup> почвы с 1 га, на полях, занятых пропашными культурами, — 21—48 м<sup>3</sup>, в поле под озимой пшеницей и ячменем — 2,6—5,4 м<sup>3</sup>. На полях же, защищенных лесными полосами, смыв почвы был меньше в среднем в 5 раз.

Механизм плоскостной эрозии почвы очень сложен. Он характерен чередованием процессов смыва и аккумуляции почвы. На него влияет не только крутизна склона, количество стекающей воды и степень ее мутности, но и наличие ложбин, гидравлическая шероховатость поля, связанная с агрофоном и степенью водопроницаемости почвы. В незащищенном лесными полосами поле смыв преобладает над намывом, в защищенном происходит обратное явление. Зона положительного влияния полос распространяется как вниз, так и вверх по склону (табл. 7). Вверх по склону она в среднем равна 8Н, а внизу — 17Н. Эта зона В. Т. Зайцевым справедливо названа почвозащитной тенью. Поскольку почвенное плодородие защищаемых полосами полей зависит также и от органических остатков прибавочного урожая и добавочной влаги, оно может быть оценено мощностью гумусового горизонта. Сравнивая запас гумуса в слое 0—100 см в открытом и защищенном полосами поле, мы ясно видим, что за 20 лет плодородие почв значительно возросло. В наибольшей степени оно увеличилось под самими полосами, что подтверждает и анализ хода их роста. Их бонитет, как и бонитет условий произрастания, повысился. Прибавочный урожай пшеницы Одесской-51 и Безостой-1 в зоне 0—30Н составил 6 ц при урожайности в незащищенном поле 24 ц, а в защищенном — 30 ц. Таким об-

разом, получено 25% прибавки. С ростом лесных полос усиливаются и их защитные функции.

Принимаются активные меры и по улучшению агротехнических приемов выращивания сельскохозяйственных культур. Поэтому есть основание предполагать, что в десятой пятилетке процессы эрозии могут быть сведены до минимума.

### Экономическая эффективность мелиоративных насаждений

Экономическая эффективность лесных полос рассчитывается на основе: защитной высоты их, с учетом возраста и ширины; площади сельскохозяйственных культур, защищаемых одним гектаром лесных полос; средней прибавки урожая в центнерах на 1 га защищенного поля; денежных затрат на создание 1 га полос, их содержание и охрану, определения недополученного дохода от занятой полосами земли; чистого дохода и рентабельности с учетом возраста полос.

Нашими исследованиями подтверждено положение о том, что прибавочный урожай на защищенном лесными полосами поле находится в прямой зависимости от их высоты (А. А. Сенкевич и др.). Это справедливо для быстрорастущих пород, но, к сожалению, они недолговечны. Возникла идея смешения их с долговечной и ценной породой — дубом. В широких полосах, созданных докучаевской экспедицией, береза в рядовых культурах к 15 годам заглушала дуб, и ее приходилось вырубать. При гнездовом способе, как показал наш 25-летний опыт (автор, И. Н. Сазонов, П. И. Герасименко, М. Б. Бертуш, Ю. А. Атаманюк и др.), дуб легче выдерживает конкуренцию березы (лесостепь и северная степь) и других быстрорастущих пород, например акации белой и гледичии (южная степь). Для большей гарантии кафедрой лесной мелиорации УСХА предложено быстрорастущие породы вводить в опушечные ряды, а два средних ряда создавать из гнезд дуба. Опыт показал, что ветрозащитная эффективность таких лесных полос и прибавочный урожай близки к показателям полос 1-й категории. Выигрыш здесь во времени. Рекомендуемая нами производству полоса имеет ширину с закрайками 12 м (между двумя рядами гнезд при ширине 4,5 м, двумя междурядьями с березой — 5 м и двумя закрайками — 2,5 м). Основные показатели для расчета экономической эффективности приведены в табл. 8 и 9.

Таблица 8

Показатели	Лесостепь, выщелочный и мощный чернозем	Степь		
		Обыкновенный чернозем	Южный чернозем	Каштановые почвы
Урожай зерновых на 1 га на незащищенных полях, ц	28	25	20	17
Прибавка на защищенных полях на 1 га				
ц	4,5	5,0	4,5	4,0
%	12	20	22	24
Стоимость создания 1 га полос, р.	200	240	280	300
Ежегодная компенсация за недополученный доход с 1 га, р.	80	70	60	50
Содержание лесных полос и охрана, р.	22	24	26	27

При расчетах учитывали следующие положения: среднюю высоту защитного полога устанавливали по среднему дереву; площадь поля с повышенным урожаем  $S$  определяли по формуле

$$S = \frac{10\,000}{P} \cdot 30H,$$

где  $P$  — ширина полос с закрайками;

$H$  — защитная высота, м.

Для примерного расчета (табл. 9) взяты данные зоны обыкновенного чернозема УССР. Прибавочный урожай зерновых культур принят 5 ц на 1 га защищенного полосами поля в среднем по засушливости году. Доход устанавливали по цене, за вычетом расхода на уборку урожая и его транспорт (5 р. за 1 ц). Чистый доход определяли, вычитая из валового дохода стоимость создания полос и недополученный доход от земли, занятой полосами, а после погашения расходов на создание полос вычитая только текущие расходы на содержание, охрану и амортизацию лесных полос.

Таблица 9

Возраст, лет	Высота, м	Площадь поля, защищаемая 1 га полос, га	Прибавка урожая зерновых с этого поля, ц	Валовой доход, р.	Расход, р.	Чистый доход, р.
3	1,8	4,5	22,5	112	370	—
4	2,8	7,0	35,0	175	120	—
5	3,8	9,5	47,5	237	100	—
6	4,5	11,2	56,0	280	94	120
7	5,2	13,0	65,0	330	94	236
8	5,7	14,3	71,5	357	94	263
9	6,2	15,5	77,5	387	94	293
10	6,7	16,7	83,5	417	94	323
15	9,2	23,0	115	575	94	481
20	11,5	29,0	145	725	94	631

Из табл. 9 можно установить, что к 6-му году полоса достигала высоты, обеспечивающей сомкнутость и начало поступления чистого дохода. С этого времени расходы сводятся только к ее содержанию, охране, амортизации в сумме 24 р. и на компенсацию за недополученный доход от занятой земли в сумме 70 р., всего 94 р. ежегодно.

Мы не включили в расчеты постепенную уборку быстрорастущих пород. Так, например, березу следует начинать вырубать с 15-летнего ее возраста, когда она достигает размеров, вполне окупающих расход на рубку. Необходимо сделать и другое дополнение принципиального характера. Оно относится к рубкам ухода, которые с нашей точки зрения ложно эффективны, так как по существу ведут к полному расстройству полос. Здесь надо сделать пояснение. Создавая лесные полосы, мы не должны забывать предупреждение Г. Ф. Морозова о том, что площадь питания лесные породы могут сами поддерживать и даже улучшать в близких им экологических условиях. Естественно, в засушливых районах для более успешного их роста необходима помощь человека. К сожалению, это предупреждение забывают, увлекаясь длинными снежными шлейфами, образующимися при большой продуваемости полос внизу, вызванной чрезмерным разреживанием; в результате почва под полосами иссушается и одновременно снижается суммарная ветрозащитная эффективность обливственных полос, т. е. в период засух. Более того, при нарушении баланса почвенной влаги под полосами может быть поставлено под угрозу само их существование. К необходимым мероприятиям по повышению защитной эффективности, в первую очередь, надо отнести реконструкцию запущенных полос, которая позволила бы в кратчайший срок (5—7 лет) перевести их в бо-

лее высокую группу. Первоочередная задача здесь — повышение сомкнутости подлеска до 0,3—0,4 путем посадки и рыхления почвы, чтобы создать условия для образования лесной подстилки — первого условия здорового состояния лесных полос.

Одновременно следует продолжить и работы по созданию новых полезачитных лесных полос в период 1976—1980 гг. Необходимость выполнения их на высоком уровне очевидна. Недостаток полезачитного лесоразведения во многих хозяйствах — слабый рост полос и позднее начало активного их влияния на защищаемые поля. Возможность значительного повышения этого влияния подтверждается данными табл. 9.

С 6-летнего возраста полос чистый доход интенсивно нарастает и к 9 годам достигает 290 р., к 15 — 480 р., к 20 годам — 630 р. Рост доходов пропорционален приросту полос в высоту. Столь интенсивный рост чистого дохода присущ именно полезачитному лесоразведению в засушливых районах. Эта проблема не может быть снята и на поливных землях. Она будет существовать, пока человек не научится управлять климатом.

Поступила 20 мая 1976 г.

УДК 634.0.114.54

## ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА СООТНОШЕНИЕ НАДЗЕМНОЙ И ПОДЗЕМНОЙ ЧАСТИ ДРЕВЕСНЫХ САЖЕНЦЕВ

Г. А. ХАРИТОНОВ

Ленинградская лесотехническая академия

У лиственных пород внесение удобрений сказывается преимущественно на увеличении роста стеблей, но коэффициент соотношения повышается незначительно. Хвойные, наоборот, активнее повышают прирост корней и слабее — стеблей: коэффициент соотношения в большинстве вариантов снижается в 1,2—2 раза.

Рассмотрение данного вопроса имеет значение для познания биологических свойств древесных пород и для целей лесовосстановления и озеленения.

Опыт был заложен на открытой вегетационной площадке в Ивано-Франковском учебном лесхозаге Львовской области. Подопытные растения высаживали в 40-литровые эмалированные сосуды, в которые закладывали дерново-слабоподзолистую легкосупесчаную почву, имевшую рН = 5,3—5,9, гумус — 1,3%, поглощенных оснований — 3,9 мг экв,  $K_2O$  — 3,1,  $P_2O_5$  — 1,47, гидролизуемого азота — 4,2,  $Al_2O_3$  — 27,3,  $Fe_2O_3$  — 13,3 мг на 100 г почвы.

Просеянную почву закладывали в вегетационные сосуды послойно (снизу вверх) — ВС:В:А в соотношении 0,5:1:1. В каждый сосуд высаживали по два отсортированных однолетних сеянца дуба, липы, ели, сосны, лиственницы и двухлетнего бука. После посадки все сосуды опускали в землю вровень с поверхностью прилегающей почвы; в таком положении они находились в течение 5 лет.

Одновременно с наполнением сосудов почвой было внесено фосфорное удобрение в виде суперфосфата (19,5% действующего вещества); азотное — аммиачная селитра — 35% и калийную соль — 40% вносили поверхностно после посадки в начале вегетации; норма внесения удобрений показана в табл. 1.

Сочетание удобрений имело следующие варианты: N, P, NPK, контроль. В каждом варианте для каждой породы было занято 8—18 сосудов, т. е. по 64—144 растения. Весной третьего года в опытные сосуды, кроме контрольных, удобрения были внесены повторно по нормам первого года.

В конце вегетации пятого года все подопытные растения были извлечены, корни отмыты и отрезаны от стеблей по корневой шейке; затем корни и стебли взвешены в воздушно сухом состоянии. Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 1

Порода	Норма внесения удобрений на одно растение, г		
	Аммиачная селитра	Суперфосфат	Калийная соль
Бук лесной	1,5	3,0	1,0
Дуб черешчатый	1,5	3,0	0,5
Липа мелколистная	1,0	2,0	0,5
Сосна обыкновенная	0,75	2,0	0,75
Лиственница европейская	1,5	4,0	1,0
Ель обыкновенная	1,0	2,0	1,0

Таблица 2

Порода	Контроль		Удобрения					
			азотное		фосфорное		полное	
	Масса	К	Масса	К	Масса	К	Масса	К
Бук лесной	148,8	0,96	204,0	1,03	153,0	0,92	225,6	1,04
	154,9		197,9		166,7		216,2	
Дуб черешчатый	171,3	0,81	199,2	0,81	189,2	0,88	225,0	0,91
	211,0		220,1		202,0		246,4	
Липа мелколистная	140,9	2,2	292,3	2,3	202,2	2,2	237,0	2,9
	65,2		126,1		90,1		80,6	
Сосна обыкновенная	341,9	5,8	632,5	3,0	498,3	4,3	496,9	5,1
	58,8		214,0		116,6		85,5	
Лиственница европейская	1875,0	4,6	1424,2	3,1	2516,2	5,4	1722,0	4,2
	403,8		463,0		467,2		410,0	
Ель обыкновенная	190,3	4,4	224,5	3,6	212,1	4,4	213,8	4,6
	43,1		67,5		48,4		46,2	

Примечание. В числителе масса надземной части саженцев; в знаменателе — корней; К — коэффициент их соотношения.

Как видим, соотношение массы надземных и подземных органов бука без удобрений близко к единице ( $K = 0,96$ ). Фосфорное удобрение слабо повышает прирост (на 5%), оно сказывается примерно в одинаковой мере на подземных и надземных органах, коэффициент соотношения практически не изменяется ( $K = 0,92$ ). Под влиянием азотного удобрения прирост увеличивается на 32%, причем несколько сильнее прирост надземной части,  $K = 1,03$ . Еще более эффективно полное удобрение, которое повышает общий прирост органической массы на 46%; увеличение прироста несколько сильнее в надземной части,  $K = 1,04$ . Поскольку саженцы бука не реагируют на фосфор, то повышенной реакция на внесение полного удобрения (NPK) должна быть отнесена за счет азота (32%) и, видимо, калия (14%). Таким образом, несмотря на значительное увеличение прироста саженцев бука от внесения N и NPK, соотношение массы надземных и подземных органов изменяется незначительно, хотя имеется тенденция к преимущественному росту надземной части.

У дуба к пяти годам без удобрений масса надземной части меньше массы корней,  $K = 0,81$ . От фосфорного удобрения прирост повышается на 2% и только в надземной части, прирост корней даже слегка ослабляется,  $K = 0,88$ . От внесения азотного удобрения прирост увеличивается на 10%, одинаково в надземной и подземной частях,  $K = 0,81$ , как и в контроле. Под влиянием полного удобрения прирост повышает

ется на 23%, преимущественно в надземной части,  $K = 0,91$ . Учитывая небольшое влияние азота (10%) и фосфора (2%), в существенном воздействии полного удобрения можно усматривать основную ведущую роль калия. Удобрение оказывает небольшое положительное влияние на развитие саженцев дуба, оно во всех вариантах, как и у бука, более проявляется в надземной части. Дуб в течение пяти лет в своем развитии как бы аналогичен буку, но менее отзывчив на удобрение.

Липа в обычных условиях, без удобрения, имеет коэффициент соотношения  $K = 2,2$ ; она наиболее отзывчива к азотному удобрению, под влиянием которого к пяти годам общий суммарный прирост увеличивается на 103%;  $K$  почти не изменяется (2,3). От фосфорного удобрения прирост увеличивается на 42%, коэффициент соотношения не изменяется (2,2). Следовательно, азотное и фосфорное удобрения равномерно увеличивают прирост надземной и подземной частей липы. Полное удобрение повышает прирост на 54%; его влияние слабее, чем чистого азотного удобрения; понижение эффективности сказывается преимущественно на корнях ( $K = 2,9$ ), что может произойти в результате повышения концентрации почвенного раствора при двукратном внесении полного удобрения. Сопоставляя влияние принятых вариантов удобрений, можно считать, что калийное удобрение в данных условиях положительного влияния не оказывает.

Масса надземных органов сосны без удобрений в 6 раз больше массы корней; применение азотного удобрения увеличивает прирост к пяти годам на 112%, преимущественно в подземной части, вследствие чего соотношение стеблей и корней снижается ( $K = 3$ ). Фосфорное удобрение увеличивает прирост на 54%; оно также проявляется преимущественно на приросте корней, меньше на росте стволика,  $K = 4,3$ . Полное удобрение наименее эффективно, под его влиянием прирост увеличивается только на 25%, проявляется он больше в надземной части,  $K = 5,1$ . В данном случае, как и у липы, слабое положительное влияние полного удобрения сказывается, вероятно, в силу большой концентрации солей; калийное удобрение в этом случае не имеет положительного влияния.

У лиственницы в возрасте 5 лет масса надземной части в 4,6 раза больше массы корней. Под действием азотного удобрения снижается рост надземной части (на 24%) и несколько увеличивается прирост корней,  $K = 3,1$ . Фосфорное удобрение повышает прирост на 30%, преимущественно в надземной части,  $K = 5,4$ . От полного удобрения прирост в надземной части уменьшается на 6%,  $K = 4,2$ . Калий в полном удобрении, очевидно, не оказывает положительного влияния.

Ель имеет надземную массу в 4,4 раза больше массы корней; азотное удобрение повышает общий прирост на 25%, прирост же корней увеличивается вдвое,  $K = 3,6$ ; фосфорное удобрение повышает прирост на 12%, преимущественно в надземной части, прирост корней почти не изменяется, соотношение выравнивается,  $K = 4,4$ . Аналогичное положение наблюдается и при внесении полного удобрения; следовательно, калий не проявляет своего влияния. Таким образом, прирост ели существенно повышается только от азотного удобрения, которое проявляется главным образом на росте корней.

### Выводы

1. У лиственных пород применение азотного или фосфорного удобрения существенно не изменяет соотношение  $K$ ; полное удобрение повышает  $K$  за счет более усиленного роста стеблей.

2. У хвойных пород внесение азотного удобрения в первые пять лет способствует более усиленному росту корней,  $K$  снижается в 1,5 раза. Фосфорное удобрение сильно повышает рост лиственницы в надземной части; у сосны  $K$  несколько ниже. У хвойных с внесением полного удобрения  $K$  близко к соответствующим показателям без удобрений.

Поступила 3 апреля 1978 г.

УДК 634.0.5

## РОСТ И ПРОДУКТИВНОСТЬ СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ ПО СТАРЫМ ПАШНЯМ

Н. Н. СОКОЛОВ

Архангельский лесотехнический институт

Для условий юго-запада Архангельской области исследован рост сосняков по пашне в высоту и по диаметру в зависимости от густоты древостоя, охарактеризована стволовая продуктивность. Даны придержки по времени прихода в такие насаждения с первым уходом. Доказана оптимальная густота формирующихся насаждений.

В начале — 20-х годах XX столетия в Каргопольском районе Архангельской области часть сельскохозяйственных площадей была заброшена. Это или неразрабатываемые поля, или остатки площадей подсеčno-огневого земледелия, еще довольно широко распространенного в то время в условиях Европейского Севера. Они располагались в непосредственной близости к стенам леса, что вызвало быстрое заселение их сосной. Период заселения пашен колебался от 5 до 15 лет, т. е. сосняки формировались условно разновозрастными. Представленность древостоев по полноте широкая (от 0,4—0,5 до 1,0). Различия в полноте связаны с близостью населенных пунктов, выпасом скота, отдаленностью стен леса и других источников семян, периодичностью семенных лет.

Произрастают эти древостои на слабопodzолистых легкосуглинистых почвах, развивающихся на легком и среднем суглинке, подстилаемом моренным карбонатным средним, тяжелым суглинком или глиной. Рассматриваемые почвы обладают благоприятными водно-воздушными свойствами, тепловым режимом. Отмечается повышенное содержание подвижных соединений калия и фосфора.

Наиболее представлены чистые сосняки, реже с примесью ели, осины, березы, иногда до 2 единиц состава. Древостои по пашне достигают нетипичной для условий Севера продуктивности I—IIa классов бонитета [2]. В связи с этим, исследование роста и продуктивности данной категории древостоев представляет определенный интерес, если иметь в виду, что площади их составляют десятки тысяч гектаров.

Нами в 1964 г. обследован один компактный участок общей площадью 3,3 тыс. га из восьми кварталов Печниковского лесничества Каргопольского лесхоза. Средний возраст древостоев от 25 до 55 лет, густота сосняков от 0,5 до 5 тыс. деревьев на 1 га. Для детальной таксации мы заложили 15 пробных площадей в чистых по составу с примесью ели и березы, не превышающей 5% по запасу, сосновых древостоях (табл. 1).

На пробах спиливали каждое десятое учетное дерево для определения среднего возраста древостоев и исследования роста деревьев в высоту и по диаметру. В обработку взято 131 учетное дерево. Исключены из обработки деревья, сильно отстающие в росте, занимающие подчиненную часть полога древостоя на пробе.

Таблица 1

Номер пробы	Состав	Средние			Класс бонитета	Густота, тыс. деревьев	Полнота	Сумма площадей сечений, м <sup>2</sup> /га	Запас, м <sup>3</sup> /га
		возраст, лет	высота, м	диаметр, см					
Относительно разреженные древостои									
2	10С, ед.Е,Б	34	12,5	16,1	II—I	0,64	0,49	12,86	89
4	10С, ед.Е	37	14,0	18,0	II—I	0,59	0,51	14,42	105
6	10С, ед.Е	33	13,5	18,1	I	0,53	0,47	13,38	99
9	10С+Б,Е	31	12,1	16,2	I	0,54	0,40	10,50	73
10	10С, ед.Е	32	13,6	17,6	I	0,53	0,45	12,50	90
13	10С, ед.Е	34	13,3	17,3	I	0,65	0,51	14,33	102
23	10С+Е,Б	31	11,5	18,2	II	0,45	0,43	11,08	73
Древостои средней густоты									
3	10С, ед.Е	33	14,4	15,9	I	0,80	0,60	15,65	120
5	10С, ед.Е	31	12,5	15,2	I	0,98	0,65	17,10	118
7	10С, ед.Е	26	9,1	11,7	III	1,14	0,60	12,22	73
21	10С	27	10,9	13,7	II	1,24	0,74	18,25	109
22	10С+Е,Б	35	12,7	16,3	II	0,93	0,70	18,34	128
Густые древостои									
11	10С+Е,Б	41	15,2	12,9	I	2,48	1,0	30,76	231
12	10С, ед.Б	35	12,7	12,2	II	2,43	1,0	25,83	179
24	10С	30	10,7	8,8	II	4,45	1,0	24,30	145

Важный показатель продуктивности древостоев — текущий прирост деревьев в высоту. Общеизвестна зависимость этого показателя от климатических факторов, густоты и полноты древостоя, условий местопрорастания и других причин. Чтобы исключить влияние случайных причин на текущий прирост в высоту, мы вычисляли текущий прирост как средний годичный из периодического за 5 лет по каждому пятилетию. Для статистической обработки данных все пробные площади объединены в три группы по густоте древостоев: относительно разреженные

Таблица 2

Статистические показатели	Текущий прирост высоты по пятилетиям, см						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
Относительно разреженные древостои							
$Z_H^T$	16,2	24,2	40,8	45,0	48,7	43,8	39,6
C %	27,8	41,6	19,1	12,6	11,6	15,4	18,0
P %	3,4	5,1	2,4	1,5	1,4	1,9	2,4
Древостои средней густоты							
$Z_H^T$	15,7	25,7	45,6	52,1	46,5	42,6	41,2
C %	19,4	32,5	13,7	13,5	14,6	14,2	15,6
P %	3,0	5,0	2,1	2,1	2,2	2,5	3,4
Густые древостои							
$Z_H^T$	17,4	28,2	43,3	47,7	44,5	37,8	36,4
C %	22,6	30,7	12,9	11,3	10,4	15,8	13,6
P %	4,8	6,5	2,7	2,5	2,3	3,4	3,2



(0,4—0,6 тыс. деревьев на 1 га), средней густоты (около 1,0 тыс. на 1 га) и густые (2,5—4,5 тыс. деревьев на 1 га). Результаты статистической обработки показателей прироста учетных деревьев в высоту сведены в табл. 2.

Данные таблицы показывают, что в первые два пятилетия средний годичный прирост высоты относительно невелик и практически не зависит от густоты древостоя. Средний срок достижения деревьями сосны высоты 1,3 м также не зависит от густоты молодняков и составляет 8 лет ( $\sigma = 1,8$  года,  $C = 21,3\%$ ). В этот момент еще нет полного смыкания крон и конкурентные силы действуют слабо. В третьем пятилетии молодняки резко увеличивают темп роста в высоту. Средний годичный прирост в разных по густоте древостоях не менее 40 см. При этом до 20-летнего возраста, т. е. в период смыкания крон, разреженные и густые молодняки отстают в росте по высоте от древостоев средней густоты. В пятом пятилетии начинают интенсивно прирастать относительно разреженные древостои. Средние по густоте древостои сохраняют высокий темп роста, высокополнотные — замедляют, так как сказывается их загущенность. Следовательно, в 15—20-летние густые сосняки нужно приходить с первым уходом. Кульминация прироста в высоту в относительно разреженных древостоях наступает в возрасте 20—25 лет. Наибольшая изменчивость прироста в высоту наблюдается во втором пятилетии ( $C = 30,7 \div 41,6\%$ ), в более старшем возрасте варьирование прироста среднее ( $C = 10,4 \div 19,1\%$ ). Повторные перечеты на пробах и анализ средних моделей в 1974 г. показали, что текущий прирост в высоту в 9—10-м пятилетиях составляет 35—40 см.

Таким образом, сосновые молодняки по старым пашням, начиная с 10-летнего их возраста, интенсивно растут в высоту и сохраняют высокий темп роста в течение длительного времени. Оптимальный рост в высоту имеют средние по густоте молодняки.

Таблица 3

Ступени толщины, см	Выравненные значения линейного прироста диаметра за 5 лет, см, в древостоях		
	относительно разреженных	средней густоты	густых
6	0,96	1,00	0,31
8	1,27	1,25	0,46
10	1,54	1,48	0,63
12	1,76	1,65	0,81
14	1,93	1,80	1,00
16	2,05	1,91	1,21
18	2,12	1,99	1,44
20	2,14	2,04	1,68
22	2,12	2,05	—
24	2,04	2,02	—
C%	38,8	48,8	65,1

Рост по диаметру деревьев сосняка по пашне охарактеризован нами через значения линейного прироста учетных деревьев по толщине. Значения прироста диаметра в зависимости от толщины деревьев выравнены через уравнения параболы по методу Чебышева. Выравненные средние значения прироста диаметра помещены в табл. 3. Наименьший прирост диаметра наблюдается в полных древостоях, в относительно разреженных и средних по густоте молодняках его значения существенно не отличаются. Деревья господствующей части таких древостоев имеют практически одинаковый рост в толщину. Изменчивость

прироста деревьев в толщину значительна и увеличивается с возрастанием густоты молодняков. Анализ зависимости прироста по толщине от густоты древостоя позволяет сделать практический вывод: при проведении рубок ухода в таких молодняках не следует снижать густоту менее 0,8—1,0 тыс. деревьев на 1 га, так как дальнейшее разреживание не ведет к существенному увеличению прироста диаметра.

Интенсивный рост в высоту и по диаметру позволяет соснякам по пашне в возрасте 30—40 лет сформировать высокие запасы стволовой древесины от 70 до 230 м<sup>3</sup> на 1 га в зависимости от густоты древостоев. Повторные перечеты в 1974 г. на пробах 2, 6, 11 показали, что текущий прирост запаса за последние 10 лет составляет соответственно 5,8; 4,8 и 4,4 м<sup>3</sup> на 1 га, т. е. древостои сохраняют высокие темпы прироста запаса.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что на старых пашнях формируются высокопродуктивные сосновые древостои I—II классов бонитета, которые, согласно таблицам хода роста В. И. Левина [1], соответствуют соснякам черничным и кисличным, наиболее продуктивным типам сосновых древостоев Европейского Севера. Требуется изучение этих древостоев и разработка основ организации хозяйства в них.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Левин В. И. К вопросу хода роста и бонитирования сосновых древостоев Архангельской области. — Сборник статей по материалам научно-технической конференции. Архангельск, АЛТИ, 1955, с. 125—144. [2]. Неволин О. А., Шишкин Н. А., Фирсонов Н. А. Опыт лесоустройства колхозных лесов Севера. М., Гослесбуиздат, 1963, с. 9.

Поступила 9 марта 1978 г.

УДК 630\*165.51 : 630\*284

### СМОЛОПРОДУКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ФОРМ ЕЛИ СИБИРСКОЙ НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ

Н. А. КОНОВАЛОВ, С. А. МОЧАЛОВ

Уральский лесотехнический институт

Установлено, что между характером строения коры, типом ветвления и смолопродуктивностью ели сибирской существует тесная связь. Полученные результаты показывают, что смолопродуктивность закономерно возрастает с увеличением трещиноватости в строении коры и компактности ветвления кроны.

Повышению продуктивности лесов содействует прижизненная их эксплуатация, в частности подсочка хвойных пород с учетом их внутривидовой изменчивости. Все возрастающие потребности народного хозяйства СССР в живице и ее производных вызывают необходимость расширения сырьевой базы подсочки. Наибольший интерес с этой точки зрения представляет ель.

На Урале, где площади ельников превышают 6 млн. га, первые опытные работы по подсочке ели сибирской (*Picea obovata* Ldb.) были начаты кафедрой лесоводства Уральского лесотехнического института в 1973 г. [2]. Эти работы были посвящены изучению смолопродуктивности ели сибирской и разработке технологии ее подсочки.

Изучением внутривидовой изменчивости, селекционно-лесохозяйственных особенностей ели сибирской, как одной из главных лесообразующих пород на Среднем Урале, занимался М. С. Некрасов [3]. По совокупности признаков он выделил плюсовые и минусовые формы ели сибирской. Для плюсовых форм характерны продольнотрещиноватая кора и компактный тип ветвления кроны, для минусовых — гладкая кора и плоскогоризонтальный тип ветвления.

В настоящей работе впервые сделана попытка изучить внутривидовую изменчивость ели сибирской по смолопродуктивности и выявить перспективные формы на основании различий морфологических признаков: типа строения коры и типа ветвления кроны.

Пробная площадь для исследования была заложена в мае 1976 г. в южнотаежных условиях Среднего Урала, в типе леса ельник хвощово-черничный IV класса бонитета.

В подпочку вовлекали деревья V—VII классов возраста. Селекционное описание деревьев проводили по общепризнанной методике [1]. Подпочку ели сибирской осуществляли способом БелНИИЛХа (поперечно-косыми ранениями) в восходящем порядке, последовательно нанося шесть карроподновок за сезон, с паузой вздымки 10—12 дн. Подновки наносили вздымочными резцами № 2 на глубину 0,2—0,3 см, шаг подновки — 5—7 см. Нагрузка деревьев каррами — 30—35%. Расчет смолопродуктивности производился в граммах на карродециметрподновку (г на КДП).

В изученном типе леса по характеру строения коры были выделены следующие формы ели сибирской: гладкокорая, чешуйчатокорая, пластинчатокорая, продольнотрещиноватокорая. В данном типе леса доминируют деревья с чешуйчатой и пластинчатой корой (табл. 1), крайне редки деревья ели с гладкой корой.

Таблица 1

Форма ели сибирской	Количество деревьев данной формы	
	шт.	%
Гладкокорая	24	2,3
Чешуйчатокорая	567	55,0
Пластинчатокорая	320	31,1
Продольнотрещиноватокорая	119	11,6
Итого	1030	100,0

По типу ветвления были выделены три основные формы ели сибирской (гребенчатая, щетковидная и плоскогоризонтальная) и две переходные (неопределенногребенчатая и неопределенноплоская).

Таблица 2

Тип ветвления	Количество деревьев ели с данным типом ветвления	
	шт.	%
Гребенчатый	46	4,4
Щетковидный	315	30,6
Плоскогоризонтальный	145	14,1
Неопределенногребенчатый	350	34,0
Неопределенноплоский	174	16,9
Итого	1030	100,0

Таблица 3

Форма ели сибирской	Количество деревьев, шт.	1976 г.						1977 г.					
		г на КДП			%			г на КДП			%		
		$M \pm m$	$\sigma$	$P$	$V$	$\sigma$	$P$	$M \pm m$	$\sigma$	$P$	$V$	$\sigma$	$P$
Продольнотрещиноватокорая	119	$6,7 \pm 0,29$	3,2	47,3	4,3	2,5	$4,4 \pm 0,23$	2,5	57,0	5,2			
Пластинчатокорая	320	$6,6 \pm 0,17$	3,1	47,1	2,6	2,5	$4,3 \pm 0,14$	2,5	58,4	3,2			
Чешуйчатокорая	567	$6,2 \pm 0,12$	2,8	45,1	1,9	2,1	$3,7 \pm 0,09$	2,1	57,2	2,4			
Гладкокорая	24	$4,8 \pm 0,48$	2,3	47,3	9,9	2,2	$3,3 \pm 0,46$	2,2	65,4	13,7			
Щетковидная	315	$6,7 \pm 0,18$	3,2	48,6	2,7	2,5	$4,2 \pm 0,14$	2,5	59,3	3,3			
Неопределенногребенчатая	350	$6,4 \pm 0,15$	2,9	45,2	2,3	2,3	$4,0 \pm 0,12$	2,3	56,9	3,0			
Гребенчатая	46	$6,0 \pm 0,41$	2,7	45,6	6,8	2,0	$3,7 \pm 0,30$	2,0	55,1	8,1			
Неопределенноплоская	174	$6,1 \pm 0,20$	2,6	42,7	3,3	2,6	$4,1 \pm 0,20$	2,6	63,4	4,9			
Плоскогоризонтальная	145	$5,9 \pm 0,22$	2,7	46,1	3,7	2,1	$3,5 \pm 0,18$	2,1	61,4	5,2			

В изученном типе леса преобладают деревья ели сибирской с неопределенногребенчатым и щетковидным типами ветвления (табл. 2). Довольно редки деревья ели с гребенчатым типом ветвления.

Между характером строения коры, типом ветвления и смолопродуктивностью ели сибирской существует тесная взаимосвязь. Наибольшая смолопродуктивность характерна для деревьев ели с продольнотрещиноватой и пластинчатой корой (табл. 3), давших в первый год подсочки выход живицы на КДП соответственно 6,74 и 6,60 г. Среди форм ели, выделенных по типу ветвления, большая смолопродуктивность у деревьев щетковидной и неопределенногребенчатой форм: в первый год подсочки смолопродуктивность на КДП соответственно 6,67 и 6,41 г.

С помощью  $t$  критерия Стьюдента нами установлено, что различия по смолопродуктивности между пластинчатокорой и чешуйчатокорой, продольнотрещиноватокорой и чешуйчатокорой формами ели сибирской статистически достоверны, так же как различия по смолопродуктивности между деревьями ели с щетковидным и неопределенногребенчатым, щетковидным и неопределенноплохим, неопределенногребенчатым и неопределенноплохим типами ветвления.

Данные табл. 3 ясно показывают, что смолопродуктивность ели сибирской закономерно возрастает с увеличением трещиноватости в строении коры и с увеличением компактности ветвления кроны.

Таким образом, очевидно, что важные морфологические признаки деревьев ели сибирской (тип строения коры и тип ветвления кроны), легко и просто определяемые визуально, могут служить основанием для диагностики ее смолопродуктивности.

Результаты второго года исследования абсолютно подтверждают результаты первого года, хотя смолопродуктивность во второй год подсочки значительно снижается — в среднем в 1,6 раза. Интересно, что наряду с этим существенно возрастает коэффициент вариации показателя смолопродуктивности.

Вероятно, это связано с тем, что у «тонкомерных» деревьев с диаметром до 24 см физиологические процессы еще не стабилизировались. Именно такие деревья чутко реагируют на подсочку и резко снижают смолопродуктивность во второй год подсочки, в результате возрастает варьирование смолопродуктивности по всей пробной площади.

На основании нашего исследования можно сделать вывод о нецелесообразности вовлечения в подсочку деревьев ели с диаметром ствола до 24 см, так как им присущи малые значения выхода живицы. Таких деревьев в нашем опыте 46,5%.

Мы определяли также процентное содержание скипидара в живице у деревьев с различными морфологическими признаками. Для этого применяли водоизмененную методику ГОСТа 10271—62 на живицу сосновую. Образцы еловой живицы были взяты в августе 1977 г. у деревьев, различающихся по строению коры, в шестикратной повторности.

Установлено, что наибольшее содержание скипидара в живице характерно для деревьев с чешуйчатой корой — 21,3%. У деревьев с продольнотрещиноватой корой скипидара в живице 13,9%, с пластинчатой — 13,3%, с гладкой — 12,1%.

Таким образом, мы не можем отметить какую-либо определенную связь между смолопродуктивностью различных морфологических форм ели сибирской и содержанием скипидара в их живице.

Дальнейшие исследования в других распространенных на Среднем Урале типах еловых лесов позволят уточнить или расширить наши представления о внутривидовой изменчивости ели сибирской по смолопродуктивности.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ирошников А. И., Мамаев С. А., Правдин Л. Ф., Щербакова М. А. Методика изучения внутривидовой изменчивости древесных пород. М., ЦБНТИлесхоз, 1973. [2] Коновалов Н. А., Петерсон О. А., Сторожев В. И., Куликов Г. М. Изучение смолопродуктивности и разработка технологии подсочки ели в условиях Среднего Урала. — «Лесохимия и подсочка». Реф. информ., 1977, № 4, с. 8—9. [3] Некрасов М. С. Селекционно-лесоводственные и технические особенности ели сибирской на Среднем Урале. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. с.-х. наук. Свердловск, 1966.

УДК 547.466 : 674.031.11

## СОДЕРЖАНИЕ АМИНОКИСЛОТ В ЖЕЛУДЯХ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ И КЛИМАТИПОВ ДУБА

В. Б. ЛУКЬЯНЕЦ

Воронежский лесотехнический институт

Установлены видовые особенности в содержании аминокислот у представителей рода *Quercus* L. и внутривидовая изменчивость этого признака.

В отечественной и зарубежной литературе сравнительно мало данных о содержании аминокислот в органах древесных растений. В основном они характеризуют состав свободных аминокислот растений. Многие такие исследования посвящены изучению динамики свободных аминокислот в различных органах и тканях древесных пород ([3, 4, 6] и др.). Значительно реже рассматривается влияние условий местопроизрастания [7, 11] и особенностей роста отдельных деревьев [2] на содержание свободных аминокислот. Аминокислотный состав белков в семенах и плодах древесных пород, по сравнению с сельскохозяйственными культурами, изучен очень мало.

Нами исследованы состав и содержание аминокислот в белках желудей разных видов дуба и желудей дуба черешчатого различного географического происхождения. Желуди собирали в заранее отведенных насаждениях осенью 1975 г., их семена в подсушенном состоянии хранили в лаборатории в течение трех месяцев. В дальнейшей обработке материала использовали существующие методики ([1] и др.). Качественное и количественное определение содержания аминокислот в белках производили современным методом на автоматическом аминокислотном анализаторе НД-1200 (ЧССР), работающем по принципу ионообменной хроматографии. Данный метод обеспечивает наиболее высокую точность, составляющую 2—3% [9].

В белках желудей дуба обнаружено шестнадцать аминокислот, т. е. почти все встречающиеся в зерне и семенах основных сельскохозяйственных культур [8].

Среди выявленных аминокислот восемь относятся к незаменимым (валин, лейцин, изолейцин, треонин, метионин, фенилаланин, лизин, гистидин), они составляют 36,4%. По относительному содержанию незаменимых аминокислот белки желудей дуба почти не уступают белкам зерна и клубней сельскохозяйственных культур. Большинство аминокислот содержится в желудях в примерно равных количествах — около 5% от общего содержания аминокислот. Наименьшую концентрацию, как и у других культур, имеет метионин. В отличие от сельскохозяйственных культур, аминокислотный состав белков желудей дуба характеризуется значительно большим относительным содержанием аспарагиновой и глутаминовой кислот (13—16%). Эти соединения играют важную роль в азотном обмене, способствуя накоплению аминного азота в растениях [5]. Это очень важно для древесных пород, так как способствует их успешному росту на сравнительно бедных почвах. Аспарагиновая и глутаминовая кислоты в больших количествах входят в состав растительных протеинов, и это определяет высокую кормовую ценность желудей.

Значительное место при построении растительных протеинов занимают пролин и лизин. Их количество в белках желудей тоже несколько повышено. Обе эти аминокислоты имеют наибольшее значение в об-

разовании алкалоидов, которыми богаты многие древесные породы. По сравнению с другими аминокислотами, в желудях увеличено количество аргинина — главной аминокислоты в семействе розоцветных [5]. Аргинин — тоже важная составная часть протеинов. Однако его количество в желудях значительно меньше, чем в зернобобовых и картофеле.

Абсолютное содержание большинства аминокислот в желудях дуба черешчатого составляет около 1 мг/г абс. сухого вещества. В минимальных количествах встречается метионин — одна из незаменимых сероудерживающих аминокислот; в наибольших — аспарагиновая и глутаминовая кислоты.

Аминокислотный состав белков желудей у представителей рода *Quercus L.* характеризуется относительной стабильностью. У сравниваемых видов дуба установлено наличие всех шестнадцати аминокислот (табл. 1). Количественное соотношение аминокислот у разных видов дуба в основном сохраняется.

Таблица 1

Аминокислота	Содержание аминокислот, мг/г абс. сухого вещества, в желудях различных видов дуба				
	черешчатого	Гартвиса	скального	крупнопильничкового	красного
Глицин	1,04	1,07	1,02*	— 0,98	+ 1,37
Аланин	1,22	1,21*	1,02	+ 1,34	+ 1,57
Валин	1,00	1,03*	1,10	— 0,97	+ 1,22
Лейцин	1,85	1,76	1,80*	— 1,69	+ 2,08
Изолейцин	0,66	0,67*	0,67*	— 0,63	+ 0,72
Серин	0,97	0,94	0,97*	— 0,96	+ 1,23
Треонин	0,95	0,95*	0,87	+ 0,98	+ 1,13
Метионин	0,27	0,26*	0,29	— 0,31	+ 0,31
Фенилаланин	0,99	0,98*	1,03	— 0,90	+ 1,09
Тирозин	0,70	0,68*	0,87	— 0,72	+ 0,99
Лизин	1,34	1,27*	1,19	— 1,29	+ 1,51
Аргинин	1,81	1,77*	1,48	+ 2,25	+ 1,90
Гистидин	0,82	0,87*	1,05	— 0,71	+ 0,88
Пролин	1,58	1,45*	1,41	— 1,54	— 1,50
Аспарагиновая кислота	2,92	2,75*	3,12	+ 3,66	+ 3,01
Глутаминовая кислота	3,54	3,11	3,45*	— 3,10	+ 4,33
Итого	21,66	20,77	21,34	22,03	24,84

Примечание.\* — отмечено содержание аминокислот, близкое к содержанию их в белках дуба черешчатого; + — изменения относительно дуба черешчатого.

Наибольшее сходство в содержании большинства аминокислот наблюдается между дубом черешчатым и дубом Гартвиса. Значительные различия только в содержании аспарагиновой и глутаминовой кислот. Дуб скальный по сумме аминокислот очень близок к черешчатому, но по количеству отдельных аминокислот различия заметны, наибольшие — в содержании основных аминокислот — лизина, аргинина, гистидина и пролина. При сопоставлении данных оказалось, что дуб черешчатый и Гартвиса близки по содержанию двенадцати аминокислот, а черешчатый и скальный — лишь по пяти. Таким образом, дуб Гартвиса по аминокислотному составу белков ближе к дубу черешчатому, чем скальный. Это соответствует их большей близости в систематическом отношении, так как они оба относятся к черешчатым дубам.

Еще больше различия и по общей сумме аминокислот, и по их индивидуальному содержанию у видов дуба более отдаленных в систематическом отношении — у крупнопыльникового и красного. У дуба крупнопыльникового, по сравнению с черешчатым, наблюдается небольшое уменьшение концентрации ряда нейтральных аминокислот из группы алифатических незамещенных (глицин, валин, лейцин, изолейцин) при значительном увеличении содержания одной из основных аминокислот — аргинина. В соотношении кислых аминокислот для дуба крупнопыльникового характерно высокое содержание аспарагиновой кислоты при соответствующем уменьшении глутаминовой кислоты.

В желудях дуба красного наблюдается общее значительно большее содержание аминокислот, по сравнению с другими видами дуба, и увеличение количества всех имеющихся аминокислот, но не в одинаковой степени. Особенности индивидуального содержания аминокислот в белках желудей этого дуба противоположны отмеченным для дуба крупнопыльникового. Содержание аспарагиновой кислоты находится примерно на уровне дуба черешчатого, а глутаминовой кислоты намного выше. Значительно больше в желудях дуба красного таких нейтральных аминокислот, как глицин, аланин, валин, лейцин.

Нами был изучен также состав аминокислот в желудях дуба черешчатого разного географического происхождения. Из литературных данных, относящихся к сельскохозяйственным культурам, известно, что количество белков и их аминокислотный состав зависят от климатических условий и условий питания. По отношению к древесным породам работы в этом направлении единичны [10].

Исследование показало, что содержание аминокислот в желудях дуба черешчатого из различных географических пунктов однотипно, но не одинаково. Прежде всего, оно различается по общей сумме аминокислот. Более высокое содержание аминокислот отмечено у желудей из северной лесостепи и южной части лесной зоны. Сюда можно отнести желуди из Гомельской, Тульской областей и Татарии. У них суммарное содержание аминокислот превышает 22 мг на 1 г сухого вещества. Меньшую концентрацию аминокислот имеют желуди из центральной и южной лесостепи, и наименьшее их содержание наблюдается в желудях из низкопродуктивных степных дубрав Волгоградской области.

В желудях из более северных районов общее содержание аминокислот увеличивается за счет повышения концентрации глутаминовой и аспарагиновой кислот; аргинина и аланина — аминокислот, которые в наибольшей степени влияют на накопление аминного азота и улучшают азотное питание и рост растений. В желудях из южных областей, напротив, содержание этих аминокислот меньше среднего. Желуди из Воронежской области занимают промежуточное положение. По содер-



жанию большинства аминокислот они ближе к желудям южного происхождения, но по отдельным аминокислотам (лейцин, пролин) сходны с северными. Следовательно, у дуба черешчатого географическая изменчивость содержания аминокислот заключается в уменьшении суммы аминокислот в желудях в направлении с севера на юг.

Сказанное о содержании аминокислот согласуется с полученными нами данными о содержании в желудях общего азота и изменении его концентрации по географическим зонам и созвучно с материалами об изменчивости содержания аминокислот в белках кедровых орехов [10]. Правда, В. А. Рушем установлено уменьшение содержания аминокислот с юга на север. Но биологический смысл этой изменчивости такой же: содержание аминокислот уменьшается от лучших для данной породы условий роста к худшим.

Установленные различия, отражающие систематическое положение видов дуба и особенности роста климатипов, могут быть использованы для их дополнительной характеристики.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Андреева Т. Ф. Количественное определение свободных и связанных аминокислот в растительных тканях. — В сб.: Биохимические методы в физиологии растений. М., «Наука», с. 103—112. [2]. Боровикова А. М. Содержание свободных аминокислот в хвое деревьев сосны разных классов роста. — «Лесоведение», 1968, № 6, с. 74—75. [3]. Кудашова Ф. Н. О характере сезонных изменений в содержании аминокислот у сеянцев ели. — В сб.: Метаболизм хвойных в связи с периодичностью их роста. Красноярск, «Наука», 1973, с. 49—67. [4]. Кудашова Ф. Н. Сезонная динамика свободных аминокислот в хвое и корнях сеянцев некоторых хвойных. — В сб.: Биохимическая характеристика хвойных пород Сибири в связи с ростом и морфогенезом. Новосибирск, «Наука», 1974, с. 111—127. [5]. Лир Х., Польстер Г., Фидлер Г. И. Физиология древесных растений. М., «Лесная промышленность», 1974, с. 45—49. [6]. Образцова В. И., Никифорова Л. И. Сезонное изменение в азотном обмене у однолетних побегов древесных растений степной зоны Украины. — В сб.: Физиолого-биохимические основы питания растений. Киев, «Наукова думка», 1967, с. 81—85. [7]. Олейникова В. И., Суворов В. И. Состав и содержание свободных аминокислот в хвое и корнях сосны и ели в зависимости от условий почвенного питания. — Тезисы Всесоюзного совещания по вопросам питания древесных растений и повышения продуктивности насаждений. Петрозаводск, «Карелия», 1969, с. 74—76. [8]. Плешков Б. П. Биохимия сельскохозяйственных растений. Изд. 2-е. М., «Колос», 1969, с. 149. [9]. Плешков Б. П. Биохимия сельскохозяйственных растений. Изд. 3-е. М., «Колос», 1975, с. 283—288. [10]. Руш В. А. Белки семян кедра сибирского. — В сб.: Биология семенного размножения хвойных Западной Сибири. Новосибирск, «Наука», 1974, с. 184—191. [11]. Хотянович А. В. Некоторые особенности обмена веществ в корнях сосны в зависимости от степени аэрации почвы. — «Физиология растений», 1958, т. 5, вып. 5, с. 455—457.

Поступила 9 марта 1977 г.

УДК 634.0.181.28 : 674.032.475.772

## АККЛИМАТИЗАЦИЯ И АДАПТАЦИЯ ДУГЛАСИИ ТИССОЛИСТНОЙ В ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ ЗАПАДА УССР

Т. М. БРОДОВИЧ

Львовский лесотехнический институт

Многолетние исследования смешанного елово-дугласевого насаждения в Карпатах показали, что дугласия тиссолистная полностью акклиматизировалась в ареале бука лесного, постепенно вытеснила аборигенную ель обыкновенную и заняла господствующее положение. В возрасте 70 лет ее запас превысил 1100 м<sup>3</sup> на 1 га.

Многолетними исследованиями [1—3] установлено, что дугласия тиссолистная (*Pseudotsuga menziesii* Franco) полностью акклиматизировалась в лесных насаждениях УССР. В оптимальных условиях местопроизрастания (в свежих и влажных субучинах и бучинах) она повышает продуктивность древостоев более чем на 50%.

Для изучения акклиматизации и биологических особенностей, а также взаимодействия дугласовой пихты с местными лесобразующими породами были проведены исследования в чистых и смешанных насаждениях, произрастающих в лесах западной части УССР.

Взаимодействие дугласии тиссолистной с лесобразующей аборигенной елью обыкновенной изучали на постоянной пробной площади в Карпатах на протяжении 1947—1977 гг.

Постоянная пробная площадь 1 размером 0,5 га заложена в 1947 г. в Турья-Реметском лесничестве Перечинского лесокombината Закарпатской области в квартале 5. Площадь всего насаждения 2 га. Таксационные показатели насаждения в 1976 г. следующие: состав — 10 дугласии тиссолистной (Дп), единично — ель обыкновенная (Е); возраст — 70 лет; полнота — 0,74\*; средняя высота дугласовой пихты — 45 м (максимальная — 53 м); средний диаметр — 50,1 см (максимальный — 101 см); запас на 1 га — 1047,1 м<sup>3</sup>; класс бонитета — Ic—d; средняя высота ели — 33,5 м (максимальная — 35 м); средний диаметр — 35 см (максимальный — 38 см); запас — 9,6 м<sup>3</sup>; общий запас (Дп+Е) на 1 га — 1057 м<sup>3</sup> (запас при полноте 1,0—1518,5 м<sup>3</sup>); класс товарности — I.

Под пологом насаждения 1—2-летний самосев дугласии тиссолистной (около 20 тыс. шт. на 1 га). По нашим рекомендациям, самосев выбирают из-под полога древостоя и после доращивания в древесной школе используют для лесокультурных посадок.

Подлесок редкий, из бузины красной, лещины и крушины.

Травяной покров средней густоты: орляк обыкновенный, медуница узколистная, шалфей клейкий, копытень европейский, кисличка, ожика лесная и др.

Лесная подстилка хвойно-лиственная (листья бука и граба из соседних древостоев) толщиной около 2 см (1,76±0,54 см), хорошо минерализована.

Почва бурая, лесная, влажная, слабо оподзоленная, суглинистая, мало скелетная, среднеглубокая на карпатских андезитах.

Рельеф горный, высота около 500 м над уровнем моря, северо-восточная экспозиция, крутизна склона — 20—25°, количество выпадающих осадков в среднем 950 мм в год. Насаждение дугласии тиссолистной окружено буково-еловыми древостоями.

Тип леса — свежее-влажная карпатская субучина.

Культуры дугласии тиссолистной созданы посадкой 2-летними сеянцами в 1906 г. на участке из-под вырубki букового древостоя. Посадочный материал выращен в ме-

\* Полнота определена по эскизу таблиц хода роста дугласии тиссолистной, произрастающей в Карпатах [3].

Таблица 1

Древесная порода	! Возраст, лет Год исследования	Смешение пород на 1 га		Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Изреживание, % от первоначального количества растений	Площадь поперечного сечения на 1 га		Средняя площадь питания растения, м²	Запас стволовой древесины на 1 га		Вырубаемый сухой (отпад)		Общая продуктивность, м³/га
		шт.	%				м²	%		м³	%	шт.	м³	
Дп	2	3125	50	—	—	100	—	—	1,59	—	—	—	—	—
Е	1906	3125	50	—	—	100	—	—	1,59	—	—	—	—	—
Итого	—	6250	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Дп	41	376	62,0	30,0	31,0	10,1	28,60	81,0	19,4	372,0	76,9	2809	Не учтено	
Е	1947	160	38,0	26,0	23,1	6,9	6,68	19,0	—	112,0	23,1	2925	—	
Итого	—	536	100	—	—	—	35,28	100	—	484,0	100	—	—	—
Дп	51	309	69,2	34,5	36,2	9,8	32,00	84,3	22,3	549,0	84,4	7	3,5	690,5
Е	1957	138	30,8	30,2	23,5	4,4	6,01	15,7	—	102,0	15,6	62	36,0	—
Итого	—	447	100	—	—	—	38,01	100	—	651,0	100	69	39,5	690,5
Дп	56	304	77,0	36,5	40,2	9,7	38,5	88,0	25,3	649	88,8	5	4,5	776,0
Е	1962	91	23,0	31,0	26,8	2,9	5,2	12,0	—	82	11,2	47	40,5	—
Итого	—	395	100	—	—	—	43,7	100	—	731	100	52	45,0	776,0
Дп	60	302	81,3	38,8	43,8	9,6	45,4	90,1	26,7	755,5	91,0	2	1,5	850,3
Е	1966	70	18,7	31,2	29,9	2,2	4,9	9,9	—	74,8	9,0	21	18,5	—
Итого	—	372	100	—	—	—	50,3	100	—	830,3	100	23	20,0	850,3
Дп	70	252	98,0	45,0	50,1	8,0	49,09	99,0	38,6	1047,1	99,0	50	35,0	1123,7
Е	1976	5	2,0	33,5	35,0	0,2	0,56	1,0	—	9,6	1,0	65	32,0	—
Итого	—	257	100	—	—	—	49,65	100	—	1056,7	100	115	67,0	1123,7

стном (временном) питомнике из импортных семян. Дугласию и ель высаживали чистыми рядами в равном количестве, всего около 6250 сеянцев. Размещение  $1,25 \times 1,25$  м. Первоначальная схема размещения культур была следующей:

Дп	Дп	Дп	Дп	Дп
Е	Е	Е	Е	Е
Дп	Дп	Дп	Дп	Дп
Е	Е	Е	Е	Е

и т. д.

На постоянной пробной площади с 1947 г. изучаются биоэкологические особенности экзота — дугласии тиссолистной и ее взаимодействие с елью обыкновенной. До 1947 г. в насаждениях проводили рубки ухода слабой интенсивности по низовому методу, в основном выбирали отпад (сухостой).

За 30-летний период на стационарной пробной площади проведено шесть повторных пересчетов деревьев и изучена динамика роста и развития дугласии тиссолистной и ели обыкновенной. Данные приведены в табл. 1, из которой видно, что от первоначального количества деревьев (6250 шт. на 1 га) за 70 лет выпало 5993, или 96%, при этом дугласии осталось 8%, а ель обыкновенная исчезла полностью (остались единичные деревья). Дугласия тиссолистная занимала в насаждении устойчивое положение, с 41-летнего возраста стала господствующей древесной породой в первом ярусе древостоя.

В настоящее время (в возрасте 70 лет) количество стволов дугласии тиссолистной в насаждении составляет 98%. Уменьшилось не только количество стволов аборигенной древесной породы — ели обыкновенной, но изменились также в пользу дугласии все таксационные показатели — высота, диаметр, площадь поперечных сечений, запас, сомкнутость крон и др.

Вытеснение ели обыкновенной дугласовой пихтой привело к коренному изменению состава насаждения. Смешанное насаждение с одинаковым первоначальным составом дугласии и ели уже в 60-летнем возрасте перешло в чистый древостой дугласии с примесью ели.

Интересно отметить также, что кроны ели и дугласии в насаждении с 41-го года жизни (с начала наших исследований в 1947 г.) не угнетались друг другом. Несмотря на это, ель постепенно выпадала из насаждения и уступала место дугласии тиссолистной.

Длина кроны дугласии тиссолистной при средней высоте 45 м составляет около 15 м, остальная часть (около 30 м) — прямой цилиндрический полнодревесный ствол.

Кроны деревьев дугласии тиссолистной на исследуемом участке мощные, хорошо развитые, длина их около 35% общей высоты. Мощное развитие крон дугласии в древостоях Германии и Чехословакии отмечали также зарубежные исследователи [4, 5].

Хотя ель обыкновенная и вытеснялась дугласией, но она хорошо росла, таксационные показатели ее в возрасте 41—70 лет высокие. Продуктивность ели в смешанном древостое с дугласовой пихтой не уступает чистым еловым насаждениям, произрастающим в таких же условиях рядом.

Выпадение ели обыкновенной из смешанного елово-дугласового насаждения происходит не из-за атмосферных факторов, а вследствие некоторого антагонизма корневых систем и борьбы за почвенную влагу и в некоторой степени за питание.

На протяжении 30-летних исследований установлено, что дугласия тиссолистная цветет почти ежегодно, а семенные годы повторяются через 2—3 (5) лет. Ее древостои достаточно ветроустойчивы, в то время как чистые и смешанные еловые насаждения в Карпатах (в том числе рядом растущие) пострадали от сильных ветров.

### Выводы

1. Дугласия тиссолистная полностью акклиматизировалась в западных областях УССР, хорошо растет, образует полнодревесные стволы с мощной кроной и корневой системой, цветет, плодоносит и в благоприятных условиях естественно возобновляется. В возрасте 70 лет достигает запаса свыше 1100 м<sup>3</sup> на 1 га.

2. Дугласия тиссолистная в смешанных с елью обыкновенной древостоях по продуктивности и биологической стойкости превышает ель. Смешанные елово-дугласовые насаждения со временем переходят в чистые насаждения дугласии.

3. Ель обыкновенная в смешении с дугласией тиссолистной положительно влияет на рост и развитие последней.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Бродович Т. М. Опыт внедрения дугласии зеленой в западных областях УССР. — «Лесное хозяйство», 1955, № 5. [2]. Бродович Т. М. Исследование насаждений псевдотсуги тиссолистной в западных областях УССР. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1964, № 4. [3]. Бродович Т. М. Культура псевдотсуги в лесных насаждениях СССР. Автореф. дис. на соиск. учен. степени докт. с.-х. наук. Киев, 1969. [4]. Göhrge K. Die Douglasie und ihr Holz. «Akademie Verlag». Berlin, 1955. [5]. Hofman J. Pěstování douglasky. «Stát. zemědel. nakladat.». Praha, 1964.

Поступила 6 февраля 1978 г.

УДК 634.0.453

## ПАССИВНЫЙ ПЕРИОД В ЦИКЛЕ РАЗВИТИЯ БОЯРЫШНИЦЫ

Г. И. ГОЛУТВИН

Ленинградская лесотехническая академия

Приводятся результаты исследований изменения температурного режима внутри гнезд боярышницы в зимний период. Параллельно с этим анализируется динамика расходования энергетических ресурсов. Выявлено, что за зимний период содержание жира в теле гусениц уменьшается с 27,9 до 19,5%. За счет расхода жирового тела поддерживается более высокая температура внутри гнезда по сравнению с окружающей средой.

Поскольку насекомые относятся к пойкилотермным животным, активность обмена веществ и темпы развития у них связаны с температурными условиями окружающей среды. Пойкилотермия — адаптация к резким суточным и сезонным изменениям температуры, в частности, обеспечивающая выживаемость насекомых в условиях смены времен года, в том числе при зимних холодах.

Жизненный цикл насекомых можно условно разделить на два периода — активный и пассивный. Первый характеризуется интенсивными процессами обмена веществ, связанными с питанием, метаморфозом, спариванием и размножением, и у большинства насекомых приходится на теплое время года. Пассивный период связан с перезимовкой, или диапаузой, и характеризуется ослаблением процессов обмена, заключающихся преимущественно в дыхании и расходовании энергетических ресурсов на этот процесс.

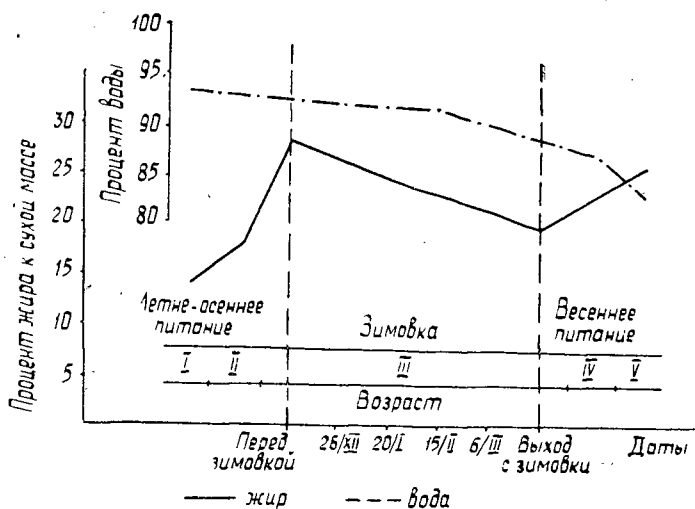


Рис. 1. Динамика изменения содержания жира и воды в гусеницах боярышницы.

Пассивный период у насекомых в противоположность активному изучен значительно слабее. Боярышница — благодарный объект для исследования в этом направлении, поскольку зимует на фазе II—III возраста в гнездах, состоящих из скрепленных паутиной листьев, что существенно облегчает необходимые наблюдения.

Для исследования некоторых аспектов этого вопроса мы изучали температурный режим в гнездах при помощи точечного высокочувствительного микроэлектротермометра, особенности выхода гусениц из мест зимовки, а также биохимический состав гусениц, в частности содержание жира в их теле (по методу Сокслета).

Собранные в природе гнезда с ушедшими на зимовку гусеницами хранили в неотапливаемом помещении, а также непосредственно на холоде в марлевых мешках. Всего в опытах было 250 гнезд с общим количеством гусениц около 2 тыс.

Для гусениц накопление жира, бесспорно, имеет важное биологическое значение. Жировое тело — энергетическое вещество, которое накапливается по мере активного развития индивидуума.

Проведенные нами анализы показали, что за период питания и зимовки существенным образом меняется содержание жира в теле гусениц.

Процент жира по отношению к сухой массе гусениц составляет в I возрасте 13,6%, а к III возрасту (уход в диапаузу) достигает максимума — 27,9%. Затем жиры равномерно расходуются в период зимовки, их процент снижается с 27,9 до 19,5 (рис. 1).

Водный баланс характеризуется довольно высоким процентом содержания воды в тканях. Так, у гусениц I возраста он составляет 93,5%, к моменту ухода в диапаузу снижается лишь на 0,5%, в течение зимнего периода уменьшается еще на 2,8%. Наименьшее содержание воды (82,7%) приходится на V возраст.

Анализируя приведенный материал по расходованию жира и воды гусеницами боярышницы, можно предположить, что в период зимовки в их организме происходят определенные замедленные процессы, связанные, видимо, с энергетическим расходованием жирового тела, дыханием и испарением. За счет расхода жирового тела, вероятно, и поддерживается более высокая температура внутри гнезда по сравнению с окружающей средой.

Таблица 1

Место опыта	Среднемесячная температура, °С	Разница между температурой исследуемого объекта и наружного воздуха		
		Гнезда	Кокона	Гусеницы
Парк ЛТА	От -2,4 до -17,6	+2,23	+6,09	+9,00
Подвал	" -1 " + 2	+2,20	+6,52	+7,40
Лаборатория	" +16 " +20	+0,65	+1,47	+2,12

Как видим из табл. 1, разница между температурой окружающего воздуха и исследуемых объектов довольно значительна, особенно при содержании гнезд в условиях, близких к естественным.

Разница в температурном режиме говорит о наличии в гнездах специфического микроклимата, позволяющего гусеницам пережить достаточно низкий температурный порог.

Данные табл. 1 показывают, что температура гнезда, кокона и самой гусеницы последовательно повышается. Таким образом, мы считаем, что здесь имеет место ступенчатая теплоотдача.

Анализ средних превышений еще раз подтверждает, что жировое тело гусениц расходуется постепенно и достаточно равномерно. Характерно, что с понижением температуры окружающего воздуха превышение температурного режима в гнездах возрастает (табл. 2).

Таблица 2

Месяц	Среднесуточная температура, °С	Среднее превышение, град
Декабрь	- 2,4	2,30
Январь	-17,6	2,42
Февраль	- 4,2	1,73

Многие исследователи обращали внимание на то, что зимние гнезда, коконы, секреторные покрытия яйцекладок и гусениц имеют существенное значение для перезимовки насекомых в условиях отрицательных температур.

Е. Х. Золотарев\*, который проводил аналогичные опыты с гнездами боярышницы, установил, что температура в гнезде при солнечном освещении была выше окружающей на 6—8°, в пасмурные дни эта разница отсутствовала.

Основная роль гнезда, как нам представляется, заключается не столько в повышении температуры, сколько в сглаживании ее суточных колебаний и создании внутри гнезда особого микроклимата. Кроме этого, гнезда несут функции защиты от проникновения патогенных организмов, переувлажнения, высыхания и вымерзания.

Выход гусениц из гнезд в естественных условиях всегда происходит одновременно с набуханием почек черемухи. Эта синхронность проявилась и тогда, когда гусеницы были перенесены из Иркутской области в Ленинградскую: их выход из гнезд происходил одновременно с распусканием почек в природе, хотя в Ленинградской области

\* Золотарев Е. Х. О развитии гусениц боярышницы (*Aporia crataegi* L.) в период зимовки. — «Зоологический журнал», 1950, т. 29, вып. 2.

период вегетации наступает в среднем на месяц раньше, чем в Иркутской.

При внесении гнезд в теплое помещение, начиная с февраля, гусеницы начинают их покидать через пять суток и приступают к питанию. При резком повышении температуры до  $+30-40^{\circ}\text{C}$  гусеницы покидают гнезда и в ноябре, но отказываются от корма и сразу же вновь начинают окутывать себя паутиной.

Таким образом, чтобы покинуть гнездо, гусеницам не требуется проходить холодовую стадию, однако в подобных случаях они оказываются нежизнеспособными. Для того чтобы снять действие ингибиторов, вызывающих диапаузу, необходимы низкие температуры, хотя и не обязательно минусовые. На наш взгляд, минусовые температуры позволяют данному виду сохранить указанную синхронность с чередованием сезонных циклов, приобретенную вредителем в результате эволюции.

Изучением влияния длины светового дня мы занимались лишь в осенний период (август — сентябрь), когда гусеницы почти прекращали питание и начинали готовить зимние гнезда. Гусениц выкармливали при круглосуточном освещении, при 12-часовом дне и при полном отсутствии освещения. Во всех трех опытах гусеницы вели себя идентично: не питались и приступали к изготовлению кокончиков и зимних гнезд. При воздействии высоких положительных температур в середине зимы гусеницы выходили из гнезд и сразу же пытались уйти обратно. После завершения диапаузы, ранней весной, они, наоборот, стремились к свету, в этот период они приобретали положительный фототаксис.

В заключение отметим, что диапауза есть физиологическое приспособление к переживанию неблагоприятных условий среды и необходимый этап в развитии боярышницы, как и многих других видов насекомых.

Изучая таким образом пассивный период в жизни трех видов чешуекрылых, связанных с черемухой, мы подсчитали, какая доля (в сутках) от полного цикла развития вредителя падает на активный и пассивный периоды (табл. 3).

Таблица 3

Вредитель	Период развития, сутки/%		
	активный		пассивный (диапауза и зимовка)
	Всего	В том числе питание	
Боярышница	100 26,4	70 19,2	265 72,6
Черемуховая моль	90 24,7	50 13,7	275 75,3
Пятнистая дальневосточная пяденица	65 17,8	50 13,7	300 82,2

Как видно из приведенной таблицы, значительную часть цикла (около 80% по времени) указанные насекомые проводят в пассивном состоянии.

Итак, прекращение питания гусениц боярышницы в середине лета может рассматриваться как наследственно закрепленный уход в настоящую облигатную диапаузу.



Информацией, вызывающей диапаузу, по-видимому, является биохимический состав корма, в частности, содержание растворимых сахаров, жиров и белка в восстановившейся после объедания листве.

Обращает на себя внимание и тот факт, что в диапаузу уходят и гусеницы, не питающиеся такой листвой — в период до вспышки массового размножения. По-видимому, в таких случаях имеет место поступление информации и по другим каналам, в частности через режим температуры и влажности в июле, а также благодаря сокращению длины светового дня.

Поступила 23 марта 1978 г.

УДК 539.12:581.112.4

## ПРОХОЖДЕНИЕ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ ЧЕРЕЗ ЛИСТЬЯ ДЕРЕВЬЕВ

Б. Е. ВЛАСОВ

Московский лесотехнический институт

Проводится анализ прохождения фотонов и  $\beta$ -частиц через листья деревьев. Для  $\beta$ -частиц проведено экспериментальное исследование. Оцениваются эффективное сечение взаимодействия и коэффициент поглощения.

Вопрос о прохождении элементарных частиц через листья деревьев актуален по ряду причин. Это важнейшая для человечества фотосинтетическая деятельность растений, вопросы регуляции радиационных потоков в толще лесных сообществ, материально-энергетических закономерностей [1].

Лесные объекты находятся в постоянном взаимодействии с окружающей средой. Эффекты взаимодействия могут определяться причинами как космического масштаба, так и искусственно созданными. Потоки частиц естественной или искусственной природы, проникающие через листву, могут представлять собою кванты электромагнитных полей — фотоны, существование которых связано со световыми волнами, распространяющимися из космоса, солнечным излучением, полями, связанными с электрическими явлениями в атмосфере, искусственно созданным радиофоном. Это рентгеновское излучение, космические лучи, определяющие возникновение в атмосфере электронно-фотонных ливней, радиоактивное излучение.

Вопрос о взаимодействии элементарных частиц с органическим веществом зеленых листьев актуален с биофизической точки зрения [3], с точки зрения задач радиационной биологии — радиационной генетики, радиационной защиты.

Теоретическое исследование прохождения элементарных частиц через отдельный зеленый лист возможно путем применения метода Монте-Карло. Общая схема метода приведена в [4]. Лист рассматривается как тонкая однородная пластинка, однако можно построить схему расчета с учетом сложного строения листа. Для моделирования процесса необходимо знать эффективные сечения взаимодействия элементарных частиц с молекулами вещества зеленого листа.

Решение задачи о нахождении суммарного эффективного сечения взаимодействия возможно как в теоретическом, так и в экспериментальном плане. В последнем случае решается также задача о поглощении элементарных частиц листом, т. е. задача радиационной защиты.

В дальнейшем будем рассматривать теоретическое определение эффективного сечения поглощения для фотонов и экспериментальное определение поглощения  $\beta$ -частиц зеленой листвой.

Определим фотопроницаемость зеленого листа, оценивая суммарное эффективное сечение взаимодействия с различных позиций. Рассмотрим сначала лист как «тонкую мишень». В этом случае ослаблением пучка частиц в мишени практически можно пренебречь. Тогда эффективное сечение определится как [9]

$$\sigma = \frac{\Delta N}{n_1 V_1 n_2 V_0}, \quad (1)$$

где  $\Delta N$  — полное число вылетающих из тонкой мишени частиц;  
 $n_1 V_1$  — поток частиц в налетающем пучке ( $n_1$  — плотность налетающих частиц,  $V_1$  — их скорость);  
 $n_2$  — плотность частиц облучаемого вещества;  
 $V_0$  — объем мишени.

Для монохроматического света при значении светового потока  $\Phi$  падающая энергия за время  $\Delta t$  составляет  $\Phi \Delta t$ , тогда

$$n_1 V_1 = \frac{\Phi \Delta t}{h \nu \Delta t S} = \frac{E}{h \nu}, \quad (2)$$

где  $\epsilon = h \nu$  — энергия падающих квантов ( $h$  — постоянная Планка,  $\nu$  — частота);  
 $S$  — площадь облучаемой поверхности;  
 $E$  — освещенность для падающего света.

Величина

$$\Delta N = \frac{\Phi_N}{h \nu_N}, \quad (3)$$

где  $\Phi_N$  — прошедший световой поток;  
 $\epsilon_N = h \nu_N$  — энергия прошедших квантов (здесь в общем случае может учитываться эффект Комптона, при этом частоты  $\nu \neq \nu_N$ ).

Тогда

$$\sigma = \frac{\Phi_N}{E / h \nu \cdot h \nu_N n_2 V_0} = \frac{E_N / E}{\nu_N / \nu n_2 V_0}. \quad (4)$$

Для очень тонкого листа освещенность для прошедшего света  $E_N \approx E$ . Считая также  $\nu = \nu_N$ , получим формулу для расчета

$$\sigma \approx \frac{S}{n_2 V_0}. \quad (5)$$

Считая, что в содержимом клетки значительное место занимает вода, можно оценить  $\sigma$  по формуле (5). Для  $S \sim 1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ , толщины листа  $h \sim 1 \cdot 10^{-4} \text{ м}$ ,  $n_2 \approx 32 \cdot 10^{23} \text{ 1/м}^3$  [8]  $\sigma \approx 3 \cdot 10^{-26} \text{ м}^2$ .

В [2] предлагается оценивать

$$\sigma = \pi R^2, \quad (6)$$

где  $R$  — эффективный радиус взаимодействующей молекулы.

Пользуясь данными [6], можно считать для молекулы хлорофилла  $R = 0,75 \cdot 10^{-9} \text{ м}$ . Тогда  $\sigma = 1,76 \cdot 10^{-18} \text{ м}^2$ . К значению  $\sigma$  можно прийти также, пользуясь законом Бэра:

$$I = I_0 e^{-\mu x}, \quad (7)$$

где  $I_0$  — исходная интенсивность света;  
 $I$  — интенсивность прошедшего света;  
 $n$  — число взаимодействующих центров в единице объема;  
 $x$  — средняя толщина содержащих хлорофилл клеток.

Тогда [6] для  $\lg I_0/I = 2$ ,  $x = 2 \cdot 10^{-4}$  м, концентрации хлорофилла  $c \approx 10^{-3}$  кмоль/м<sup>3</sup>,

$$n = cN_A, \quad (8)$$

где  $N_A$  — число Авогадро,

будем иметь  $\sigma \approx 0,04 \cdot 10^{-18}$  м<sup>2</sup>. Таким образом, формулы (6) и (7) дают соизмеримые результаты.

По данным [3],  $\sigma \approx 10^{-20}$  м<sup>2</sup>. Можно считать, что значения эффективного сечения находятся в пределах  $10^{-26}$ — $10^{-18}$  м<sup>2</sup>. Конкретное же значение определяется принятой расчетной моделью и точностью исходных параметров.

Экспериментальное исследование прохождения  $\beta$ -частиц через листья деревьев мы проводили на установке, представленной на рис. 1. Она состоит из установки малого фона УМФ-1500М, сцинтилляционного счетчика и цифрового пересчетного прибора

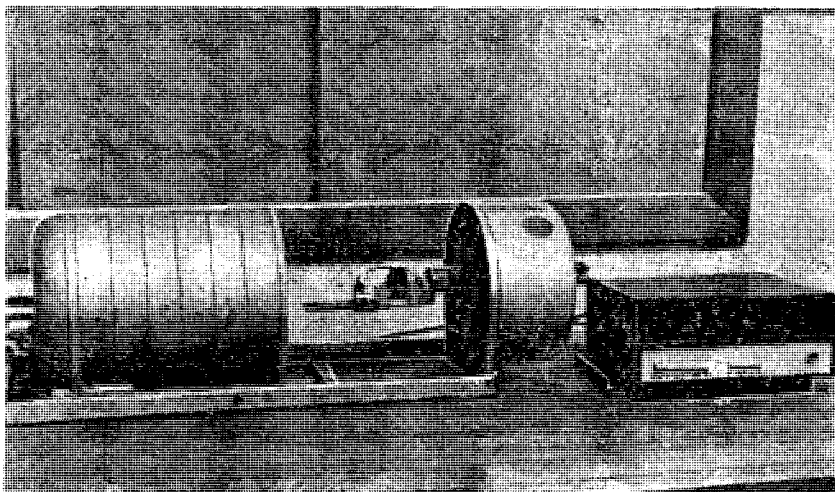


Рис. 1.

ПП-1Б. В качестве источника  $\beta$ -частиц использовали изотоп стронция  $^{90}\text{Sr}$  с максимальной энергией частиц 0,58 МэВ. Эксперименты проводили с сорванными зелеными листьями березы, липы и тополя. Методика эксперимента заключалась в следующем. Снимали отдельно характеристики фона счетчика и источника излучения  $\beta$ -частиц как зависимости количества прошедших частиц от времени. Затем между источником и счетчиком помещали участок листа, толщину которого предварительно определяли в нескольких местах микрометром. По цифровому прибору проводили замеры во всех случаях через 1 мин в течение 10 мин. Опыты повторяли неоднократно. Фон и характеристику источника снимали перед каждым опытом.

Полученные результаты связи количества импульсов со временем аппроксимировали линейными зависимостями. Так, для источника  $I_{\text{и}} = 112t$ . Для листа березы  $I_6 = 108t$  (фон  $I_{\text{ф}} = 5,3t$ ), для листа липы  $I_{\text{л}} = 104t$ , для листа тополя  $I_{\text{т}} = 107t$  (в двух последних случаях фон  $I_{\text{ф}} = 3,25t$ ). Средняя толщина листа березы  $h = 0,171 \cdot 10^{-3}$  м, липы  $h = 0,145 \cdot 10^{-3}$  м, тополя  $h = 0,169 \cdot 10^{-3}$  м.

В соответствии с принятым в дозиметрии экспоненциальным законом, коэффициент поглощения определяли по формуле

$$K = \frac{2,3}{h} \lg \frac{I_0 - I_\Phi}{I - I_\Phi}. \quad (9)$$

Тогда для коэффициента поглощения имеем  $K_6 = 3,77 \cdot 10^2 \text{ м}^{-1}$ ,  $K_d = 5,4 \cdot 10^2 \text{ м}^{-1}$ ,  $K_r = 2,86 \cdot 10^2 \text{ м}^{-1}$ , т. е. его значения для рассмотренных случаев находятся в пределах  $2,86 \cdot 10^2 - 5,4 \cdot 10^2 \text{ м}^{-1}$ .

Проведенные опыты показывают, что коэффициент поглощения не зависит от направления проникновения частиц — с наружной или внутренней стороны листа.

Механизм физического воздействия  $\beta$ -излучения рассматривается в [5, 7, 9]. В данном случае следует ожидать эффект ионизационных потерь. Если принять за основу взаимодействие  $\beta$ -частиц с молекулами воды с образованием радикалов, то можно оценить эффективное сечение взаимодействия для  $\beta$ -частиц. Тогда для листа березы, например, с  $h = 0,171 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ ,  $K_6 = 3,77 \cdot 10^2 \text{ м}^{-1}$ ,  $n = 32 \cdot 10^{28} \text{ 1/м}^3$  будем иметь  $\sigma_6 = \frac{K_6}{n} = 1,18 \cdot 10^{-27} \text{ м}^2$ . Соответственно  $\sigma_d = 1,69 \cdot 10^{-27} \text{ м}^2$ ,  $\sigma_r = 0,895 \cdot 10^{-27} \text{ м}^2$ . Иначе, эффективное сечение в рассмотренных случаях находится в пределах  $0,895 \cdot 10^{-27} - 1,69 \cdot 10^{-27} \text{ м}^2$  и соизмеримо со значением его при возможном взаимодействии с фотоном.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Алексеев В. А. Световой режим леса. Л., «Наука», 1975. [2]. Белоусов А. С. Счетчики элементарных частиц. М., «Наука», 1972. [3]. Биофизика фотосинтеза. Под ред. Рубина А. Б. М., Изд-во МГУ, 1975. [4]. Власов Б. Е. О применении новых математических методов для решения лесохозяйственных задач. — В сб.: Методы электроники и счетно-решающей техники и их внедрение в лесное хозяйство, лесную и деревообрабатывающую промышленность. Научные труды МЛТИ. М., 1974, № 63. [5]. Иванов В. И. Курс дозиметрии. М., Атомиздат, 1970. [6]. Нобел П. Физиология растительной клетки. М., «Мир», 1973. [7]. Рачинский В. В. Курс основ атомной техники в сельском хозяйстве. М., Атомиздат, 1974. [8]. Телеснин Р. В. Молекулярная физика. М., «Высшая школа», 1973. [9]. Широков Ю. М., Юдин Н. П. Ядерная физика. М., «Наука», 1972.

Поступила 26 октября 1976 г.

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 625.033.38

**МЕТОДИКА РАСЧЕТА УСТОЙЧИВОСТИ  
БЕССТЫКОВОГО УЗКОКОЛЕЙНОГО ПУТИ  
В КРИВЫХ ПРИ ПРОСТРАНСТВЕННОМ ИЗГИБЕ  
РЕЛЬСО-ШПАЛЬНОЙ РЕШЕТКИ**

Ф. Н. КУСТОВ

Московский лесотехнический институт

Излагается методика расчета устойчивости бесстыкового узкоколейного пути в кривых, разработанная на основе выполненных автором экспериментальных исследований. Предлагаемая методика расчета позволяет более точно оценить степень устойчивости бесстыкового узкоколейного пути в кривых.

Существующие методы расчета устойчивости железнодорожного пути базируются на теории плоского изгиба рельсо-шпальной решетки. Они не отражают специфичности поведения узкоколейного пути при выбросе. Игнорирование устойчивости пространственного характера выбросов приводит к существенной разнице между расчетными и экспериментальными значениями критических сил для одной и той же конструкции пути. Важнейшим показателем, характеризующим устойчивость пути, принято считать значение критической силы при соответствующей поперечной деформации пути. Применительно к узкоколейному пути, в особенности в кривых малых радиусов, значения последних до сих пор не установлены.

Автором в 1972—1974 гг. на специально построенном стенде были проведены опыты по искусственному выбросу пути в кривых радиусом 100 и 200 м и на прямом участке пути. По своим параметрам (длина опытных кривых более 100 м) стенд был максимально приближен к условиям эксплуатируемого пути. Всего было проведено 29 опытов.

Для определения критических деформаций и соответствующих критических сил измеряли микроперемещения путевой решетки в горизонтальной и вертикальной плоскостях и продольные сжимающие усилия в обеих рельсовых плетях. В настоящей работе принято, что наступлению критического состояния соответствует момент подъема путевой решетки вверх, который сопровождается отрывом нижних постелей шпал с балластом сопротивляемость путевой решетки действию выбросных сил резко уменьшается, что приводит к интенсивному необратимому

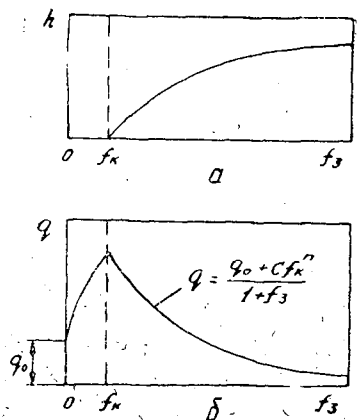


Рис. 1. Характерные особенности выброса узкоколейного пути.

а — траектория движения путевой решетки; б — изменение сопротивляемости шпал в процессе поперечного сдвига.

нарастанию поперечной деформации. Обработка результатов проведенных опытов показала, что зависимости критических деформаций от радиуса кривой могут быть аппроксимированы выражением

$$f_k = 0,05 + \frac{5}{R} \text{ см.} \quad (1)$$

где  $R$  — радиус кривой, м.

Принято считать, что одной из главных причин, приводящих к потере устойчивости пути, является наличие горизонтальных и вертикальных неровностей. Для проверки этого утверждения было проведено 8 опытов со специально созданными горизонтальными неровностями и 2 опыта — с вертикальными. Установлено, что выбросы происходят не обязательно в местах с максимальными неровностями (табл. 1).

Таблица 1

Вид неровностей	Уклон начальных неровностей, ‰		
	средний	в месте выброса	максимальный
Горизонтальные	3,1	3,6	5,7
Вертикальные	5,6	5,2	11,0

Главное условие, определяющее место выброса, — уменьшение погонного поперечного сопротивления на этом участке. Вполне правомерно предположение, что появление неровностей в эксплуатируемом пути есть следствие неравномерности распределения погонного поперечного сопротивления вдоль пути. Начальные же неровности в определенных случаях лишь способствуют уменьшению значений критических сил.

Следующим фактором, влияющим на величину критической силы, является эксцентриситет приложения сжимающих продольных сил. Как и начальные неровности, эксцентриситет практически неизбежен в эксплуатируемом пути. Это особенно справедливо по отношению к узкоколейному пути, поскольку из-за низкого качества узкоколейных рельсов торцы их быстро сбиваются, и потому передача продольных сил без эксцентриситета мало вероятна. Появление эксцентриситета вызывается также неравномерностью силового замыкания рельсовых плетей в кривых из-за различных температурных режимов внутренних и наружных рельсовых плетей. Таким образом, в схему расчета неравномерности распределения погонного поперечного сопротивления вдоль пути обязательно следует вводить эксцентриситет и начальные неровности.

Анализ проведенных опытов показал, что важнейшим критерием, определяющим специфичность выбросов узкоколейного пути, является характер изменения погонного поперечного сопротивления  $q$  в процессе поперечного сдвига  $f$ . Для установления вида зависимости  $q = \varphi(f)$  нами были проведены специальные опыты по сдвигу шпалы поперек пути, предварительно поднятой на высоту 0; 0,04; 0,10 и 0,20 см. В результате этих опытов установлено, что погонное поперечное сопротивление с увеличением высоты подъема шпалы  $h$  при любом фиксированном значении  $f$  уменьшается по гиперболическому закону.

Для получения значений критических сил в том толковании, которое предложено в настоящей работе, нами использована функция  $q = \varphi(f)$  в виде непрерывной составной линии. Учитывая, что до наступления критического состояния с увеличением поперечной деформации (на участке от 0 до  $f_k$  на рис. 1, б) погонное поперечное сопротив-

ление возрастает по степенной зависимости (так как на этом участке происходит упругое сжатие балласта без подъема рельсо-шпальной решетки), а после критического (т. е. на участке от  $f_k$ , где  $f_3 = 0$ , до любого значения  $f_3$ , где  $f_3 > f_k$ ) — резко падает по гиперболическому закону, вид функции  $q = \varphi(f)$  при пространственном изгибе рельсо-шпальной решетки можно выразить формулой

$$q = \frac{q_0 + c f^n}{1 + f_3} \text{ кгс/см}, \quad (2)$$

где  $f$  — поперечная деформация на участке от 0 до  $f_k$ ; при наступлении критического состояния  $f$  принимается равной  $f_k$ . Значение  $q = q_k$  при  $f = f_k$  становится постоянным для данного радиуса кривой;

$f_3$  — закритическая деформация, отсчитываемая от  $f_k$  (при которой  $f_3 = 0$ ).

Погонное поперечное сопротивление по длине пути различно, что в значительной мере влияет на определение места выброса. Характер изменения сопротивления  $q$  вдоль пути в месте вероятного выброса может быть выражен функцией, предложенной в [4],

$$z(l) = q \sin^2 \frac{\pi x}{l}. \quad (3)$$

Экспериментальные исследования позволили уточнить расчет устойчивости бесстыкового пути. Предлагаемое решение использует методику, предложенную С. П. Першиным [3] и дополненную З. Л. Крейнисом [1], Н. С. Чирковым [4], Б. И. Кувалдиным и В. А. Лаптевым [2]. Определим условия устойчивости кривого участка пути радиусом  $R$ , имеющего начальное искривление в горизонтальной плоскости со стрелой  $f_0$  и хордой  $l$ , при сжатии продольными усилиями с эксцентриситетом  $\epsilon$ . В качестве кривой изгиба рельсо-шпальной решетки при выбросе принято уравнение квадратичной синусоиды

$$y = f \sin^2 \frac{\pi x}{l}. \quad (4)$$

Используя энергетический метод, составим уравнение работ всех сил на любом возможном перемещении:

$$dA_N + dA_\epsilon - dA_{2P} - dA_q - dA_m = 0. \quad (5)$$

Поскольку при пространственном выбросе абсолютные значения горизонтальных перемещений существенно (в 10 раз и более) выше вертикальных, то все работы, входящие в уравнение (5), за исключением работы сил сопротивлений поперечному сдвигу шпал в балласте  $dA_q$ , могут быть определены по формулам, полученным для плоского изгиба рельсо-шпальной решетки [1—3]. Так, элементарная работа по изгибу двух рельсов, по данным [2] с учетом зависимости (4), равна

$$dA_{2P} = EI_{2P} \frac{2f\pi^4}{l^3} df. \quad (6)$$

Элементарная работа, совершаемая за счет эксцентричного приложения сжимающих сил, по данным [1],

$$dA_\epsilon = \frac{2N\epsilon}{l} df. \quad (7)$$

Элементарная работа по преодолению сопротивлений в узлах рельсо-шпальной решетки, по данным [2],

$$dA_m = \left[ \frac{4m_0}{a} + \frac{4m}{a} \left( f \frac{\pi}{l} \right)^k \xi_1 \right] df, \quad (8)$$

где  $\xi_1$  — постоянная интегрирования;  
 $a$  — расстояние между осями шпал;  
 $m_0, m$  — параметры реактивного момента.

Элементарная работа сжимающей силы на концах искривления, как известно [3], равна

$$dA_N = N \left( 2\eta_1 \frac{f+f_0}{l} + \eta_2 \frac{l}{R} \right) df, \quad (9)$$

где  $\eta_1$  и  $\eta_2$  — коэффициенты, зависящие от принятой формы искривления.

При использовании в качестве кривой изгиба уравнения (4)

$$\eta_1 = \frac{\pi^2}{4}; \quad \eta_2 = 0,5.$$

С учетом зависимостей (2) и (3) и способа, предложенного в [4], найдем работу сил сопротивлений поперечному сдвигу шпал в балласте

$$A_q = 2 \int_0^{l/2} dx \int_0^{f_3} q df = 2 \int_0^{l/2} dx \int_0^{f_k} q_0 \sin^2 \frac{\pi x}{l} df + \\ + 2 \int_0^{l/2} dx \int_0^{f_k} c f^n \sin^2 \frac{\pi x}{l} df + 2 \int_0^{l/2} dx \int_0^{f_3} \frac{q_k \sin^2 \frac{\pi x}{l}}{1+f_3} df,$$

где  $q_k = q_0 + c f_k^n$  — значение погонного поперечного сопротивления при величине сдвига, соответствующего критическому состоянию, т. е. при  $f = f_k$ .

Величина  $q_k$  при данном радиусе кривой постоянна. Графическое изображение работы  $A_q$  в месте вероятного выброса представлено на рис. 2.

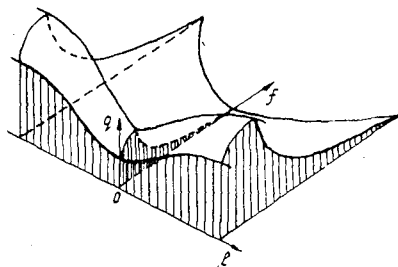


Рис. 2. Графическое изображение работы сил сопротивления сдвигу шпал в балласте при пространственном изгибе рельсо-шпальной решетки.

В результате приближенного интегрирования по  $f$  и  $l$  получим

$$A_q = \frac{l}{2} \left( q_0 f + \frac{c f^{n+1}}{n+1} \xi_2 + q_k \ln \frac{1+f_3}{1+f_k} \right),$$

где  $\xi_2$  — постоянная интегрирования, зависящая от показателя степени  $n$ .

Соответствующая элементарная работа

$$dA_q = \frac{l}{2} \left( q_0 + c f^n \xi_2 + \frac{q_k}{1+f_3} \right) df. \quad (10)$$



Подставив значения элементарных работ из выражений (6) — (10) в уравнение (5), получим формулу для определения критических сжимающих сил:

$$N_k = \frac{39,4EI_{2P} \frac{f_k}{l^2} + 0,813 \frac{l}{a} \left[ m_0 + m \left( f_k \frac{\pi}{l} \right)^k \xi_1 \right] + 0,101 l^2 (q_0 + c f_k^n \xi_2)}{f_k + f_0 + 0,406\varepsilon + 0,101 \frac{l^2}{R}}. \quad (11)$$

Принимая во внимание, что в формуле (11) значение погонного поперечного сопротивления  $q_k$

$$q_k = q_0 + c f_k^n \xi_2 = \frac{P_k}{a} = \frac{c_0 c_1 f_k^n \xi_2}{a},$$

(где  $P_k$  — усилие сдвига шпалы поперек пути при величине сдвига, соответствующего критической деформации), а также то, что значение изгибающего момента в узлах рельсо-шпальной решетки в период наступления критического состояния равно  $m_k = m_0 + m \left( f_k \frac{\pi}{l} \right)^k \varepsilon_1$ , формулу (11) можно переписать в виде

$$N_k = \frac{39,4EI_{2P} \frac{f_k}{l^2} + 0,101 \frac{l}{a} (P_k l + 8,05 m_k)}{f_k + f_0 + 0,406\varepsilon + 0,101 \frac{l^2}{R}}. \quad (12)$$

Для определения критических усилий по формулам (11) и (12) необходимо и достаточно найти минимальное значение  $N_k$  при различных значениях длины прогиба  $l$ . Преимущество использования формулы (12) по сравнению с (11) заключается в том, что значения критических сил могут быть получены непосредственно после нахождения опытным путем значений  $P_k$  и  $m_k$ . Сравнение расчетных значений критических сил с экспериментальными (табл. 2) показывает удовлетворительную сходимость результатов. Таким образом, применение настоящего метода расчета позволяет более точно оценить степень устойчивости бесстыкового узкоколейного пути в кривых и конкретизировать поиск эффективных мер по ее повышению.

Таблица 2

Радиус кривой, м	Опытные данные		Расчетное значение критической силы, тс	% погрешности
	№ опыта	Опытное значение критической силы, тс		
200	2	11,0	11,59	5,3
200	13	18,5	17,19	7,1
200	16	20,4	22,10	8,3
200	20	11,5	11,94	3,8
100	22	16,1	16,72	3,8
100	23	15,4	15,47	0,4
100	24	16,9	16,72	0,5
100	25	12,8	12,66	1,1
Прямая	26	25,1	25,61	2,0
"	27	24,8	24,81	0,0
"	28	24,5	24,81	1,2
"	29	30,0	29,75	0,8

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Крейнис З. Л. Некоторые вопросы расчета бесстыкового пути на станциях. — «Труды ВЗИИТа», 1965, вып. 19, с. 4—19. [2]. Кувалдин Б. И., Лаптев В. А. Бесстыковой путь железных дорог колес 750 мм. М., «Лесная промышленность», 1968, с. 144. [3]. Першин С. П. Методы расчета устойчивости бесстыкового пути. — «Труды МИИТа». М., Трансжелдориздат, 1962, вып. 147, с. 28—97. [4]. Чирков Н. С. Расчет устойчивости бесстыкового пути при подъёмке домкратами. — «Труды ЦНИИ МПС». М., «Транспорт», 1968, вып. 364, с. 58—76.

Поступила 18 апреля 1978 г.

УДК 625.11

## ОБ АППРОКСИМАЦИИ СИЛЫ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОПЕРЕЧНОМУ ПЕРЕМЕЩЕНИЮ РЕЛЬСО-ШПАЛЬНОЙ РЕШЕТКИ

С. И. МОРОЗОВ

Архангельский лесотехнический институт

Рассматривается влияние трех способов аппроксимации зависимости  $q = q(y)$ : нелинейная  $q = q_0 + cy^a$ , линейная  $q = c_0y$  и  $q = \text{const}$  на точность вычисления продольной сжимающей силы. Установлено, что при определении  $c_0$  и  $q$  в зависимости от величины поперечной деформации рассмотренные способы аппроксимации дают практически одинаковые результаты.

Сила сопротивления поперечному перемещению рельсо-шпальной решетки в горизонтальной плоскости — одна из основных расчетных характеристик температурно-напряженного железнодорожного пути. В большинстве случаев интенсивность этой силы  $q$  выражают нелинейной зависимостью от прогибов  $y$ :

$$q = q_0 + cy^a, \quad (1)$$

где  $q_0$ ,  $c$ ,  $a$  — параметры зависимости.

Применение уравнения (1) создает существенные трудности при аналитическом исследовании устойчивости рельсо-шпальной решетки, поэтому часто используют более простые зависимости, а именно  $q = c_0y$ ,  $q = q_0 + cy$ ,  $q = \text{const}$  и т. д. В этих случаях необходимо оценить допускаемую погрешность и саму правомерность линеаризации с точки зрения физической сущности рассматриваемого процесса.

Сравнение результатов расчета критической (приводящей к выбросу пути) продольной силы при различных законах изменения  $q$  выполнено в работе [2]. Автором ее сделан вывод, что использование условия  $q = \text{const}$  (по сравнению с условием  $q = c_0y$  и кусочно-линейной аппроксимацией) — единственно приемлемое допущение при анализе выброса пути в горизонтальной плоскости. Отметим, однако, что этот вывод требует уточнения, так как справедлив только для участка пути без начальных неровностей на стадии выброса.

В настоящей статье рассматривается влияние различных способов аппроксимации зависимости  $q = q(y)$  на характер процесса предвыбросных деформаций. Рельсо-шпальную решетку заменим балкой эквивалентной жесткости  $EI$  ( $I = 2I_p$ ,  $I_p$  — момент инерции рельса). Балка имеет начальные неровности, определяемые начальными неровностями рельсов.

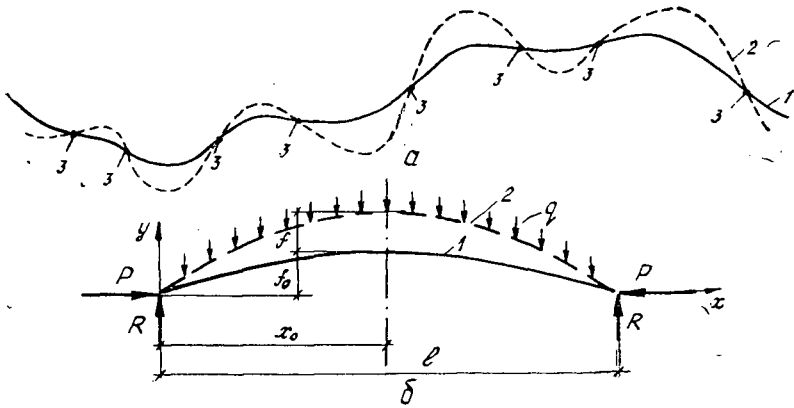


Рис. 1.

1 — начальная ось пути; 2 — ось пути при изгибе; 3 — точки перегиба.

При испытании температурно-напряженного пути на стенде [5] установлено, что на стадии предвыбросных деформаций поперечные перемещения в большинстве случаев происходят на участках, ограниченных точками перегиба кривой начальных неровностей (рис. 1, а). Рассмотрим один из таких участков (рис. 1, б). Он находится в равновесии под действием продольных сжимающих сил  $P$ , реактивных сил интенсивностью  $q$  и опорных реакций  $R$ . Так как концы участка совпадают с точками перегиба, то опорные моменты равны нулю.

Дифференциальное уравнение для принятия расчетной схемы имеет вид

$$y^{IV} + k^2 y'' + n(y) = -k^2 y'', \quad (2)$$

где

$$k^2 = P/FI; \quad n(y) = q(y)/EI;$$

$y_x$  — ординаты начальной неровности, которая аппроксимирована уравнением  $y_x = f_0 \sin \beta x$  ( $\beta = \pi/l$ ).

Используем уравнение (2) для определения зависимости  $P = P(f)$ .

1. Случай нелинейного сопротивления:  $q = q_0 + c y^\alpha$ . Решение уравнения (2) в общем виде приведено в работе [3]. Параметр  $k^2$  определяется из выражения

$$k^2 = \frac{n_0 x_0^2}{f + f_0} \frac{(1 + 0,5 k^2 x_0^2) \cos k x_0 - 1}{\lambda k^2 x_0^2 \cos k x_0} + \frac{c_0 x_0}{f + f_0} \frac{B(k x_0 - \operatorname{tg} k x_0) + I_1 \operatorname{tg} k x_0 - I_{q_0}}{\lambda k x_0} + \frac{\pi^2 f}{4 x_0^2 (f + f_0)}, \quad (3)$$

где  $n_0 = q_0/EI$ ;  $\lambda = k^2/(k^2 - \beta^2)$ ;  $B = \int_0^1 y^\alpha(u) du$ ;  $u = \xi/x_0$ ;

$$I_1 = \int_0^1 y^\alpha(u) [1 - \cos k x_0 (1 - u)] du;$$

$$I_{q_0} = \int_0^1 y^\alpha(u) [k x_0 (1 - u) - \sin k x_0 (1 - u)] du.$$

Для вычисления интегралов представим изогнутую ось пути уравнением синусоиды  $y = f \sin \beta x$ . Преобразовывая уравнения (3) с учетом этого приближения, получим зависимость  $P = P(f)$  вида

$$P = \frac{\pi^2 f EI}{l^2 (f + f_0)} + \frac{l^2}{f + f_0} (q_0 \eta'_1 + c f^\alpha \eta'_2), \quad (4)$$

где 
$$\eta'_1 = \frac{(1 + 0,5 k^2 x_0^2) \cos k x_0 - 1}{4 \lambda k^2 x_0^2 \cos k x_0};$$

$$\eta'_2 = \frac{1}{4 \lambda k x_0} \int_0^1 \left( k x_0 u - \frac{\sin k x_0 u}{\cos k x_0} \right) \sin^\alpha \frac{\pi u}{2} du.$$

В уравнении (4) первое слагаемое

$$P_1 = \frac{\pi^2 f EI}{l^2 (f + f_0)}$$

определяет силу  $P$ , необходимую для изгиба рельсо-шпальной решетки, второе

$$P_2 = \frac{l^2}{f + f_0} (q_0 \eta'_1 + c f^\alpha \eta'_2)$$

силу  $P$ , необходимую для преодоления сил погонного сопротивления. Значения коэффициентов  $\eta'_1$  и  $\eta'_2$  приведены в табл. 1.

Таблица 1

$k x_0$	$\eta'_1$	$k x_0$	$\eta'_2$ при $\alpha$				
			0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	0,128510	0	0,124029	0,120735	0,117688	0,114860	0,112226
0,5	0,128551	0,8	0,124632	0,121241	0,118107	0,115200	0,112495
1,0	0,128896	1,6	0,125236	0,121747	0,118526	0,115541	0,112764
1,5	0,128946	2,4	0,125983	0,122374	0,119045	0,115963	0,113098
2,0	0,129385	3,2	0,127732	0,123841	0,120259	0,116949	0,113878
2,5	0,130078	—	—	—	—	—	—
3,0	0,131259	—	—	—	—	—	—

Средние | 0,129346 | | 0,125522 | 0,121988 | 0,118725 | 0,115703 | 0,112892

Из данных табл. 1 видно, что  $\eta'_1$  и  $\eta'_2$  мало зависят от величины  $k x_0$  и поэтому можно использовать в расчетах их средние арифметические значения, приведенные в последней строке табл. 1 (средняя квадратическая ошибка не более 0,001). Зависимость  $\eta'_2(\alpha)$  практически линейна и может быть выражена уравнением прямой линии

$$\eta'_2 = 0,1284 - 0,0315 \alpha,$$

коэффициенты которого определены по методу наименьших квадратов. Таким образом, имеем

$$P = \frac{\pi^2 f EI}{l^2 (f + f_0)} + \frac{l}{f + f_0} + [0,1293 q_0 + (0,1284 q_0 - 0,0315 \alpha) c f^\alpha]. \quad (5)$$

Уравнение (5) определяет силу  $P$ , необходимую для сообщения данному участку пути искривления со стрелой прогиба  $f$  (при любых  $f$  вплоть до момента выброса). Зависимость  $P = P(f)$  показана на рис. 2.

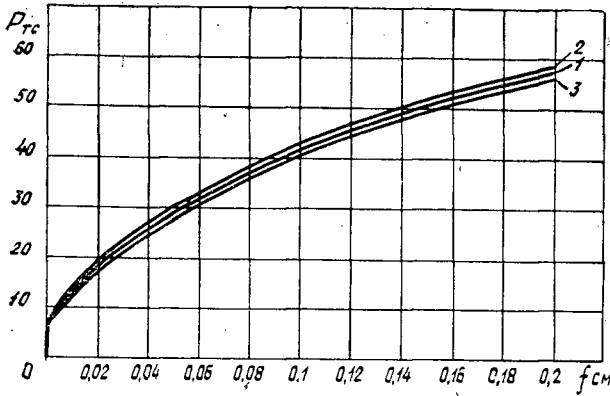


Рис. 2.

- 1 — при  $q = q_0 + c_0 y^\alpha$ ;
- 2 — при  $q = c_0 y$ ;
- 3 — при  $q = \text{const}$ .

Подробный анализ формулы, аналогичной уравнению (5), приведен в работе [4], где показана возможность ее применения для определения допустимой (по условию нормальной эксплуатации пути) температурной сжимающей силы.

2. Случай линейного сопротивления:  $q = c_0 y$ . Уравнение  $P = P(f)$  можно получить как в результате преобразования выражения (3) при  $q_0 = 0$  и  $\alpha = 1$ , так и в результате интегрирования линейного уравнения

$$y^{IV} + k^2 y'' + \bar{c}_0 y = -k^2 y'', \tag{6}$$

где

$$\bar{c}_0 = c_0 / EI.$$

Общее решение (6) для краевых условий:  $y(0) = y(l) = y''(0) = y''(l) = 0$  имеет вид

$$y = f_0 \frac{P\beta^2}{\beta^4 EI + c_0 - P\beta^2} \sin \beta x. \tag{7}$$

При  $x = x_0$  имеем  $y = f$ ;  $\sin \beta x_0 = 1$ . Преобразовывая выражение (7), получим

$$P = \frac{\pi^2 f EI}{l^2 (f + f_0)} + \frac{l^2 f c_0}{\pi^2 (f + f_0)}. \tag{8}$$

Точность вычислений  $P$  зависит от того, насколько обоснованно выбрана величина  $c_0$ . Если предположить, что  $c_0$  имеет одно и то же значение на всем диапазоне изменения  $f$ , то решение (8) не будет отвечать физической сущности задачи: по уравнению (5) поперечные деформации пути возникнут только после преодоления некоторого на-

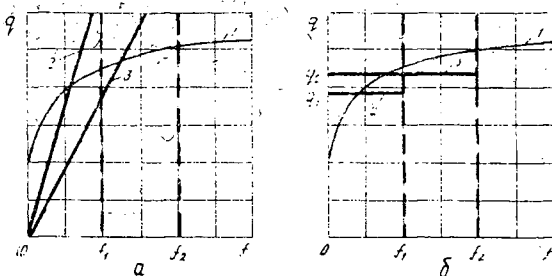


Рис. 3. Аппроксимация кривой  $q(y)$ .

- а — уравнением  $q = c_0 y$ ;
- б — уравнением  $q = \text{const}$ ;
- в —  $q(y)$ ; 2 — в диапазоне  $0 - f_1$ ; 3 — в диапазоне  $0 - f_2$ .

чального сопротивления  $q_0$ , по уравнению (8) — сразу после приложения силы  $P$ .

Для уменьшения погрешности, обусловленной линеаризацией задачи, будем считать, что  $c_0$  зависит от  $f$ . Так как каждому значению  $f$  соответствует часть зависимости  $q=q(y)$ , то логично (находя  $c_0$ ) аппроксимировать уравнением прямой только эту часть (рис. 3, а). Очевидно, что при изменении  $f$  длина участка (и  $c_0$ ) будут также изменяться.

Определим величину  $c_0$  по методу наименьших квадратов. Если предположить, что интервал  $0-f$  разбит на множество элементарных интервалов, то решение задачи сводится к определению минимума

функционала  $\int_0^f (q_0 + cy^\alpha - c_0y)^2 dy$  для искомого значения  $c_0$ . После несложных преобразований получим

$$c_0 = \frac{1,5q_0}{f} + \frac{3c}{2+\alpha} f^{\alpha-1}. \quad (9)$$

Так как  $\alpha < 1$ , то зависимость  $c_0(f)$  является гиперболической. При  $f=0$   $c_0 = \infty$ , по мере увеличения  $f$  величина  $c_0$  уменьшается.

Подставив выражение (9) в уравнение (8), получим формулу, аналогичную (4):

$$P = \frac{\pi^2 fEI}{l^2(f+f_0)} + \frac{l^2}{f+f_0} (q_0\eta_1'' + cf^\alpha \eta_2''), \quad (10)$$

где

$$\eta_1'' = 0,1520; \quad \eta_2'' = 3/[\pi^2(2+\alpha)].$$

3. Случай постоянного сопротивления:  $q = \text{const}$ . Для получения расчетной зависимости положим в уравнении (4)  $c = 0$ ;  $q_0 = q$ . Следовательно,

$$P = \frac{\pi^2 fEI}{l^2(f+f_0)} + \frac{ql^2}{f+f_0} \eta_1'. \quad (11)$$

Это выражение не отражает физической сущности задачи, если предположить, что  $q = \text{const}$  на всем диапазоне изменения  $f$ . Поэтому определим величину  $q$  в зависимости от  $f$  (рис. 3, б), используя условие минимума функционала  $\int_0^f (q_0 + cy^\alpha - q)^2 dy$  для искомого  $q$ . Отсюда имеем

$$q = q_0 + \frac{c}{1+\alpha} f^\alpha. \quad (12)$$

Подставив выражение (12) в уравнение (11), получим формулу, аналогичную (4)

$$P = \frac{\pi^2 fEI}{l^2(f+f_0)} + \frac{l^2}{f+f_0} (q_0\eta_1''' + cf^\alpha \eta_2'''), \quad (13)$$

где

$$\eta_1''' = \eta_1'; \quad \eta_2''' = \eta_2'/(1+\alpha).$$

4. Сравнение различных способов аппроксимации. Анализируя полученные зависимости  $P=P(f)$ ; можно отметить следующее:

а) структура уравнений (4), (10) и (13) во всех случаях аппроксимации зависимости  $q(y)$  одинакова. Они отличаются друг от друга только величиной коэффициентов  $\eta_1$  и  $\eta_2$ . Это означает, что уравнения одинаково отражают физическую сущность процесса продольно-поперечных деформаций рельсо-шпальной решетки. Предположенные выше способы уточнения линейных задач позволяют получить решение, близкое к нелинейному случаю;

б) сила  $P_1$ , необходимая для изгиба пути, при всех случаях аппроксимации зависимости  $q(y)$  определяется одинаково. Выражение для  $P_1$  полностью совпадает с точным решением, приведенным в работе [1]. Это позволяет заключить, что аппроксимация изогнутой оси балки уравнением синусоиды ( $y=f \sin \beta x$ ) дает результаты, близкие к действительным;

в) линейное решение (10) дает завышенное, а случай  $q = \text{const}$  (13) — заниженное значение величины силы  $P$  по сравнению с решением нелинейной задачи (4). Соотношение коэффициентов  $\eta_1$  и  $\eta_2$  характеризуется данными, приведенными в табл. 2.

Таблица 2

Вид зависимости $q(y)$	$\eta_1$		$\eta_2$ при $\alpha$					
			0,1		0,2		0,5	
	абс.	%	абс.	%	абс.	%	абс.	%
$q = q_0 + cy^a$	0,1293	100	0,1255	100	0,1187	100	0,1129	100
$q = c_0y$	0,1520	117,6	0,1447	115,3	0,1322	111,4	0,1216	107,8
$q = \text{const}$	0,1293	100	0,1175	106,4	0,0995	116,2	0,0862	122,5

Так как в большинстве случаев  $0,1 \leq \alpha \leq 0,3$ , то погрешность коэффициентов  $\eta_1$  и  $\eta_2$  линейных решений составляет 15—16%. Однако точность вычисления  $P$  будет выше вследствие влияния слагаемого  $P_1$ , которое для всех способов расчета вычисляется одинаково. Результаты вычисления  $P$  в зависимости от  $f$  при  $EI = 32 \cdot 10^7$  кгс·см<sup>2</sup>,  $q_0 = 0,24$  кгс/см,  $c = 1,56$ ,  $\alpha = 0,23$ ,  $l = 168$  см показаны на рис. 2. В табл. 3 приведены значения погрешностей при различных значениях прогибов.

Таблица 3

Зависимость $q(y)$	Погрешность вычисления силы $P$ при $f$ , см					
	0,001	0,02	0,04	0,06	0,08	0,2
$q = c_0y$	14,0	8,0	6,0	4,8	4,1	2,3
$q = \text{const}$	6,9	5,4	4,3	3,6	3,1	1,8

Точность расчетов для линейных приближений можно повысить за счет введения поправочных множителей. В случае  $q = c_0y$  множитель для  $P_2$  равен 0,85—0,87.

В случае  $q = \text{const}$  поправочный множитель (1,1) достаточно ввести у коэффициента  $\eta_2''$ ;

г) коэффициент  $\eta_2$  зависит от  $\alpha$ . Для  $\eta_2''$  и  $\eta_2'''$  эта зависимость представлена уравнением вида  $\eta_2 = a/(b + \alpha)$ . При  $0 \leq \alpha \leq 0,5$  она близка к линейной. Естественно поэтому предположить, что  $\eta_2'(a)$  (которая выше аппроксимирована уравнением прямой линии) выражается аналогично. Используя данные, приведенные в табл. 1, получим

$$\eta_1' = \frac{0,44373}{3,435 + \alpha} \quad (14)$$

Расчеты по этому уравнению имеют хорошую сходимость с данными табл. 1;

д) особенности приближенных решений, отмеченные в п. «в», объясняются тем, что при  $q = c_0y$  величина  $q$  на части изогнутого участка

значительно больше фактической (рис. 3, а), а при  $q = \text{const}$  — меньше (рис. 3, б). Это обстоятельство объясняет снижение погрешности  $\eta_2''$  при увеличении  $\alpha$  для  $q = c_0 y$  (уравнение  $q = q_0 + c y^\alpha$  приближается к линейному) и увеличение погрешности  $\eta_2''$  для  $q = \text{const}$ .

Таким образом, рассмотренные способы линейной аппроксимации дают практически одинаковые результаты, если параметры  $c_0$  и  $q$  определять в соответствии с заданным значением стрел прогиба  $f$ . Предложенные выше способы аппроксимации применимы и для других, более сложных расчетных схем.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Вольмир А. С. Устойчивость упругих систем. М., Физматгиз, 1963, с. 115.  
 [2]. Керр А. Д. Влияние бокового сопротивления на устойчивость пути. — «Железные дороги мира», 1976, № 8, с. 76. [3]. Морозов С. И. О начальной величине продольной сжимающей силы. — «Вестник НИИ железнодорожного транспорта», 1977, № 6, с. 43. [4]. Морозов С. И. О расчетной величине продольной силы в бесстыковом пути. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1977, № 5, с. 34. [5]. Попов М. В. Влияние неровностей лесовозных дорог на устойчивость рельсо-шпальной решетки. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1977, № 4, с. 83.

Поступила 23 января 1978 г.

УДК 634.0.375.4

## ТЯГОВЫЙ КЛАСС И ЭНЕРГОНАСЫЩЕННОСТЬ ЛЕСНЫХ КОЛЕСНЫХ ПОДБОРОЧНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

Я. И. ШЕСТАКОВ, С. Ф. ОРЛОВ, О. М. ВЕДЕРНИКОВ

Марийский политехнический институт  
Ленинградская лесотехническая академия

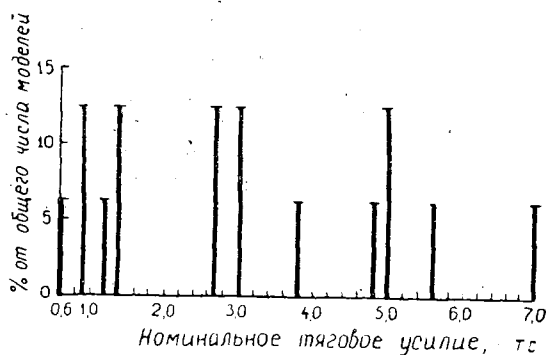
Проанализированы 79 моделей колесных подборочно-транспортных машин отечественного и иностранного производства по тяговому классам, мощности двигателя и энергонасыщенности.

В нашей стране колесные подборочно-транспортные машины (ПТМ) применяются на трелевке леса сравнительно недавно. Это в основном опытные или экспериментальные машины, но уже обоснована экономическая эффективность их применения, исследованы пути улучшения их параметров [1—3, 5—7, 10—12], они включены в перспективный типаж машин [2, 7].

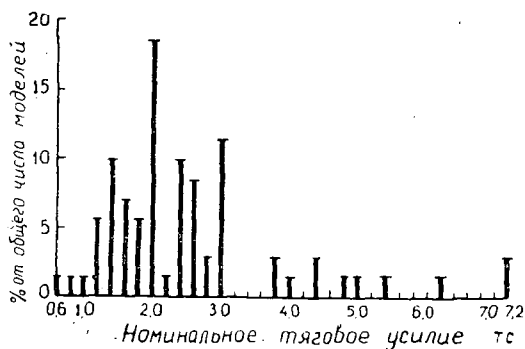
Эксплуатация колесных ПТМ, как показывают исследования ЦНИИМЭ [13—15], по условиям проходимости, лесорастительным характеристикам лесосечного фонда и рельефа местности возможна на территории, занимающей 49,5% общей лесопокрытой площади РСФСР. Районы и технологические схемы применения колесных ПТС рассмотрены и обоснованы учеными ЦНИИМЭ, его филиалов, ЛТА и др.

В работе [7] отмечается, что «важнейшими параметрами трелевочного трактора являются его мощность и вес, прежде всего сцепной вес». Для сравнения этих параметров были проанализированы 79 моделей колесных ПТМ 29 зарубежных фирм и ПТМ отечественного производства. Как правило, для колесных ПТМ иностранного производства данные по тяговому классу не приводятся, поэтому для определения этого параметра использована методика, рассмотренная в работе [8].





а



б

Рис. 1. Диаграммы распределения моделей колесных ПТМ по тяговым классам.

а — отечественного производства;  
б — производства зарубежных фирм.

Рассматривая диаграммы распределения моделей колесных ПТМ по тяговым классам (рис. 1), можно отметить следующее:

— значительное число зарубежных фирм отказалось от производства тяжелых колесных ПТМ и используют средние ПТМ с большой удельной мощностью (энергонасыщенностью);

— 84,5% ПТМ зарубежных фирм и 62,5% — опытных отечественных имеют диапазон тяговых классов 0,5—3,0 тс;

— 80% ПТМ зарубежных фирм и 44,0% отечественных — диапазон тяговых классов 1,2—3,0 тс;

— наибольшее число моделей ПТМ зарубежных фирм относится к тяговым классам 2,0 тс (18,31%) и 3,0 тс (11,27%), 16% — к тяговым классам выше 3,0 тс, для отечественных ПТМ соответственно 0; 12,5 и 37,5%.

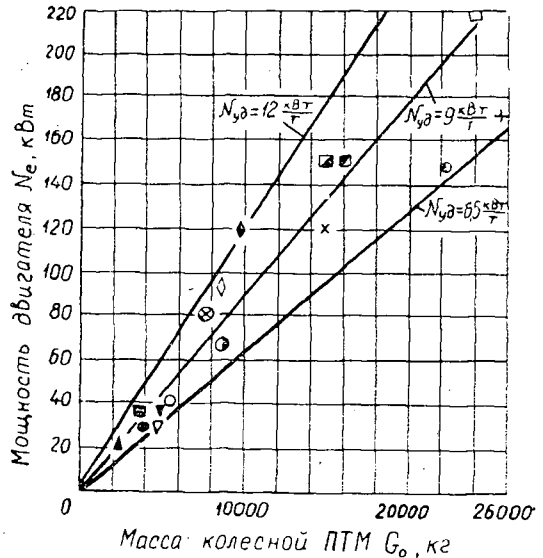
Для оценки энергонасыщенности (удельной мощности  $N_{уд}$ ) колесных ПТМ в координатах мощность двигателя ( $N_e$ ) — масса машин ( $G_0$ ) были нанесены точки (рис. 2 и рис. 3), характеризующие параметры колесных ПТМ 76 моделей 26 зарубежных фирм и машин отечественного производства.

Рассматривая всю совокупность точек, можно отметить:

— диапазон значений удельной мощности колесных ПТМ весьма широк и составляет 5,10—17,0 кВт/т (6,9—20,7 л. с./т) для зарубежных

Рис. 2. Мощности двигателей и массы колесных ПТМ отечественного производства.

1 — Л-101; 2 — Т-5Л; 3 — Т-40Л; 4 — Т-40ЛБ; 5 — Т-55Л; 6 — Т-80Л; 7 — КТЦ-1; 8 — КТЦ-2; 9 — Т-127; 10 — Т-157; 11 — МАЗ-532; 12 — Т-219; 13 — К-703 с аркой; 14 — К-703 с гидрозхватом; 15 — ТТ-1; 16 — МоАЗ-546Г-865.



- ▲ - 1; ■ - 2; ● - 3; ◊ - 4; ▼ - 5; ○ - 6; ● - 7;  
 ● - 8; ◊ - 9; ◆ - 10; ▲ - 11; □ - 12; ■ - 13; ■ - 14;  
 ○ - 15; + - 16.

моделей и 6,77—12,36 кВт/т (9,2—16,8 л. с./т) для отечественных ПТМ;

— 86% моделей ПТМ зарубежных фирм имеют мощность двигателя до 103,0 кВт (140 л. с.) и 86% — массу до 12000 кг, отечественные ПТМ соответственно 56 и 62,5%;

— 83% моделей ПТМ зарубежных фирм имеют мощность двигателя до 95,6 кВт (130 л. с.) и 83% — массу до 10000 кг, отечественные ПТМ соответственно 56 и 62,5%;

— у большинства ПТМ зарубежных фирм удельная мощность 10,3—14,7 кВт/т (14,0—20,0 л. с./т), а у некоторых последних моделей — более 14,7 кВт/т («Тимберджек-550», «Франклин-195» и др.).

Колесные ПТМ иностранного производства имеют большой дорожный просвет при низком расположении центра тяжести машины («Валмет-880» — 0,66 м, «Локкери» — 0,7—0,74 м и т. д.), распределение нагрузки на оси (в статике без груза): передняя ось — 65—70%, задняя — 30—35%. Все большее распространение получают трехосные ПТМ с колесной формулой 6×6 и 6×4, в качестве лесотехнологического оборудования на многих моделях устанавливают гидроманипулятор.

Испытания зарубежных колесных ПТМ («Три фармер — С8А», «Скид кинг-825», «Катерпиллер-518», «Джон Дир-540А») в Крестецком опытном леспромхозе [4] показали хорошую их проходимость и маневренность, достаточно высокую производительность. Эти ПТМ имели массу 7,6—12,4 т, класс тяги 2,6—4,0 тс и  $N_{уд} = 5,4—10,7$  кВт/т.

Работы ЛТА, ЦНИИМЭ и ЛатНПО «Силава», проводимые с участием авторов по созданию и исследованию колесных ПТМ на базе серийных сельскохозяйственных тракторов, показывают высокую проходимость и производительность ПТМ на базе тракторов Т-40А (Т-40АМ) и МТЗ [9, 11, 12]. Этими работами установлено, что колесная ПТМ на

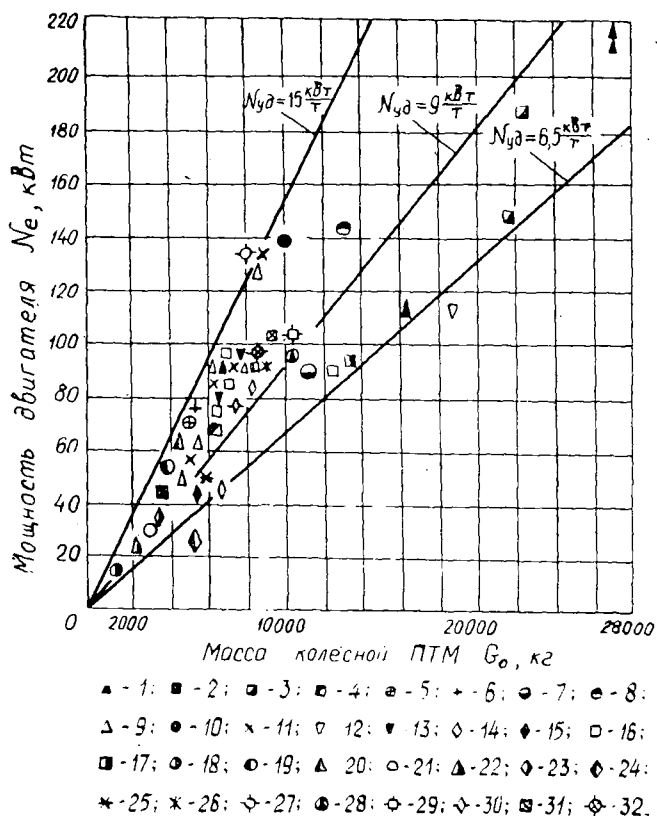


Рис. 3. Мощности двигателей и массы колесных ПТМ производства зарубежных фирм.

1 — «Кларк икупмент компани»; 2 — «Джон Дир»; 3 — «Летуно Вестингауз»; 4 — «Петтибоум Малликен»; 5 — «Интернационал»; 6 — «Белойт корпорейшн»; 7 — «Феникс»; 8 — «Вагнер»; 9 — «Кэнэдиан Кир»; 10 — «Шетки икупмент»; 11 — «Тимберджек машинз ЛТД»; 12 — «Кэнэдиан Кенвортс»; 13 — «Коккум ландсверк»; 14 — «Болиндер Мунктелл Волво»; 15 — «Форд мотор компани АВ»; 16 — «Валмет»; 17 — «Локомо»; 18 — «Пулак»; 19 — «Агрипп»; 20 — «Совнем»; 21 — «Хафк продактс»; 22 — «Мерседес Бенц»; 23 — «Индустриалэкспорт»; 24 — «Мицубиси»; 25 — «Ивате Фуйи»; 26 — «Кейс»; 27 — «Три фармер-СВА»; 28 — «Скид кинг-825»; 29 — «Катерпиллер-518»; 30 — «Джон Дир-540А»; 31 — «Кларк-667»; 32 — «Тимберджек-360».

базе МТЗ-82 будет иметь массу не менее 5 т и класс тяги 1,8—2,0 тс. ПТМ с такими параметрами найдет применение в лесозаготовительных предприятиях европейской части СССР и в предприятиях лесного хозяйства.

На основании проведенного анализа можно сделать следующие выводы:

— наиболее энергонасыщенной отечественной ПТМ является Т-157 (12,3 кВт/т);

— при разработке колесных ПТМ, при намечившихся направлениях их создания, нужно базироваться на колесные тракторы МТЗ-80 (МТЗ-82) и Т-150К, так как по основным параметрам они в наиболь-

шей степени удовлетворяют требованиям, предъявляемым к колесным ПТМ;

— мощность двигателей колесных ПТМ желательно повысить: для ПТМ на базе тракторов МТЗ до 70—73,5 кВт (95—100 л. с.) и для машин на базе тракторов ХТЗ до 140—147 кВт (190—200 л. с.).

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Барановский В. А. Пятилетка лесной науки. — «Лесная промышленность», 1972, № 4, с. 1—2. [2]. Барановский В. А. Перспективные системы машин для лесозаготовок. — «Лесная промышленность», 1973, № 8, с. 14—15. [3]. Вараксин Ф. Д., Стулнев Г. К. Основные направления технического прогресса лесной и деревообрабатывающей промышленности. М., «Лесная промышленность», 1974. 400 с. [4]. Вороницын К. И., Виногородов Г. К. Испытания зарубежных лесосечных машин. — «Труды ЦНИИМЭ». Химки, 1975, сб. 142, с. 89—111. [5]. Вороницын К. И., Гаврилов И. И. К вопросу о густоте транспортной сети в лесном массиве в связи с применением колесных тракторов. — «Труды ЦНИИМЭ». Химки, 1971, № 119, с. 22—79. [6]. Вороницын К. И. и др. Основные направления технического прогресса в лесозаготовительной промышленности на перспективный период. — «Труды ЦНИИМЭ». Химки, 1972, № 122, с. 26—42. [7]. Вороницын К. И. и др. Основные параметры и типаж базовых тракторов для лесозаготовительной промышленности на перспективный период. — «Труды ЦНИИМЭ». Химки, 1972, № 123, с. 9—25. [8]. Горбачевский В. А. Колесные трелевочно-транспортные машины. М., «Лесная промышленность», 1968. 256 с. [9]. Орлов С. Ф., Александров В. А., Лахно В. П. и др. Лесная модификация трактора на базе сельскохозяйственных тракторов МТЗ. — «Труды ЦНИИМЭ». Химки, 1975, сб. 142, с. 153—156. [10]. Орлов С. Ф., Артамонов Ю. Г., Шестаков Я. И. К вопросу создания (компоновки) лесотранспортных агрегатов на базе сельскохозяйственных колесных тягачей. — Машины и орудия для механизации лесозаготовок. Межвуз. сб. научн. тр. Вып. 1. Л., 1972, с. 71—74 (РиО ЛТА). [11]. Орлов С. Ф. и др. Лесная транспортная колесная система на базе серийных сельскохозяйственных тракторов. Техн. информ., № 84. ЛТА, 1970. 5 с. [12]. Шестаков Я. И. Исследование некоторых вопросов общей динамики лесных колесных подборочно-транспортных систем. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. Л., 1973. 19 с. [13]. Шитов В. Н. К вопросу обоснования областей применения и основных параметров колесных трелевочных тягачей. — «Труды ЦНИИМЭ». Химки, 1970, сб. 103, с. 79—103. [14]. Шитов В. Н. Исследование природно-производственных условий применения колесных трелевочных тракторов. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. М., 1966. [15]. Шитов В. Н. Исследование природно-производственных условий применения колесных трелевочно-транспортных машин. — «Труды ЦНИИМЭ». Химки, 1965, сб. 62, с. 116—148.

Поступила 4 мая 1978 г.

УДК 539.319 : 625.72

## К ВОПРОСУ ИССЛЕДОВАНИЯ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ОРТОГОНАЛЬНО АНИЗОТРОПНЫХ ДОРОЖНЫХ КОНСТРУКЦИЙ, ИМЕЮЩИХ СЛАБЫЕ ПРОСЛОЙКИ

В. В. СОЛОВЬЕВ

Архангельский лесотехнический институт

Строится приближенное решение задачи о равновесии ортогонально анизотропной дорожной конструкции, ослабленной тонким промежуточным слоем. Нагрузка распределена по площади прямоугольника. Решение основано на предположении о линейном законе распределения напряжений и перемещений в пределах промежуточного слоя. Приводится пример расчета.

В практике расчета лесовозных дорог возникает задача оценки прочности композиции, ослабленной тонким промежуточным слоем. По-

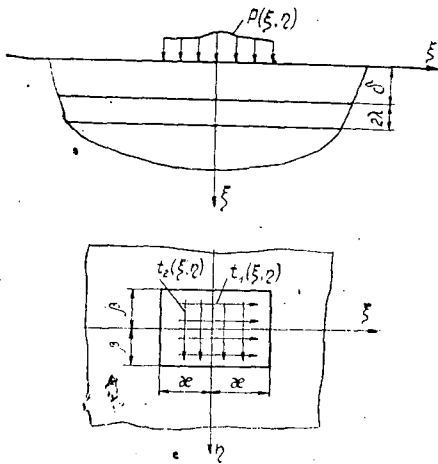


Рис. 1.

с тем отдельные слои покрытия могут обладать конструкционной анизотропией. Расчетная схема представлена на рис. 1. Строится решение, удовлетворяющее полной системе уравнений теории упругости и граничным условиям. Для поверхности полупространства эти условия записываются в виде

$$\sigma_z = -P(\xi, \eta); \quad \tau_{xz} = -t_1(\xi, \eta); \quad \tau_{yz} = -t_2(\xi, \eta). \quad (1)$$

Условия сопряжения слоев основываются на допущениях:

- 1) напряжения в пределах промежуточного слоя постоянны;
- 2) разность вертикальных и горизонтальных перемещений граничных точек слоя, расположенных на одной вертикали, пропорциональна нормальным и касательным напряжениям, действующим в этих точках.

При этом условия спайки верхнего и подстилающего слоев имеют вид

$$\sigma_{z,1} = \sigma_{z,2}; \quad \tau_{xz,1} = \tau_{xz,2}; \quad \tau_{yz,1} = \tau_{yz,2}. \quad (2)$$

$$\left. \begin{aligned} u_2 - u_1 &= -\nu_1 \tau_{xz,1}; & v_2 - v_1 &= -\nu_2 \tau_{yz,1}; \\ w_2 - w_1 &= -\nu_3 \sigma_{z,1}. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

где  $\nu_1 = \frac{2\lambda}{G_{55,0}}$ ;  $\nu_2 = \frac{2\lambda}{G_{44,0}}$ ;  $\nu_3 = \frac{2\lambda}{E_{3,0}}$  — коэффициенты, характеризующие податливость промежуточного слоя сдвигу и сжатию;

$G_{55,0}$ ;  $G_{44,0}$ ;  $E_{3,0}$  — упругие постоянные промежуточного слоя.

Для получения расчетных зависимостей используем общее решение, предложенное Р. М. Раппопорт\*. Рассматриваем частный случай ортогональной анизотропии.

Методом интегральных преобразований Фурье задача сводится к нахождению трансформант напряжений  $\sigma_z$ ;  $\tau_{xz}$ ;  $\tau_{yz}$  и перемещений

\* Раппопорт Р. М. К вопросу о построении общего решения уравнений равновесия ортогонально анизотропных упругих тел, предназначенного для рассмотрения слоистых скальных оснований и многослойных толстых плит. — «Известия ВНИИГ», 1971, т. 95.

$u, v, w$ . В пределах нижнего слоя эти функции определяются зависимостями

$$\left. \begin{aligned} \bar{\sigma}_{z,1} &= \frac{k}{\gamma} (A_1 \gamma R_1 + C_1 R_2); \\ \bar{\tau}_{xz,1} &= \frac{k}{\gamma^2} (\tau m + C_2 n R_8); \\ \bar{\tau}_{yz,1} &= \frac{k}{\gamma^2} (\tau q n - C_2 m R_8); \\ \bar{u}_1 &= \frac{kl}{\alpha_{11} \gamma^3} \left( Fm - C_2 \alpha_{11} \alpha_{55} \frac{n}{\mu} R_8 \right); \\ \bar{v}_1 &= \frac{kl}{\alpha_{11} \gamma^3} \left( Fn + C_2 \alpha_{11} \alpha_{55} \frac{m}{\mu} R_8 \right); \\ \bar{w}_1 &= \frac{kl}{\alpha_{11} \gamma^3} (A_1 \gamma k_1 k_2 R_6 + C_1 R_7), \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

где

$$\left. \begin{aligned} \tau &= A_1 \gamma k_1 k_2 R_2 + C_1 R_3; \quad F = A_1 \gamma R_4 + C_1 R_5; \\ C_1 &= A_2 m + A_3 n; \quad C_2 = A_2 q n - A_3 m; \\ k &= \frac{1}{k_1 - k_2}; \quad q = \sqrt{\frac{\alpha_{22}}{\alpha_{11}}}; \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

$A_1, A_2, A_3$  — константы интегрирования;  
 $R_1, \dots, R_8$  — функции, представленные в табл. 1;  
 $k_1, k_2, \mu$  — корни уравнений

$$\left. \begin{aligned} k^4 + (\alpha_{55} \alpha_{11} - 2\alpha_{13}) k^2 + (\alpha_{13}^2 + \alpha_{33} \alpha_{11}) &= 0; \\ \mu^2 - \alpha_{66} \alpha_{44} &= 0; \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

$\alpha_{ij}$  — приведенные упругие постоянные.

Таблица 1

$R_1$	$k_1 e^{-k_2 \gamma z} - k_2 e^{-k_1 \gamma z}$
$R_2$	$e^{-k_2 \gamma z} - e^{-k_1 \gamma z}$
$R_3$	$k_2 e^{-k_2 \gamma z} - k_1 e^{-k_1 \gamma z}$
$R_4$	$k_1 (k_2^2 + \alpha_{13}) e^{-k_2 \gamma z} - k_2 (k_1^2 + \alpha_{13}) e^{-k_1 \gamma z}$
$R_5$	$(k_1^2 + \alpha_{13}) e^{-k_1 \gamma z} - (k_2^2 + \alpha_{13}) e^{-k_2 \gamma z}$
$R_6$	$(k_2^2 + \alpha_{13}) e^{-k_1 \gamma z} - (k_1^2 + \alpha_{13}) e^{-k_2 \gamma z}$
$R_7$	$k_1 (k_2^2 + \alpha_{13}) e^{-k_1 \gamma z} - k_2 (k_1^2 + \alpha_{13}) e^{-k_2 \gamma z}$
$R_8$	$e^{-\mu \gamma z}$

В пределах верхнего слоя трансформанты напряжений и перемещений определяются суммой двух слагаемых. Первые слагаемые выражаем зависимостями (4) с подстановкой в них упругих характеристик верхнего слоя. Вторые записываем в виде

$$\left. \begin{aligned}
 \bar{\sigma}_{z,2}^* &= \frac{t}{l} \left( C_3 f_1 + B_3 f_2 \frac{\gamma}{k_1 k_2} \right); \\
 \bar{\tau}_{xz,2}^* &= \frac{1}{l} (\tau^* m + C_4 L^* n); \\
 \bar{\tau}_{yz,2}^* &= \frac{1}{l} (\tau^* qn + C_4 L^* m); \\
 \bar{u}_2^* &= F^* m + S^* qn; \quad \bar{v}_2^* = F^* n + S^* m; \\
 \bar{\omega}_2^* &= \frac{t}{\gamma} (C_3 f_6 + B_3 \gamma f_7),
 \end{aligned} \right\} (7)$$

где

$$\left. \begin{aligned}
 \tau^* &= C_3 \frac{f_3 t}{\gamma} + B_3 t f_1; \quad L^* = \frac{f_9 \mu}{a_{44} \gamma}; \quad S^* = C_4 \frac{f_8}{\gamma^2}; \\
 t &= \frac{1}{k_1^2 - k_2^2}; \quad F^* = t \left( C_3 \frac{f_4}{\gamma^2} + B_3 \frac{f_5}{k_1 k_2} \right); \\
 C_3 &= B_1 m + B_2 qn; \quad C_4 = B_1 n - B_2 m;
 \end{aligned} \right\} (8)$$

$f_1, \dots, f_9$  — функции, представленные в табл. 2.

Таблица 2

$f_1$	$\alpha_{11} (\text{ch } k_2 \gamma \zeta - \text{ch } k_1 \gamma \zeta)$
$f_2$	$\alpha_{11} (k_1 \text{sh } k_2 \gamma \zeta - k_2 \text{sh } k_1 \gamma \zeta)$
$f_3$	$\alpha_{11} (k_1 \text{sh } k_1 \gamma \zeta - k_2 \text{sh } k_2 \gamma \zeta)$
$f_4$	$(k_1^2 + \alpha_{13}) \text{ch } k_1 \gamma \zeta - (k_2^2 + \alpha_{13}) \text{ch } k_2 \gamma \zeta$
$f_5$	$k_2 (k_1^2 + \alpha_{13}) \text{sh } k_1 \gamma \zeta - k_1 (k_2^2 + \alpha_{13}) \text{sh } k_2 \gamma \zeta$
$f_6$	$k_2 (k_1^2 + \alpha_{13}) \text{sh } k_2 \gamma \zeta - k_1 (k_2^2 + \alpha_{13}) \text{sh } k_1 \gamma \zeta$
$f_7$	$(k_2^2 + \alpha_{13}) \text{ch } k_1 \gamma \zeta - (k_1^2 + \alpha_{13}) \text{ch } k_2 \gamma \zeta$
$f_8$	$\text{ch } \mu \gamma \zeta$
$f_9$	$\text{sh } \mu \gamma \zeta$

Постоянные  $B_1, B_2, B_3$  находим из условий спайки слоев (3). Для определения величин  $A_1, A_2, A_3$  используем условия (1), выраженные через трансформанты соответствующих функций. Далее по формулам обращения Фурье определяем функции напряжений  $\sigma_z, \tau_{xz}, \tau_{yz}$  и перемещений  $u, v, \omega$ . Для нахождения деформаций  $e_x, e_y, \gamma_{xy}$  используем зависимости Коши и формулы обращения Фурье. Функции  $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}, e_z, \gamma_{xz}, \gamma_{yz}$  вычисляем по формулам закона Гука. Приведенное решение позволяет рассматривать промежуточный и нижний слои изотропными.

В качестве примера приводим результаты вычисления вертикальных перемещений и напряжений  $\sigma_x$  в верхнем слое конструкции при действии нормальной равномерной нагрузки. Расчеты произведены при следующих исходных данных.

Упругие характеристики верхнего и подстилающего слоев:

$$E_1 = E_3; \quad E_2 = 2E_3; \quad G_{13} = 0,416E_3; \quad \nu_{12} = 0,2; \quad \nu_{13} = 0,2,$$

здесь  $E_1, E_2,$  и  $E_3$  — модули упругости соответственно по направлению осей  $\xi, \eta$  и  $\zeta$ .

Промежуточный слой считали изотропным с упругими характеристиками

$$E_0 = 0,1E_3; \quad \nu_0 = 0,2.$$

Толщина промежуточного слоя

$$2\lambda = 0,1x.$$

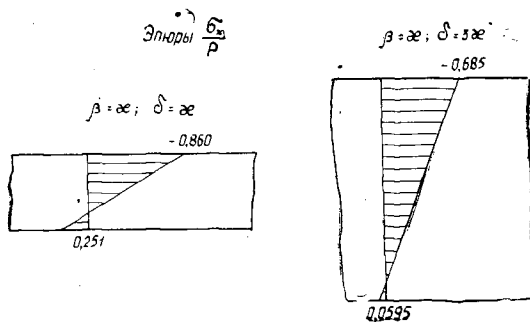


Рис. 2.

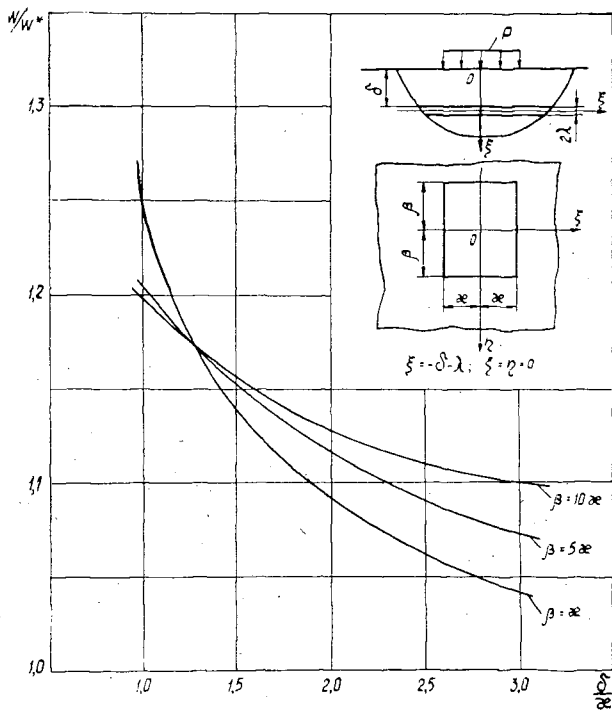


Рис. 3.



Толщина верхнего слоя

$$\delta = (1, 2, 3, 4, 5) \times.$$

Соотношения сторон площадки нагружения

$$\beta = (1, 5, 10) \times.$$

Результаты расчетов представлены на рис. 2 и 3, где  $\omega^*$  — вертикальное перемещение, подсчитанное для однородного основания с упругими характеристиками основной породы.

Результаты расчетов показывают, что при тонких поверхностных слоях на нижней границе возникают значительные растягивающие напряжения (рис. 2). Они быстро убывают с увеличением глубины залегания прослойки. Так, при  $\delta = 3 \times$  они составляют лишь 6% внешней нормальной нагрузки. Влияние прослойки на величину перемещений оказывается существенным лишь при тонких поверхностных слоях (рис. 3).

Поступила 1 июня 1977 г.

УДК 620.178.7 : 621.869.4

## ПУТИ СНИЖЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК В МЕХАНИЗМАХ ЛЕСНЫХ ПОГРУЗЧИКОВ

*П. С. НАРТОВ, Е. И. ХАНКИН*

Воронежский лесотехнический институт

Рассмотрен способ снижения динамических нагрузок и увеличения прочности шарнирно-рычажных механизмов лесных погрузчиков путем введения в них упругого элемента.

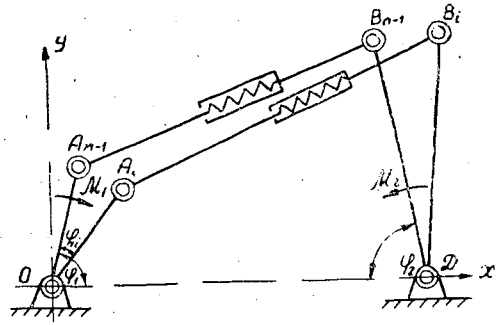
Лесные машины работают в чрезвычайно неблагоприятных условиях. Их рабочие органы и некоторые элементы испытывают большие перегрузки, подвержены интенсивному износу и имеют низкую надежность.

Для подвески рабочих органов лесных машин, в частности лесных погрузчиков, широко используют плоские шарнирно-рычажные четырехзвенные механизмы, которые нередко деформируются и ломаются. Так, рывки, наблюдающиеся при работе агрегата ПЛЮ-1А без демпфирования, вызывают значительный рост напряжений в элементах механизма и влекут за собой крен базового трактора, особенно при работе на склонах гор при боковом вылете стрелы. Операторы отмечают нередкие случаи отрыва одной гусеницы базового трактора от почвы, поэтому предпочитают при работе двери кабины держать открытыми. Согласно техническим данным, допустимый угол бокового наклона агрегата ПЛЮ-1А составляет  $8^\circ$ . Происходят также поломки кронштейна крепления к удлинителю гидроцилиндра поворота челюстного захвата. Имелись случаи вырывания штуцеров из гидроцилиндров поворота манипулятора, хотя в них стояли дроссели.

Значительное снижение динамических нагрузок в звеньях подъемных механизмов погрузчиков, а следовательно, и увеличение надежности, может быть достигнуто путем включения в эти механизмы демпфирующего устройства.

Исследуем динамику подъемного механизма лесного погрузчика, представляющего собой плоский четырехзвенный механизм. Схема такого механизма с упругим звеном представлена на рис. 1.

Рис. 1. Схема плоского четырехзвенного механизма.



Данная механическая система включает упругий шатун, допускающий продольную деформацию, поэтому она обладает двумя степенями свободы, и ее движение описывается системой нелинейных дифференциальных уравнений:

$$\left. \begin{aligned} I_1 \ddot{\varphi}_1 + cl \frac{ar_1 \sin \varphi_1 - r_1 r_2 \sin(\varphi_1 + \varphi_2)}{\sqrt{a^2 + r_1^2 + r_2^2 + 2r_1 r_2 \cos(\varphi_1 + \varphi_2) - 2a(r_1 \cos \varphi_1 + r_2 \cos \varphi_2)}} - \\ - c [ar_1 \sin \varphi_1 - r_1 r_2 \sin(\varphi_1 + \varphi_2)] = M_1; \\ I_2 \ddot{\varphi}_2 + cl \frac{ar_2 \sin \varphi_2 - r_1 r_2 \sin(\varphi_1 + \varphi_2)}{\sqrt{a^2 + r_1^2 + r_2^2 + 2r_1 r_2 \cos(\varphi_1 + \varphi_2) - 2a(r_1 \cos \varphi_1 + r_2 \cos \varphi_2)}} - \\ - c [ar_2 \sin \varphi_2 - r_1 r_2 \sin(\varphi_1 + \varphi_2)] = M_2, \end{aligned} \right\} (1)$$

- где  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  — угловые координаты звеньев  $AO$  и  $BD$  соответственно;  
 $r_1$  и  $r_2$  — их длины;  
 $I_1$  и  $I_2$  — приведенные моменты инерции;  
 $c$  — коэффициент упругости шатуна;  
 $l$  — его собственная длина;  
 $a$  — длина  $OD$ ;  
 $M_1$  — движущий момент;  
 $M_2$  — главный момент сил сопротивления.

В системе (1) искомые функции  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  фигурируют в неявной форме. При малых углах  $\varphi_i$  с определенной степенью точности можно заменить  $\sin \varphi_i$  на  $\varphi_i$ , а  $\cos \varphi_i$  — на единицу. Для того чтобы эта замена была возможна для любого положения механизма, воспользуемся последовательными малыми перемещениями звеньев механизма.

Пусть в произвольный момент времени ведущее звено  $OA$  занимает положение  $OA_{n-1}$  (рис. 1), а ведомое звено  $DB$  — положение  $DB_{n-1}$ . Это состояние механизма примем за начальное и поворотом звена  $OA$  на угол  $\varphi_{1i}$  осуществим малое перемещение механизма, при котором звено  $DB$  займет положение  $DB_i$ .

Линейная деформация  $\Delta l_i$  шатуна на этом  $i$ -том шаге определяется по формуле

$$\Delta l_i = l - \sqrt{a^2 + r_1^2 + r_2^2 + 2r_1 r_2 \cos[(\varphi_1^* + \varphi_{1i}) + (\varphi_2^* + \varphi_{2i})] - 2a[r_1 \cos(\varphi_1^* + \varphi_{1i}) + r_2 \cos(\varphi_2^* + \varphi_{2i})]} \quad (2)$$

где

$$\varphi_1^* = \sum_{i=1}^{n-1} \varphi_{1i \text{ пр}}; \quad \varphi_2^* = \sum_{i=1}^{n-1} \varphi_{2i \text{ пр}} \quad (3)$$

(это фиксированные величины, так как  $\varphi_{1inp}$  и  $\varphi_{2inp}$  — предельные значения углов  $\varphi_{1i}$  и  $\varphi_{2i}$  на  $i$ -тых шагах).

Если угол  $\varphi_i$  выбран таким, что замена  $\sin \varphi_i$  на  $\varphi_i$  и  $\cos \varphi_i$  на единицу вносит в вычисления погрешность, не превышающую допустимых предельных значений, то выражение (2) примет вид

$$\Delta l_i = l - \sqrt{\frac{\Theta + 2(ar_1 \alpha_i - r_1 r_2 \beta_i \gamma_i - r_1 r_2 \alpha_i \delta_i) \varphi_{1i} + 2(ar_2 \gamma_i - r_1 r_2 \alpha_i \delta_i - r_1 r_2 \beta_i \gamma_i) \varphi_{2i}}{\Theta + 2f_i \varphi_{1i} + 2q_i \varphi_{2i}}}, \quad (4)$$

где

$$\Theta = a^2 + r_1^2 + r_2^2 + 2r_1 r_2 \beta_i \delta_i - 2r_1 r_2 \alpha_i \gamma_i - 2ar_1 \beta_i - 2ar_2 \delta_i,$$

а система (1) преобразуется в систему дифференциальных уравнений:

$$\left. \begin{aligned} I_1 \ddot{\varphi}_{1i} + \frac{clf_i}{\sqrt{\Theta + 2f_i \varphi_{1i} + 2q_i \varphi_{2i}}} - cf_i &= M_1; \\ I_2 \ddot{\varphi}_{2i} + \frac{clq_i}{\sqrt{\Theta + 2f_i \varphi_{1i} + 2q_i \varphi_{2i}}} - cq_i &= M_2, \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

где  $\Theta$ ,  $\alpha_i = \sin \varphi_1^*$ ,  $\beta_i = \cos \varphi_1^*$ ,  $\gamma_i = \sin \varphi_2^*$ ,  $\delta_i = \cos \varphi_2^*$ ,  $f_i = ar_1 \alpha_i - r_1 r_2 \beta_i \gamma_i$  и  $q_i = ar_2 \gamma_i - r_1 r_2 \alpha_i \delta_i - r_1 r_2 \beta_i \gamma_i$  — константы.

Для механизма типа шарнирного параллелограмма ( $r_1 = r_2$ ), довольно часто встречающегося в конструкциях машин (навески ямокопателей, очистные и сортировочные машины, симметричные двухколесные тормоза), упругость шатуна, нагрузки и параметры механизма таковы, что в процессе движения угловое перемещение звена  $AB$  незначительно. Движение такого механизма будет описываться системой

$$\left. \begin{aligned} I_1 \ddot{\varphi}_1 + cr^2 \cos \varphi_1 (\sin \varphi_1 - \sin \varphi_2) &= M_1; \\ I_2 \ddot{\varphi}_2 + cr^2 \cos \varphi_2 (\sin \varphi_2 - \sin \varphi_1) &= M_2. \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

После упрощения с помощью метода малых перемещений система (6) примет вид, линейность которой очевидна:

$$\left. \begin{aligned} I_1 \ddot{\varphi}_{1i} + cr^2 \beta_i (\beta_i \varphi_{1i} - \delta_i \varphi_{2i} + \eta_i) &= M_1; \\ I_2 \ddot{\varphi}_{2i} + cr^2 \delta_i (\delta_i \varphi_{2i} - \beta_i \varphi_{1i} - \eta_i) &= M_2, \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

где  $\eta_i = \alpha_i = \gamma_i$ .

Начальными условиями для систем (5) и (7) служат кинематические и динамические параметры в конце предшествующего шага перемещения.

Несложно дать оценочные формулы погрешности расчета и допустимой величины углового смещения шатуна.

В качестве примера решения системы (7) рассмотрим случай, когда к кривошипам приложены периодические моменты:

$$M_1 = Q_1 \sin \omega_1 t; \quad M_2 = Q_2 \sin \omega_2 t.$$

На первом шаге движение двухкривошипного механизма будет описываться системой дифференциальных уравнений, которые после упрощения примут вид:

$$\left. \begin{aligned} I_1 \ddot{\varphi}_1 + cl^2 \varphi_1 - cl^2 \varphi_2 &= Q_1 \sin \omega_1 t; \\ I_2 \ddot{\varphi}_2 + cl^2 \varphi_2 - cl^2 \varphi_1 &= Q_2 \sin \omega_2 t. \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Решая (8), получим

$$\varphi_1 = C_0 \sin(pt + \alpha) + C_3 t + C_4 + \frac{Q_1 (I_2 \omega_1^2 - cl^2)}{cl^2 \omega_1^2 (I_1 + I_2) - I_1 I_2 \omega_1^4} \sin \omega_1 t +$$

$$+ \frac{Q_2 cl^2}{I_1 I_2 \omega_2^4 + cl^2 \omega_2^2 (I_1 + I_2)} \sin \omega_2 t; \quad (9)$$

$$\varphi_2 = -C_0 \frac{I_1}{I_2} \sin(pt + \alpha) + C_3 t + C_4 + \frac{Q_1 cl^2}{cl^2 \omega_1^2 (I_1 + I_2) - I_1 I_2 \omega_1^4} \sin \omega_1 t +$$

$$+ \frac{Q_2 (I_1 \omega_2^2 - cl^2)}{cl^2 \omega_2^2 (I_1 + I_2) - I_1 I_2 \omega_2^4} \sin \omega_2 t,$$

где  $p = \sqrt{c \left( \frac{1}{I_1} + \frac{1}{I_2} \right)}$ ,  $C_0$  и  $\alpha$  определяются по начальным условиям.

Решения (9) позволяют провести полный кинематический и динамический анализ рассмотренного механизма. В частности, подобрав соотношение параметров, удовлетворяющих условию:

$$\frac{I_j}{I_k} = \frac{\omega_j^2}{\omega_k^2} \text{ и } I_j \omega_k^2 = cl^2 (j \neq k; j, k = 1, 2),$$

получим явление взаимного динамического демпфирования определенных гармоник.

Для практической реализации был рассчитан механический демпфер двухстороннего действия, в качестве упругих элементов в котором были использованы цилиндрические пружины с коэффициентом упругости  $c = 3,92$  кН/см. Этот демпфер был смонтирован на удлинителе погрузчика ПЛО-1А последовательно со штоком гидроцилиндра.

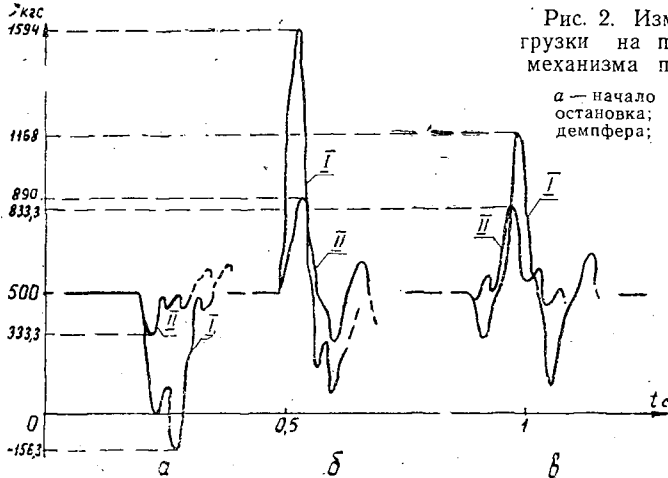


Рис. 2. Изменение силовой нагрузки на подвесе рейферного механизма погрузчика ПЛО-1А.

а — начало спуска груза; б — остановка; в — подъем; I — без демпфера; II — с демпфером.

Проведенное тензометрирование с последующим анализом показало, что упругое влияние демпфера на уменьшение пусковых ускорений снизило пики динамических ударов в погрузчиках, включая гидравлические, более чем в 3 раза при среднем режиме работы и тарированной нагрузке 4,9 кН (рис. 2). Это снижение динамических нагрузок приводит к увеличению прочности и надежности агрегата ПЛО-1А и к повышению устойчивости погрузчиков при работе на склонах.

Поступила 20 января 1978 г.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ  
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 621.935

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОБРАБОТОЧНЫХ РИСОК  
НА НАПРЯЖЕНИЯ МЕЖЗУБОВЫХ ВПАДИН  
ЛЕНТОЧНЫХ ПИЛ

Я. М. ШИРЯЕВ, Е. К. НИКОЛАЕВ, Н. А. НОХРИНА

Ленинградская лесотехническая академия

Исследовали влияние рисок, возникающих при обработке зубьев ленточных пил в межзубовых впадинах, на прочность полотен пил. Построили эпюры нормальных напряжений по контуру межзубовой впадины и определили коэффициенты концентрации напряжений.

В зоне около основания зубьев ленточных пил на переходной поверхности (выкружке) наблюдается [1] сложное напряженное состояние. Наибольшие местные напряжения  $\sigma_{max}$  определяют по формуле

$$\sigma_{max} = k\sigma_n, \quad (1)$$

где  $k$  — коэффициент концентрации напряжений;  
 $\sigma_n$  — номинальные напряжения.

При заточке пил в межзубовой впадине иногда остаются так называемые обработочные риски, являющиеся дополнительным очагом концентрации напряжений. В проводимых ранее исследованиях [1] влияние рисок не учитывали.

Данная работа посвящена учету влияния этих рисок на концентрацию напряжений в межзубовой впадине.



Рис. 1.

Исследования проводили поляризационно-оптическим методом при комнатной температуре. Модели изготовляли из эпоксидной смолы ЭД-6. В зоне впадины наносили соответствующие реальной ленточной пиле риски со средней глубиной 22,5—35 мкм. Глубину рисок определяли на микроскопе Линника (МИС-11).

Исследовали I и II типы зубьев пилы согласно ГОСТу 6532—53. Размеры моделей (образцов) и параметры зубьев для типа I: ширина полотна—100 мм; толщина—4 мм; высота зубьев—10 мм; радиус закругления впадины—3,5 мм и шаг—45 мм; передний угол профиля зубьев—25°, задний—20°.

Размеры моделей (образцов) и параметры зубьев для типа II: ширина полотна—100 мм; толщина—4 мм; высота зубьев—10 мм; радиус закругления впадины—3,5 мм и шаг—45 мм; передний угол профиля зубьев—30°, задний—15°.

Образец подвергали растяжению в специальном устройстве, которое помещали в координатно-синхронный поляриметр КСП-7 (изготовленный в Ленгосуниверситете). Величины растягивающих сил выбирали такими, чтобы деформации происходили в зоне упругости материала и были достаточно велики: предел пропорциональности материала—530 кг/см<sup>2</sup>; модуль упругости—37 500 кгс/см<sup>2</sup>; коэффициент Пуассона  $\mu = 0,38$ . Нагружение прекращали, если наибольшая деформация составляла не более 60% от соответствующей деформации предела пропорциональности.

Схема нагружения модели ленточной пилы показана на рис. 1. Растягивающие силы передавались через специально сконструированные захваты на образец таким образом, чтобы в достаточно большой по длине части модели осуществлялось равномерно растянутое поле

вдали от очага концентрации напряжений — межзубовой впадины. Использовали, в основном, монохроматический свет с длиной волны  $\lambda = 546,1$  мкм.

Известно, что в точках, лежащих на свободном контуре (т. е. на контуре, не имеющем касательных и нормальных напряжений), одно главное напряжение направлено по касательной к контуру, а другое, равно нулю. Поэтому на свободном контуре численная величина не равного нулю главного напряжения может быть определена непосредственно по картине интерференционных полос или по разности хода.

На контуре межзубовой впадины нормальное местное напряжение  $\sigma_m$  можно вычислить из порядка интерференционных полос по формуле

$$\sigma_m = \text{const } n_m. \quad (2)$$

Коэффициент концентрации напряжения

$$k = \frac{\sigma_{m \max}}{\sigma_{II}} = \frac{n_{m \max}}{n_{II}}. \quad (3)$$

По данным экспериментального исследования были построены эпюры контурных напряжений  $\sigma_m/\sigma_{II}$  по межзубовой впадине (рис. 2, 3), причем рис. 2 соответствует профилю типа I, а рис. 3 — профилю II (согласно ГОСТу 6532—53). На этих рисунках кривая 1 отражает влияние обработочных рисок глубиной 22,5 мкм; кривая 2 представляет собой эпюру для межзубовой впадины, не имеющей рисок, и взята из работы [1].

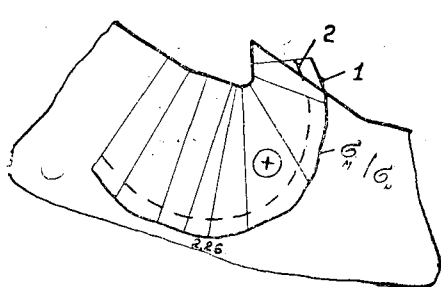


Рис. 2.

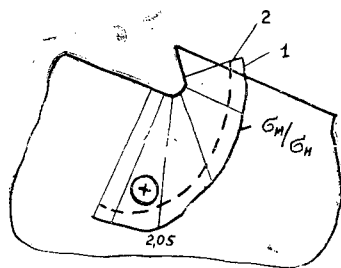


Рис. 3.

Из рис. 2 и 3 видно, что при глубине рисок 22,5 мкм концентрация напряжений увеличивается на величину  $\delta = 17 \div 20\%$  по сравнению с концентрацией напряжения без учета рисок.

Как показали опыты, увеличение глубины обработочных рисок приводит к возрастанию величины  $\delta$ , причем эта зависимость носит примерно линейный характер.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ширяев Я. М. Исследование методом фотоупругости концентрации напряжений в выкружке зубьев ленточных пил. — Вопросы резания, надежности и долговечности дереворежущих инструментов и машин. Межвуз. сб. научн. тр. Вып. 2. Л., ЛТА, 1976, с. 42—44.

УДК 674.812

## КАСАТЕЛЬНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ В ПАРАХ ТРЕНИЯ ПРЕССОВАННАЯ ДРЕВЕСИНА — МЕТАЛЛ И ВЛИЯНИЕ НА НИХ РАЗЛИЧНЫХ СМАЗОК

А. И. СМОЛЬЯКОВ

Воронежский лесотехнический институт

Показано, что пропитка прессованной древесины жидкими углеводородными соединениями приводит к увеличению касательных напряжений и молекулярной составляющей коэффициента трения в парах трения прессованная древесина — металл, а пропитка твердыми углеводородными соединениями снижает касательные напряжения и молекулярную составляющую коэффициента трения.

Подшипники из прессованной древесины применяют в узлах трения, работающих при низких скоростях скольжения и высоких удельных давлениях в условиях граничного и даже сухого трения.

При применении прессованной древесины в качестве подшипникового материала для снижения сил сопротивления трению ее пропитывают различными индустриальными маслами или твердыми смазками. Для научно обоснованного подбора наполнителей необходимо знать, как влияют различные смазки на касательные напряжения контактируемых пар металл — прессованная древесина.

Касательные напряжения  $\tau_n$ , обусловленные межмолекулярными взаимодействиями, и молекулярную составляющую  $f_m$  коэффициента трения определяли по методике, изложенной в работе [2]. Для экспериментов применяли инденторы из стали ШХ-15 с шероховатостью поверхности  $R_a = 0,025 \pm 0,020$  мкм и диаметром 19 мм.

Эксперименты как при смазке, так и без нее проводили на образцах из прессованной древесины марки ДПО-Пз (по ГОСТу 9629—75) плотностью  $1,18 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup> с торцевой рабочей поверхностью. Образцы пропитывали маслами «Индустриальное-45», моторное, загущенное полиэтиленом (АПД), а также наполняли парафином, церезином С-100 (АПД-Ц), смесью, состоящей из церезина С-100 и стеариновой кислоты (АПД-ЦС), суспензией фторопласта (АПД-Ф) или поверхность покрывали дисульфидом молибдена.

Скорость скольжения при трении принимали равной  $1,5 \cdot 10^{-4}$  м/с. Температура окружающей среды (камеры) составляла  $21 \pm 0,5^\circ\text{C}$ , относительная влажность  $W = 55 \pm 60\%$ . Шероховатость рабочей поверхности образцов  $R_a = 0,032 \pm 0,025$  мкм; она получалась в случае обработки прессованной древесины на фрезерном станке при высоких оборотах шпинделя и малой подаче стола.

При определении касательных напряжений без смазки образцы и шаровой индентор обезжиривали эфиром. С применением же смазки образцы пропитывали под давлением, а шаровой индентор перед экспериментом помещали в соответствующую масляную ванну на 2 ч.

Результаты представлены в табл. 1. Каждое значение  $\tau_n$ ,  $f_m$  получали как среднее арифметическое восьми измерений. Колебания величин  $\tau_n$ ,  $f_m$  в интервале используемых нагрузок составляют  $\pm (3 \div 5)\%$ . Значения  $\tau_n$ ,  $f_m$  для прессованной древесины без смазки соответствуют результатам экспериментов, когда в зоне трения при прокручивании шарового индентора не происходит химических изменений.

Нами установлено, что даже при принятых режимах в зоне трения контактируемой пары прессованная древесина — металл без смазки возможны окислительные процессы с образованием окисленной пленки

Таблица 1

Зависимость касательных напряжений и молекулярной составляющей коэффициента трения прессованной древесины от вида смазки при температуре окружающей среды  $294 \pm 1$  К

Вид смазки	Твердость материала НВ · 10 <sup>7</sup> Па	Средние нормальные напряжения в зоне контакта · 10 <sup>7</sup> Па	$\tau_n \cdot 10^7$ Па	$f_M$
Масло „Индустириальное-45“ ( $\rho = 1,18$ г/см <sup>3</sup> )	9,8	9,8	0,86	0,0906
			0,960	0,1032
АПД-Ц	19,1	18,8	0,774	0,0407
			0,795	0,0415
АПД-ЦС	17,8	17,5	0,638	0,0343
			0,67	0,0354
АПД-Ф	9,3	9,3	0,735	0,0800
			0,779	0,0875
АПД	4,9	4,7	0,490	0,0707
			0,71	0,1020
Парафин	10,5	10,3	0,490	0,0330
			0,500	0,0350
Дисульфид молибдена	10,0	10,0	1,080	0,085
			1,08	0,085
Без смазки ( $\rho = 1,18$ г/см <sup>3</sup> )	10,8	11,4	0,630	0,0630
			0,843	0,0731

Примечание. В числителе данные при трении скольжения; в знаменателе — при трении покоя через 2 ч.

в виде черного налета. Характеристики  $\tau_n$  и  $f_M$  при этом увеличиваются и достигают значений соответственно  $(2 \div 3) \cdot 10^7$  Па и  $0,4 \div 0,5$ .

Как видно из данных табл. 1, значения  $\tau_n$  и  $f_M$  существенно зависят от вида смазок. При пропитке древесины жидкими углеводородными соединениями, т. е. индустриальными маслами, эти величины как при трении скольжения, так и при трении покоя выше, чем без пропитки. При наполнении прессованной древесины твердыми углеводородными соединениями (типа парафина, церезина и смеси, состоящей из церезина и стеариновой кислоты) значения  $\tau_n$  и  $f_M$  как при трении скольжения, так и при трении покоя ниже, чем без наполнения, что особенно важно для механизмов и машин, работающих с частыми и длительными остановками. Если учесть, что при наполнении прессованной древесины твердыми углеводородными соединениями с более высокой температурой плавления увеличивается твердость материала, то общий коэффициент трения будет понижаться [1]. На основе этого разработан и получен антифрикционный материал [3], который успешно прошел производственные испытания и внедрен.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Михин Н. М. Трение в условиях пластического контакта. М., «Наука», 1968. [2]. Михин Н. М., Винник Н. И., Смольяков А. И. Влияние влажности, плотности и нагрузки на касательные напряжения при трении прессованной древесины по металлу. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1976, № 3. [3]. Самодуров И. С., Чаадаев А. Е., Смольяков А. И., Гаврилов Г. К. Антифрикционная прессованная древесина. Авт. свид. № 360222. — Бюл. «Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки», 1972, № 36.

Поступила 12 декабря 1977 г.



УДК 634.0.824.86

## СМАЧИВАЕМОСТЬ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА АДГЕЗИЮ

Ю. И. ЦОЙ, М. С. МОВНИН

Ленинградская лесотехническая академия

Установлена определенная зависимость качества склеивания от энергетических характеристик клеев, подтверждающая предположение об особенностях склеивания модифицированной древесины на основе термодинамических концепций адгезии.

В данной работе предпринята попытка на основе анализа физико-химических свойств используемых материалов установить некоторые особенности смачивания древесины, модифицированной полиметилметакрилатом (ПММА) и обработанной радиационно-химическим способом, и определить взаимосвязь между прочностью склеивания древесно-пластмассового материала и физико-химическими свойствами, влияющими на адгезию.

Как известно, с точки зрения термодинамики система стремится к минимуму энергии, т. е. при изотермическом процессе смачивания выгодна максимальная убыль свободной энергии системы [1]. Чем больше убыль свободной энергии, тем лучше тело смачивается жидкостью; чем ближе по своей молекулярной природе жидкость и твердое тело, тем лучше смачивание.

Чтобы оценить способность жидкости смачивать данное твердое тело, необходимо располагать значениями соответствующих поверхностных натяжений.

В связи с тем, что пока нет достаточно надежных методов оценки поверхностной энергии твердых тел, для характеристики их смачиваемости воспользуемся значениями критического поверхностного натяжения смачивания  $\sigma_k$ , приняв их равными поверхностному натяжению твердого тела  $\sigma_t$  [6].

Сравнивая значения  $\sigma_k$  для натуральной древесины, равные 44—50 дин/см, и полиметилметакрилата, равные 39 дин/см, можно предположить, что критическое поверхностное натяжение смачивания модифицированного древесно-пластмассового материала (ДПМ) меньше, чем исходной натуральной древесины [1], и близко к  $\sigma_k$  ПММА.

Если при выборе адгезива для склеивания модифицированной древесины провести анализ клеев с точки зрения их смачивающей способности, то можно сделать вывод, что фенолоформальдегидные клеи на легколетучем органическом растворителе обладают лучшей смачивающей способностью, чем мочевиноформальдегидные, по следующим соображениям.

Фенольные клеи марок КБ-3 и ВИАМФ-9 изготавливают на основе легколетучего органического растворителя (ацетон, этиловый спирт), а в карбамидных клеях типа М 19-62 и других растворитель — вода.

На границе с воздухом поверхностное натяжение воды составляет 72,75 эрг/см<sup>2</sup> при 20°C, ацетона — 23,7 эрг/см<sup>2</sup>, этилового спирта — 22,03 эрг/см<sup>2</sup> [3], т. е. легколетучие органические растворители обладают меньшей поверхностной энергией, чем вода.

Отсюда можно предположить, что фенольные клеи обладают меньшим поверхностным натяжением, чем мочевиноформальдегидные, т. е. спирторастворимые фенольные клеи и ДПМ имеют более близкие друг к другу значения поверхностных натяжений.

Кроме того, при соединении двух различных субстратов адгезив должен быть дифильным, т. е. иметь сродство к обоим субстратам. При анализе фенольных и мочевиноформальдегидных клеев с точки зрения дифильности можно установить, что по отношению к «чистой» древесине оба вида клея обладают большим сродством в силу наличия у обоих большого количества реакционноспособных групп.

В случае модифицированной древесины наблюдается несколько иная картина. Модифицированный ДПМ содержит по объему около 60% полиметилметакрилата, который, как известно, совмещается с поливинилацетатом и фенолоформальдегидной смолой; с другими полимерами, в том числе и с мочевиноформальдегидными, полиметилметакрилат и акрилаты не совмещаются [2].

Следовательно, и с позиции дифильности адгезивов фенолоформальдегидные клеи по сравнению с карбамидными должны обеспечить большую адгезионную прочность при склеивании модифицированной полиметилметакрилатом древесины.

Для доказательства вышеизложенных предположений были проведены исследования по определению поверхностного натяжения адгезивов и их смачивающей способности согласно методикам, изложенным в работах [4, 5]. Результаты экспериментов представлены в табл. 1 и на рис. 1, 2.

Таблица 1  
Смачиваемость древесины различными клеями

Адгезив	Порода древесины	Cos φ клея после приготовления через		
		0,5 ч	1,0 ч	1,5 ч
М 19-62 КБ-3 ВИАМФ-9	Береза модифицированная	0,4698	0,4923	0,4881
		-0,2286	-0,2478	-0,4833
		-0,1636	-0,3687	-0,5552
М 19-62 КБ-3 ВИАМФ-9	Береза натуральная	0,5209	0,5696	0,4968
		-0,5202	-0,5643	-0,8220
		-0,7028	-0,7618	-0,7875
М 19-62 КБ-3 ВИАМФ-9	Сосна натуральная	0,3522	0,3730	0,4038
		-0,5011	-0,6188	-0,6501
		-0,5244	-0,5974	-0,6834

Анализ результатов по определению энергетических характеристик различных марок клеев в зависимости от длительности выдержки с момента введения отвердителя (рис. 1) показывает, что наибольшей величиной поверхностного натяжения ( $69 \cdot 10^{-3}$  Дж/м<sup>2</sup>) обладает карбамидный клей М 19-62. Значения свободной поверхностной энергии фенолоформальдегидных клеев КБ-3 и ВИАМФ-9 близки друг к другу и равны  $\sim 40 \cdot 10^{-3}$  Дж/м<sup>2</sup>. Это можно объяснить сходством структуры и физико-химических свойств этих клеев.

Изменение поверхностного натяжения адгезивов в зависимости от времени выдержки в случае карбамидного клея выражено менее ярко, чем в случае фенолоформальдегидных клеев.

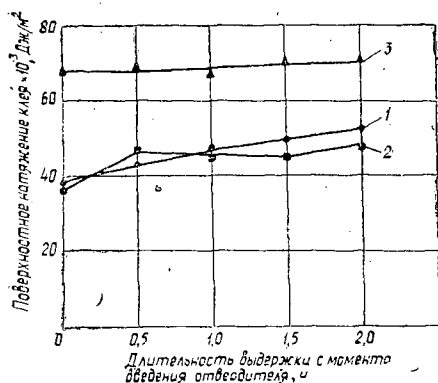


Рис. 1. Изменение поверхностного натяжения клея от длительности выдержки.

1 — КБ-3; 2 — ВИАМФ-9; 3 — М 19-62.

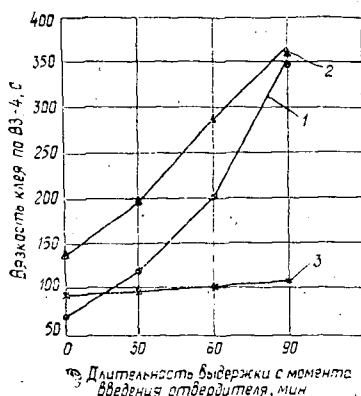


Рис. 2. Изменение вязкости клея от длительности выдержки.

1 — КБ-3; 2 — ВИАМФ-9; 3 — М 19-62.

Характер изменения поверхностного натяжения клеев согласуется с характером изменения их вязкости в зависимости от времени выдержки (рис. 2). Кривые, характеризующие изменение вязкости клеев от длительности выдержки с момента введения отвердителя, отражают картину, аналогичную представленной на рис. 1. В отличие от карбамидных адгезивов для фенольных связующих процесс нарастания вязкости во времени протекает более интенсивно в связи с более высокой скоростью процессов структурирования, протекающих в клеях, и испарения органического легколетучего растворителя. Все это приводит к увеличению поверхностного натяжения и ухудшению смачивающей способности клея.

Анализ данных табл. 1 показывает, что смачивающая способность карбамидных связующих в зависимости от времени выдержки клея меняется очень незначительно, что находит свое отражение в постоянстве поверхностного натяжения (рис. 1) и вязкости адгезива (рис. 2).

Угол смачивания  $\varphi$  при склеивании фенолоформальдегидными клеями лежит в пределах  $180^\circ > \varphi > 90^\circ$ . Смачивающая способность этих связующих с течением времени ухудшается.

При исследовании явления смачивания поверхности склеиваемого материала в зависимости от вида древесины и клея установлено следующее (табл. 1). Если сравнить данные, полученные для натуральной и модифицированной ПММА древесины березы, то можно сделать вывод, что карбамидный клей лучше смачивает поверхность натуральной березы ( $\cos \varphi = 0,5209$ ), чем модифицированного ДПМ ( $\cos \varphi = 0,4698$ ). Эта тенденция не изменяется с течением времени выдержки после приготовления адгезива.

В отличие от карбамидного клея фенолоформальдегидные связующие лучше смачивают поверхность древеснопластмассового материала (для КБ-3  $\cos \varphi = -0,2286$  и для ВИАМФ-9  $\cos \varphi = -0,1636$ ), чем поверхность натуральной березы (для КБ-3  $\cos \varphi = -0,5202$  и для ВИАМФ-9  $\cos \varphi = -0,7028$ ). Установленная смачивающая способность этих клеев также не изменяется с течением времени.

Критерий смачивания карбамидным связующим поверхности березовой древесины выше, чем поверхности сосны (для березы  $\cos \varphi = 0,5209$  и для сосны  $\cos \varphi = 0,3522$  через 0,5 ч после приготовления

адгезива. Для фенольных клеев наблюдается обратная картина: поверхность древесины сосны по сравнению с поверхностью березы лучше смачивается клеями КБ-3 и ВИАМФ-9 (табл. 1). Эти зависимости можно объяснить, по-видимому, физико-химической природой исследуемых адгезивов.

При изучении смачивающей способности фенольных связующих следует иметь в виду, что эти адгезивы — на органическом растворителе, имеющем большое сродство к хвойным экстрактивным веществам, которых больше содержится у сосны. Поэтому хвойная древесина лучше смачивается фенольными клеями, чем мочевиноформальдегидным, где растворителем является вода.

Результаты, полученные для натуральной древесины и ДПМ, согласуются с данными по прочности клеевого соединения на отрыв. В наших исследованиях показано, что наибольшую прочность клеевого соединения на отрыв при склеивании модифицированного ДПМ обеспечивают спирторастворимые фенолоформальдегидные клеи КБ-3 и ВИАМФ-9. Прочность клеевого соединения на отрыв в этом случае составляла  $(5-7) \cdot 10^5$  Па. При склеивании ДПМ карбамидным и водорастворимым фенолоформальдегидным клеем В прочность клеевого соединения на отрыв достигала  $(3-4) \cdot 10^5$  Па.

Можно проследить определенную корреляцию между значениями адгезионной прочности и критического поверхностного натяжения смачивания. Как следует из термодинамических концепций, для достижения высокой адгезии необходимо, чтобы  $\sigma_{\text{субстрата}} > \sigma_{\text{адгезива}}$ .

Если рассматривать неравенство  $\sigma_{\text{суб}} > \sigma_{\text{адг}}$  применительно к нашему случаю (при условии, что  $\sigma_{\text{к}} = \sigma_{\text{г}}$ ), то сравнивая значения  $\sigma$  (древесины и полиметилметакрилата) со значениями  $\sigma_{\text{адг}}$  ( $\sigma_{\text{адг}} = 40 \times 10^{-3}$  Дж/м<sup>2</sup> для КБ-3 и ВИАМФ-9;  $\sigma_{\text{адг}} = 69 \cdot 10^{-3}$  Дж/м<sup>2</sup> для М 19-62), можно установить, что изменение адгезионной прочности происходит согласно этому неравенству. Прочность клеевого соединения возрастает по мере приближения значений  $\sigma_{\text{суб}}$  и  $\sigma_{\text{клея}}$  друг к другу и возникновения тем самым условий для выполнения вышеуказанного неравенства.

Учитывая все многообразие процессов, имеющих место при склеивании, и факторов, влияющих на прочность клеевого соединения, можно сказать, что в данном случае установлена зависимость прочности склеивания от таких энергетических характеристик связующих, как поверхностное натяжение и смачивающая способность; последняя подтверждает предположение об особенностях склеивания модифицированной древесины на основе термодинамических концепций адгезии.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Берлин А. А., Басин В. Е. Основы адгезии полимеров, М., «Химия», 1969, с. 319. [2]. Николаев А. Ф. Синтетические полимеры и пластические массы на их основе. М.—Л., «Химия», 1966. 768 с. [3]. Справочник химика. Т. 1. Л., «Химия», 1971, с. 1072. [4]. Технология отделки древесины. Руководство к лабораторным работам. Л., 1969. 47 с. [5]. Фалькович Р. А. Скоростной метод измерения краевого угла смачивания. — «Текстильная промышленность», 1954, № 4, с. 35—37. [6]. Fow N. W., Zisman W. A. — «Colloid Sci.», 1950, v. 5, p. 514; 1952, v. 7, p. 109, 503; 1953, v. 8, p. 194.

Поступила 20 марта 1978 г.

УДК 691.17

## ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ ОСНОВАНИЙ И КЛЕЕВЫХ ПРОСЛОЕК НА ПОКАЗАТЕЛИ ДРЕВЕСНЫХ ПЛАСТИКОВ В ПОКРЫТИЯХ ПОЛОВ

Ю. М. ЗЕЛЬДИН, А. Д. ЛАЗАРЕВА

Уральский лесотехнический институт

Доказана эффективность применения безводных клеевых составов для крепления древесных плитных пластиков (изготовленных без добавления связующих) к индустриальным основаниям полов в жилищно-гражданском строительстве. Водные составы для этих целей оказались непригодными.

Широкая номенклатура покрытий полов требует в каждом конкретном случае определенных способов крепления их к нижележащим слоям. Одна из разновидностей покрытий — древесные пластики, получаемые из отходов древесины путем прессования измельченных частиц (без добавления связующих веществ). Указанные материалы ни по химическому составу, ни по физико-механическим свойствам не идентичны покрытиям полимерным и из цельной древесины [2]. Плиты толщиной 10—20 мм используют в качестве чистого пола, укладывая по сплошному основанию.

В проблемной лаборатории Уральского лесотехнического института проведены исследования возможности применения некоторых клеев и мастик для крепления пластиков, а также изучение влияния влажности на эксплуатационные показатели покрытий.

Исходный материал — крупноформатные плиты, полученные на промышленном оборудовании в цехах Самарского ЛПХ и Алапаевского ДОКа. Из каждой плиты, раскроенной по специальной схеме, отбирали образцы для определения показателей физико-механических свойств (табл. 1).

Таблица 1

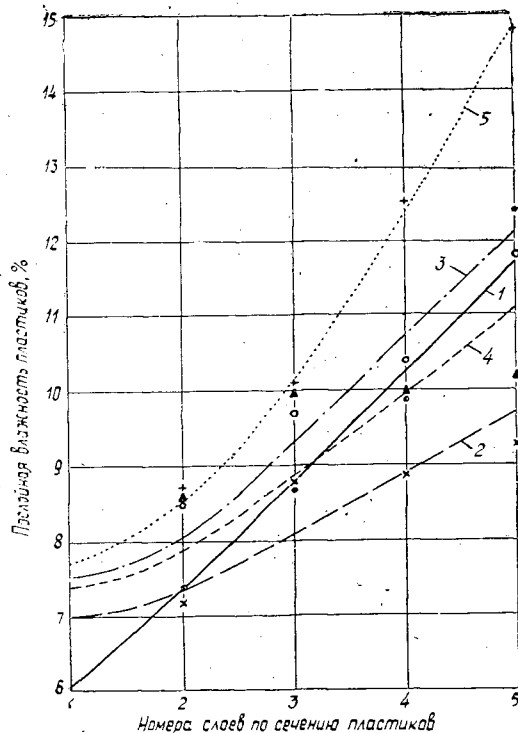
Вид пластиков	$\gamma_0 \cdot 10^3$ кг/м <sup>3</sup>	$R_n \cdot 10^3$ Н/м <sup>2</sup>	$\Delta W$ %	$\Delta S$ %	W %	I %	$R_c$ %
Из еловых лесосечных отходов; необлицованные, неотделанные	1,17	187	9,8	8,5	9,9	15,6	3,5
Из еловых лесосечных отходов; покрытые лаком МЧ-52	1,15	229	9,8	9,1	8,0	—	—
Из еловых лесосечных отходов; облицованные шпоном, неотделанные	1,18	618	11,3	11,3	9,9	—	3,7
Из еловых лесосечных отходов; покрытые лаком МЧ-52	1,22	417	9,4	11,1	8,2	—	—
Из пробковой ткани коры березы (без отделки)	0,9	—	3,1	1,9	3,1	3,7	—

Примечание.  $\gamma_0$  — плотность;  $R_n$  — предел прочности при статическом изгибе  $\perp$  плоскости прессования;  $\Delta W$  — разбухание по толщине за 24 ч;  $\Delta S$  — водопоглощение за 24 ч; W — влажность в момент испытания;  $R_c$  — предел прочности при скалывании  $\parallel$  плоскости прессования; I — истирание по весу.

В первых опытах для наклеивания пластиков использовали универсальную смолу (УКС) и казеино-цементный клей. Необлицованные плиты (площадь каждой 1,8 м<sup>2</sup>, толщина 10 мм) из еловых лесосечных отходов наклеивали на выровненное, сухое ос-

Рис. 1. Распределение влажности по сечению пластиков.

1, 2, 3, 4, 5 — партии пластиков;  
5-й слой — нижний, примыкает непосредственно к бетонному основанию; толщина каждого слоя — 2 мм.



нование. Через 60 дней после окончания работ по устройству покрытий полов выявлен резкий перепад влажности по сечению изъятых образцов (рис. 1).

Некоторые плиты (19% общей площади уложенных покрытий) покоробились, максимальная деформативность из плоскости плит достигла 38 мм. Коэффициент теплопроводности пластиков возрос на 4,3% в пересчете на 1% увеличения их влажности. По-видимому, наличие свободной влаги в составе приклеивающей смолы привело к переувлажнению нижней поверхности покрытия пола, что вызвало значительные внутренние напряжения и, как следствие, — изменение формы плит.

В связи с этим были рассмотрены безводные составы. Исследовали возможность применения мастик типа КН и РБ (разрешенных к использованию в жилищно-гражданском строительстве) для крепления пластиков к нижележащим слоям в конструкциях полов.

Два вида оснований — бетонное ( $W = 6$  и  $15\%$ ) и деревянное ( $W = 12\%$ ) — имитировали площадками (размер  $75 \times 75$  мм), торцы которых покрывали церезином М-100 для уменьшения испарения влаги. Изучали влияние влажности основания на послойную влажность покрытий (параметр оптимизации). Эксперименты проводили по латинскому квадрату [1] первого порядка, размер  $3 \times 3$  (табл. 2).

Дисперсионный анализ результатов эксперимента сведен в табл. 3.

Значимость линейных эффектов проверяли по критерию Фишера, расчетную величину которого определяли из отношения среднего квадрата каждого исследуемого фактора к среднему квадрату остатка. Например, для фактора А

$$F_{\text{расч}} = \frac{0,37}{1,24} = 0,23.$$

Полученное F-отношение сравнивали с табличным

$$F_{0,05}(2,2) = 19,00.$$

Таблица 2

Тип мастики	Численные значения показателей для пластика		
	$E_{ш}$ (из еловых лесосечных отходов, облицованные шпоном)	$E_{б/ш}$ (из еловых лесосечных отходов без облицовки)	$B$ (из пробковой ткани коры березы — бересты)
КН	10,3	10,4	3,3
	5	20	180
РБ	10,3	12,0	2,9
	20	180	5
Без крепления	9,6	12,9	3,6
	180	5	20

Примечание. В числителе — влажность пластиков, %; в знаменателе — срок испытаний, дней.

Таблица 3

Источник дисперсии	Сумма квадратов	Средний квадрат	F-отношение	F-критерий
Строки $A_i$ (тип мастики)	0,74	0,37	0,29	19,00
Столбцы $B_j$ (вид пластика)	121,38	60,69	48,94	19,00
Буквы $C_k$ (срок испытания)	0,56	0,28	0,23	19,00
Остаток	2,48	1,24	—	—

Примечание. Число степеней свободы во всех случаях равно 2.

Следовательно, линейный эффект фактора  $B$  оказался значимым, т. е. послонная влажность плит существенно зависит от вида пластиков. Тип мастики и срок испытаний оказывают незначительное влияние на параметр оптимизации.

Для определения усилия отрыва (параметра оптимизации  $P$ ) пластиков от основания фрагмент пола помещали между металлическими пластинами, в отверстия которых ввинчивали балансирные подвески. С помощью последних готовые образцы устанавливали в зажимах универсальной испытательной машины модели УДМ. К бетону и пластикам пластины приклеивали эпоксидной смолой ЭД-6 с отвердителем-полиэтиленполиамином. Условия проведения опытов приведены в табл. 4.

Таблица 4

Факторы	Уровни изменения факторов			Единицы измерений
	-1	0	+1	
$X_1$ (срок испытания)	5	12,5	20	Сутки
$X_2$ (влажность бетонного основания)	6	10,5	15	%
$X_3$ (тип мастики)	КН	—	РБ	—
$X_4$ (вид пластиков)	$A$ (из еловых лесосечных отходов; облицованные шпоном, отделанные)	$B$ (из еловых лесосечных отходов, облицованные шпоном, неотделанные)	$C$ (из пробковой ткани коры березы — бересты)	$D$ (из еловых лесосечных отходов; не облицованные шпоном, неотделанные)

Для осуществления эксперимента применяли сложный план, полученный совмещением матрицы полного факторного эксперимента  $2^3$  с  $2 \times 4$  латинским прямоугольником (табл. 5).

Таблица 5

Номер опыта	$X_0$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_1 X_2$	$X_1 X_3$	$X_2 X_3$	$X_1 X_2 X_3$	$X_4$	$P \cdot 10^5$ Па
1	+	-	-	-	+	+	+	-	D	1,2
2	+	+	-	-	-	-	+	+	B	1,7
3	+	-	+	-	-	+	-	+	C	1,6
4	+	+	+	-	+	-	-	-	A	1,6
5	+	-	-	+	+	-	-	+	A	1,0
6	+	+	-	+	-	+	-	-	C	1,5
7	+	-	+	+	-	-	+	-	B	1,3
8	+	+	+	+	+	+	+	+	D	1,6

Математическая модель представлена линейным уравнением регрессии

$$\hat{Y} = 1,4375 + 0,1625X_1 + 0,2125X_2 - 0,0875X_3;$$

$$S_{\text{воспр}} = 0,148.$$

Проверка значимости коэффициентов по критерию Стьюдента показала, что все они значимы. Наибольшее влияние на усилие отрыва оказала влажность бетонного основания, а наименьшее — тип мастики. С увеличением срока времени от момента наклеивания пластиков до их отрыва от основания усилие отрыва возрастает. Дисперсионным анализом доказано, что вид пластиков не оказывает влияния на параметр оптимизации  $P$ .

Проведенными исследованиями установлено, что различные виды древесных пластиков без добавления связующих (облицованные шпоны в процессе прессования и без облицовки, отделанные лакокрасочными материалами и не-покрытые ими) имеют высокую, соизмеримую с синтетическими полимерными материалами прочность склеивания с основаниями при помощи мастик типа КН и РБ. С течением времени прочность приклеивания пластиков указанными составами не уменьшается, что подтверждает их надежность. Повышенная влажность бетонного основания не влияет на прочность приклеивания пластиков и их свойства в случае применения исследованных мастик и практически не вызывает изменений влажности плит. Тем самым предотвращается их коробление и увеличивается срок службы покрытия.

Полы из различных видов пластиков, наклеенные на основания безводными составами, эксплуатируются без дефектов в ряде помещений гражданских зданий в течение 4—6 лет, а в павильоне «Лесное хозяйство и лесная промышленность» ВДНХ СССР — в течение 7 лет.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Маркова Е. В. Руководство по применению латинских планов при планировании эксперимента с качественными факторами. Челябинск, Южно-Уральское кн. изд-во, 1971, с. 155. [2]. Плитные материалы и изделия из древесины и других одревесневших растительных остатков без добавления связующих. — Монография. М., «Лесная промышленность», 1976, с. 18—22.



УДК 684.4

## О ВЫБОРЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ТОЛЩИНЫ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ШИТОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МЕБЕЛИ

И. З. ТОКМАН

Львовский лесотехнический институт

Построены номограммы для определения толщины горизонтальных шитовых элементов мебели в зависимости от габаритов, функционального назначения элементов и механических свойств применяемых конструкционных материалов.

Повышение качества, надежности и эстетичности мебели требует нового подхода к вопросам проектирования изделий. При многообразии конструктивных форм и применяемых для изготовления изделий материалов выбор оптимальных размеров элементов и узлов следует проводить на основании достаточно строгих инженерных методов расчета.

Существующая методика расчета элементов мебели [1] позволяет скрупулезно описывать работу конструкции, однако из-за сложности математических вычислений эту методику не всегда можно использовать при создании новых изделий мебели. Конструктору необходимо иметь такие методы расчета, руководствуясь которыми он сможет за короткое время проработать несколько конструктивных вариантов, подобрать наиболее подходящий материал для изготовления элементов и выбрать такие их размеры, при которых конструкция, элемент или узел будут обладать достаточной прочностью, жесткостью и долговечностью.

Согласно работе [1], полки рассматриваем как пластины. Максимальный прогиб шарнирно опертой полки (полки на стяжках, полкодержателях) определяется формулами

$$\omega = \frac{5Pa^4}{384D_{\parallel}}; \quad (1)$$

$$\omega = 0,001\omega_{\text{доп}} a; \quad (2)$$

$$D_{\parallel} = \frac{E\delta^3}{12(1-\nu_1\nu_2)}, \quad (3)$$

где  $a$  — длина (пролет) элемента, мм;

$D_{\parallel}$  — изгибная жесткость полки в продольном направлении, Н·мм;

$P$  — удельная нагрузка, Н/мм<sup>2</sup>;

$\omega_{\text{доп}}$  — допустимый прогиб элемента. (По данным ВПКТИМа  $\omega_{\text{доп}} = 3$  мм/м для видимых полок или при наличии под полкой раздвижных стекол, дверок и т. п.; для полок, не видимых за дверкой,  $\omega_{\text{доп}} = 5$  мм/м);

$E$  — модуль упругости материала полки в продольном направлении, Па;

$\delta$  — толщина элемента, мм;

$\nu_1$  и  $\nu_2$  — коэффициенты поперечной деформации в главных направлениях анизотропии. В случае изотропных материалов  $\nu_1 = \nu_2$ .

При подстановке выражений (2) и (3) в формулу (1) определяем необходимую толщину элемента

$$\delta_1 = a \sqrt[3]{\frac{60P(1 - \nu_1\nu_2)}{0,384E\omega_{доп}}} \tag{4}$$

Аналогично находим толщину элемента в случае жесткой заделки противоположных краев (полки поставлены на шкантах и клее)

$$\delta_2 = a \sqrt[3]{\frac{12P(1 - \nu_1\nu_2)}{0,384E\omega_{доп}}} \tag{5}$$

Массовые расчеты по формулам (4) и (5) затруднительны. Для конструктора наиболее удобно и просто пользоваться графическим

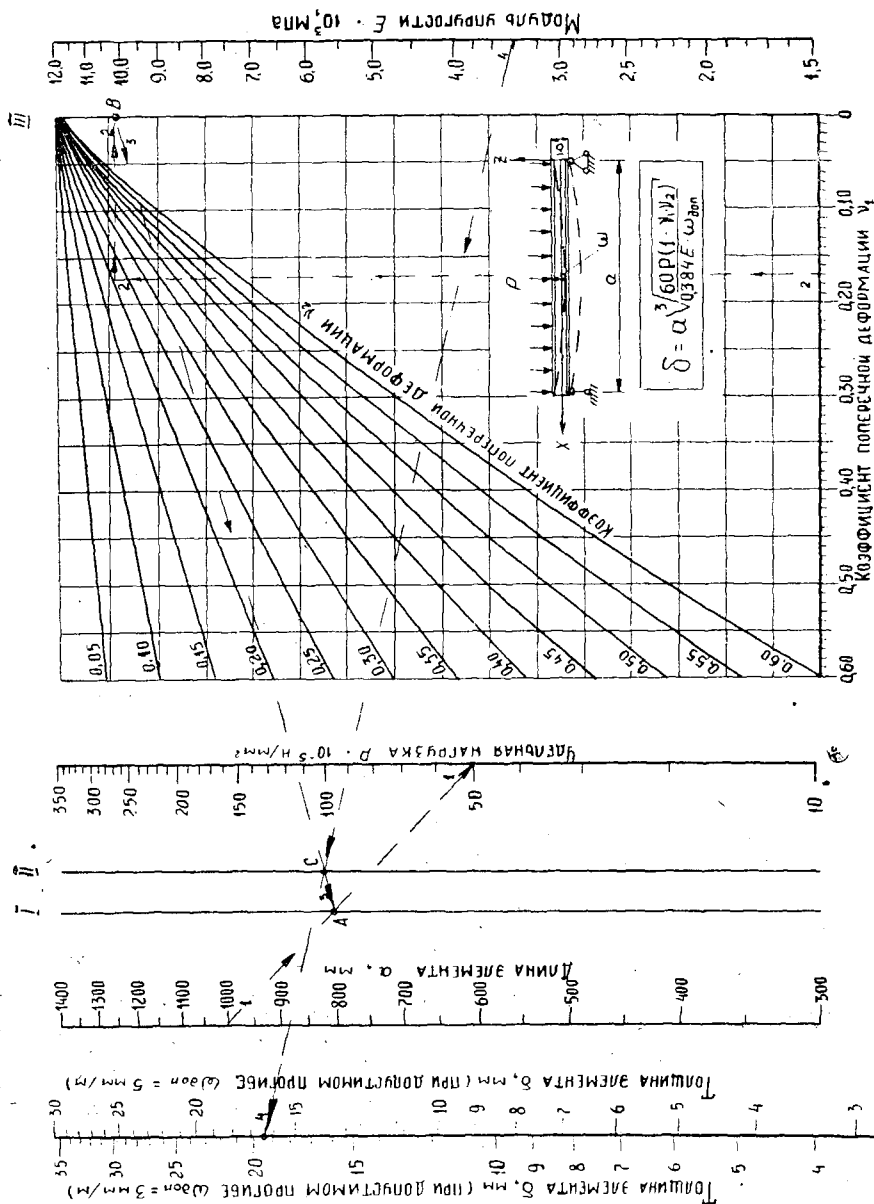


Рис. 1. Номограмма для определения толщины шарнирно опертых горизонтальных элементов корпусной мебели.

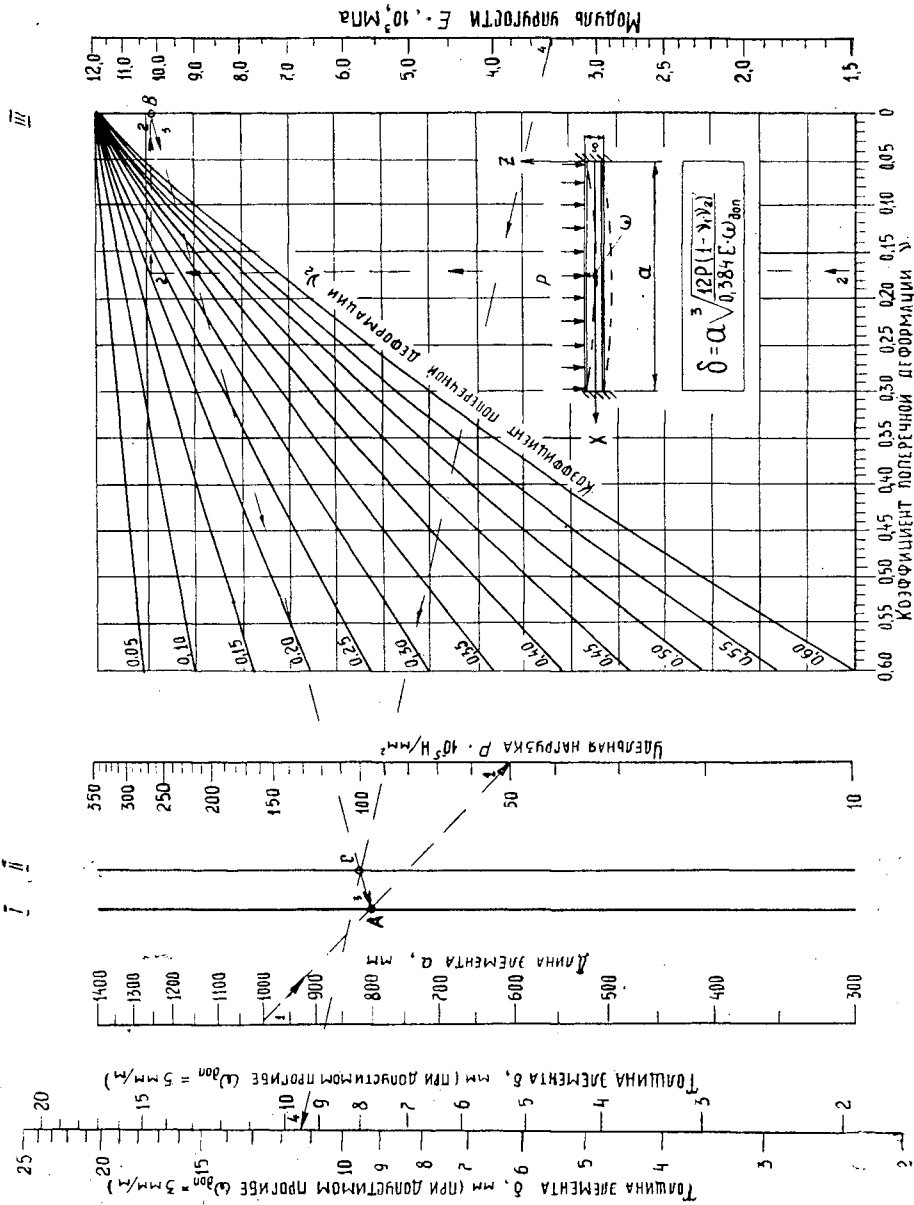


Рис. 2. Номограмма для определения толщины горизонтальных щитовых элементов мебели с жестко заделанными краями.

изображением заданной функциональной зависимости. С целью повышения эффективности работы конструктора по формулам (4) и (5) построены номограммы для определения толщины горизонтальных элементов мебели в зависимости от габаритов, функционального назначения элементов и механических свойств применяемых конструкционных материалов. Кроме того, по номограммам можно решить и обратные задачи: выбор необходимой длины элемента при определенной толщине и заданном материале или подбор материала (определение его свойств) при заданной толщине и длине элемента.

Полученные комбинированные номограммы (рис. 1 и 2) состоят из составной номограммы выравненных точек канонической формы  $f_1 + f_2 = f_3 + f_4$  и сетчатой номограммы канонической формы  $F(a, u, v) = 0$  [2].

Результаты, полученные по номограммам, учитывают, что максимальный прогиб элемента не превышает 3 или 5 мм/м в зависимости от конкретного случая применения элемента, и отличаются от расчетных не более чем на 3%, что для решения большинства задач вполне приемлемо.

При расчетах по номограммам на шкале  $E$  откладывают значение длительного модуля упругости. Приблизительно можно принять, что длительный модуль упругости в 1,5 раза меньше мгновенного модуля упругости, получаемого при стандартных испытаниях образцов.

Полученные ориентировочные значения модулей упругости и коэффициентов поперечной деформации приведены в табл. 1.

Таблица 1

Материал	Мгновенный модуль упругости $E \cdot 10^3$ , МПа	Коэффициенты поперечной деформации	
		$\nu_1$	$\nu_2$
Древесностружечная плита трехслойная средней плотности	1,7—3,2	0,1—0,3	0,1—0,3
Древесностружечная плита трехслойная тяжелая	2,2—3,9	0,1—0,3	0,1—0,3
Древесностружечная плита, облицованная синтетическим шпоном и ламинированная	3,5—5,5	0,1—0,2	0,2—0,3
Древесностружечная плита, облицованная натуральным шпоном	4,0—6,0	0,1—0,2	0,2—0,4
Массивная древесина	9,0—13,0	0,03—0,07	0,4—0,7
Фанера клееная	9,0—13,0	0,02—0,07	0,06—0,2

Величину удельной нагрузки выбирают в зависимости от функционального назначения элемента по нормам, разработанным ВПКТИМом [1].

Пример. Определяем толщину полки шкафа для одежды и белья ( $P = 50 \cdot 10^{-5}$  Н/мм<sup>2</sup>), материал полки — древесностружечная плита, облицованная натуральным шпоном. Длительный модуль упругости материала полки  $E = 3,4 \cdot 10^3$  МПа, коэффициенты поперечной деформации  $\nu_1 = 0,17$ ,  $\nu_2 = 0,20$ . Длина полки  $a = 1000$  мм. Полка опирается на полкодержатели (рис. 1).

Решение.

1. Соединяя прямой 1—1 точки с заданной длиной полки  $a$  и удельной нагрузкой  $P$ , находим точку  $A$  на шкале  $I$ .

2. Соединяя линией 2—2 точки с заданными значениями коэффициентов поперечной деформации  $\nu_1$  и  $\nu_2$ , получаем точку  $B$  на шкале  $III$ .

3. Через полученные точки  $A$  и  $B$  проводим прямую 3—3 и на пересечении ее со шкалой  $II$  получаем точку  $C$ .

4. Через точку с заданным значением модуля упругости и точку  $C$  проводим прямую 4—4. На пересечении прямой 4—4 со шкалой  $\delta$  находим искомую толщину элемента.

Для заданных значений исходных величин и допустимом прогибе  $\omega_{\text{доп}} = 3$  мм/м толщина полки, определенная по номограмме,  $\delta = 19,4$  мм. Следовательно, при толщине облицовочного шпона 0,8 мм для изготовления полки можно использовать древесностружечную плиту толщиной 17,8 мм. С учетом ближайшей стандартной толщины принимаем  $\delta = 18$  мм. При допустимом прогибе  $\omega_{\text{доп}} = 5$  мм/м для изготовления полки потребуется древесностружечная плита толщиной 15 мм.

Полученные номограммы — первый шаг на пути к разработке простых и удобных методов определения оптимальных параметров конст-

рукций. В дальнейшем предполагается построить номограммы для нахождения рациональных сечений как горизонтальных, так и вертикальных элементов мебели при различных случаях опорных закреплений, что будет способствовать развитию активного конструирования, создаст предпосылки для творческого подхода при создании новых конструкций мебели.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Королев В. И. Основы рационального конструирования мебели. М., «Лесная промышленность», 1973. 191 с. [2]. Хованский Г. С. Основы номографии. М., «Наука», 1976. 351 с.

Поступила 20 марта 1978 г.

УДК 674.5:534

### К ВОПРОСУ ОБ АКУСТИЧЕСКОЙ КОНСТАНТЕ ДРЕВЕСИНЫ

В. И. КОРОЛЕВ

Московский лесотехнический институт

Дано обоснование формулы для вычисления акустической константы древесины, которая получена из решения задачи о свободных колебаниях круглой пластинки, учитывает анизотропию упругих свойств и представляет собой действительную константу анизотропного материала.

Все наиболее ответственные элементы струнных музыкальных инструментов делают из древесины. Качество инструмента в значительной мере определяется правильным выбором формы и размера корпуса и сечения деревянных элементов. Особую роль играют деки, представляющие собой тонкие пластинки различной геометрической формы в плане. Деки усиливают энергию звуковых колебаний струн и формируют наиболее приятный тембр звучания инструмента.

В музыкальной промышленности принято оценивать качество материала в отношении его возможностей обеспечивать наилучшее звучание так называемой акустической константой, которая предложена акад. Н. Н. Андреевым [3]

$$K_A = \sqrt{\frac{E}{\rho^3}}, \quad (1)$$

где  $E$  — динамический модуль упругости материала;  
 $\rho$  — плотность.

Однако древесина всех известных в природе пород — анизотропный материал, модули упругости которого в разных направлениях существенно различаются. Даже если под  $E$  понимать максимальное значение модуля упругости в одном из главных направлений анизотропии, т. е.  $E = E_1$ , то останется открытым вопрос о влиянии других независимых упругих констант ортотропного материала.

Упругие свойства дек определяются четырьмя независимыми константами:  $E_1, E_2, G, \nu_2$  ( $E_1, E_2$  — модули упругости в главных направлениях анизотропии;  $G$  — модуль сдвига;  $\nu_1, \nu_2$  — коэффициенты Пуассона;  $E_1 \nu_2 = E_2 \nu_1$ ).

Если главные направления анизотропии совместить с осями координат, то в зависимости от направления, характеризуемого углом  $\vartheta$  к направлению волокон, упругие константы древесины определяются следующими выражениями [2]:

$$\left. \begin{aligned} C_{11} &= \frac{1}{8} (h + 4g \cos 2\vartheta + f \cos 4\vartheta); \\ C_{22} &= \frac{1}{8} (h - 4g \cos 2\vartheta + f \cos 4\vartheta); \\ C_{33} &= \frac{1}{8} (8\bar{G} + f - f \cos 4\vartheta); \\ C_{12} &= \frac{1}{8} (8\bar{E}_1 \nu_2 + f - f \cos 4\vartheta); \\ C_{13} &= -\frac{1}{8} (2g \sin 2\vartheta + f \sin 4\vartheta); \\ C_{23} &= -\frac{1}{8} (2g \sin 2\vartheta - f \sin 4\vartheta), \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где введены обозначения

$$\left. \begin{aligned} f &= \bar{E}_1 + \bar{E}_2 - 2\bar{E}_3; \\ g &= \bar{E}_1 - \bar{E}_2; \\ h &= 3\bar{E}_1 + 3\bar{E}_2 + 2\bar{E}_3; \\ \bar{E}_3 &= 2G + \bar{E}_1 \nu_2; \\ \bar{E}_1 &= \frac{E_1}{1 - \nu_1 \nu_2}; \quad \bar{E}_2 = \frac{E_2}{1 - \nu_1 \nu_2}. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Для ортотропных материалов, очевидно, акустическая константа должна определяться всеми независимыми упругими константами. Исходя из общих уравнений изгиба круглой пластинки с прямоугольной анизотропией упругих свойств [2], Н. А. Комаров при решении задачи о свободных колебаниях получил следующее выражение для акустической константы [1]:

$$K = \sqrt{\frac{h}{8\rho}}. \quad (4)$$

В отличие от формулы Н. Н. Андреева акустическая константа, определяемая выражением (4), существенно зависит от всех четырех независимых констант упругости материала. Покажем, что именно этот параметр представляет собой действительную константу материала, не зависящую от способа его формирования, и следовательно, существующие в настоящее время методы определения акустической константы древесины, основанные на испытаниях стержней, должны быть заменены новыми, более совершенными методами, учитывающими ортотропную структуру материала.

Представим себе, что деревянные плиты для изготовления дек музыкальных инструментов получают склеиванием по пласти тонких слоев древесного шпона, так что при укладке шпона обеспечиваются упругая симметрия по толщине плиты и ортотропность структуры материала. Очевидно, эти условия можно обеспечить при формировании плиты перекрестной укладкой шпона под углами  $\pm \vartheta$  к направлению волокон. При таком способе получения материала все его физические константы не должны измениться.

Согласно выражениям (2), при перекрестной укладке древесного шпона под углами  $\pm \vartheta$  к направлению волокон равенства для упругих характеристик материала имеют вид

$$E_1^* = C_{11}(\vartheta); \quad E_2^* = C_{22}(\vartheta); \quad G^* = C_{33}(\vartheta); \quad \nu_1^* = \frac{C_{12}}{C_{22}}; \quad \nu_2^* = \frac{C_{12}}{C_{11}}. \quad (5)$$

Допуская погрешность  $\frac{C_{12}^2}{C_{11}C_{22}}$  по сравнению с единицей, для акустической константы, согласно формуле (1), получим выражение

$$K_A = \sqrt{\frac{C_{11}(\vartheta)}{\rho^3}}. \quad (6)$$

Поскольку равенство (1) существенно зависит от способа укладки шпона, то оно не может представлять константу материала.

В то же время в соответствии с формулой (4) имеем

$$K = \sqrt{\frac{3(C_{11} + C_{22}) + 4C_{33} + 2C_{12}}{8\rho}} = \sqrt{\frac{h}{8\rho}}, \quad (7)$$

т. е. при любой укладке шпона значение параметра не изменяется, что и характеризует реальное понятие константы материала.

Нам представляется, что сделанные выше выкладки убедительно свидетельствуют о бесспорном преимуществе формулы (4).

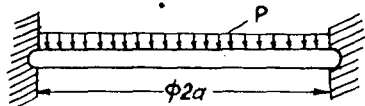


Рис. 1.

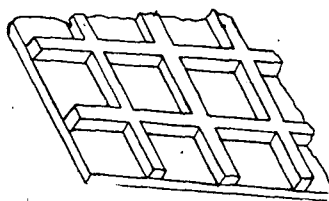


Рис. 2.

Для определения новой акустической константы древесины можно предложить весьма простой эксперимент по изгибу жестко защемленной по контуру круглой пластинки, вырезанной из деревянной плиты (рис. 1). Согласно [2], прогиб такой пластинки определяется выражением

$$W = \frac{3p(r^2 - a^2)^2}{2h\delta^3}, \quad (8)$$

где  $p$  — давление;  
 $\delta$  — толщина пластинки;  
 $a$  — радиус пластинки.

Максимальный прогиб в центре пластинки (при  $r = 0$ )

$$W_{max} = \frac{3pa^4}{2h\delta^3}. \quad (9)$$

Осуществив нагружение круглой пластинки с жестко заделанным краем при динамическом нарастании давления и замерив ее прогиб в центре по формуле (9) получим

$$h = \frac{3ra^4}{26^3 W_{max}}. \quad (10)$$

Далее акустическую константу определим по формуле (4).

Поскольку акустическая константа  $K$ , вычисленная по выражению (4), зависит от упругих характеристик пластинки при изгибе и плотности материала, то ее можно существенно повысить, используя для изготовления де́к музыкальных инструментов двухслойные плиты, у которых один слой имеет прямоугольную перфорацию (рис. 2). У де́к, изготовленных из таких плит, существенно увеличивается параметр упругости материала  $h_{пр}$  и уменьшается приведенная плотность  $\rho_{пр}$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Комаров Н. А. Некоторые вопросы теории щипковых музыкальных инструментов. Дис. на соиск. учей. степени канд. техн. наук. М., МЛТИ, 1975. [2]. Королев В. И. Изгиб круглых пластин с прямоугольной анизотропией упругих свойств. — «Научные труды МЛТИ. Механика в конструкциях и изделиях из древесины», 1973, вып. 57. [3]. Уголев Б. Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения. М., «Лесная промышленность», 1975, 383 с.

Поступила 17 марта 1978 г.



ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 676.11.082.1

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА  
ФЕНОЛКАРБОНОВЫХ КИСЛОТ СУЛЬФАТНОГО ЩЕЛОКА  
ОТ ВАРКИ БЕРЕЗОВОЙ ДРЕВЕСИНЫ

А. И. КИПРИАНОВ, Т. И. ПРОХОРЧУК, С. М. КРУТОВ,  
Т. А. РЯБОВА

Ленинградская лесотехническая академия

Идентифицированы пять индивидуальных кислот.

Методом тонкослойной хроматографии исследована фракция нелетучих эфирорастворимых веществ, выделенная из сульфатного щелока от варки сибирской березы. Древесина заготовлена в Большекетском леспромхозе (Енисейская лесосырьевая база). Сульфатная варка произведена при следующих условиях: подъем температуры до 172°C в течение 2 ч, стоянка при 172°C — 2 ч. Расход активной щелочи — 16,0% от веса абс. сухой древесины. Выход целлюлозы — 51,6%. Полученный черный щелок имел плотность 1,075 г/см<sup>3</sup> и содержал 13,8% сухого остатка, 6,4% золы, 1,7% суммарных эфирорастворимых веществ.

Сульфатный щелок был проэкстрагирован диэтиловым эфиром в объемном отношении 1:3 с целью извлечения нейтральных веществ, затем разбавлен дистиллированной водой (1:1), подкислен 30%-ной серной кислотой до pH = 1,0 и снова проэкстрагирован эфиром в том же соотношении. Полученный экстракт последовательно извлекали насыщенным раствором бикарбоната натрия и 5%-ного едкого калия. Из щелочного раствора выделяли высшие жирные кислоты в виде их бариевых солей. От всех полученных фракций отгоняли легколетучие компоненты при P<sub>ост</sub> = 20 мм рт. ст. и температуре водяной бани 40—50°C. В результате эфирорастворимые вещества кислотного характера были разделены на три группы: 1) извлекаемые бикарбонатом натрия, которые составляли 70,2% от суммы нелетучих эфирорастворимых веществ, в том

Таблица 1

Системы растворителей	Фракции эфирорастворимых веществ щелока			
	ЭРВБВ	БРВБВ	Фенолы	Высшие жирные кислоты
Этанол—вода—25%-ный аммиак (25:3:4)	—	—	—	—
Диоксан — бензол — уксусная кислота (90:25:4)	—	—	—	—
Бензол — диоксан — уксусная кислота(90:25:1)	+	+	+	+
Петролейный эфир — ацетон (3:1)	—	—	+	—
Н-бутиловый эфир — ледяная уксусная кислота (90:9)	+	+	—	—
Пентан — диэтиловый эфир — ледяная уксусная кислота (40:60:1)	+	+	—	—
Пентан — диэтиловый эфир — ледяная уксусная кислота (40:50:1)	—	—	+	—
Гексан — диэтиловый эфир — ледяная уксусная кислота (40:60:1)	+	+	—	—

Примечание. ЭРВБВ — эфирорастворимые вещества бикарбонатной вытяжки; БРВБВ — бутанолорастворимые вещества бикарбонатной вытяжки.

Таблица 2

Кислота	Значения $Rf$ в системе п-бутловый эфир — ледяная уксусная кислота (90 : 9)			Кислота	Значения $Rf$ в системе пентан— эфир—ледяная уксусная кислота (40 : 60 : 1)		Кислота	Значения $Rf$ в системе гексан— эфир—ледяная уксусная кислота (40 : 60 : 1)	
	Стандарт	ЭРВБВ	БРВБВ		Стандарт	ЭРВБВ		Стандарт	ЭРВБВ
Галловая	0,11	—	—	Галловая	0,12	—	$X_1$	—	0,14
$X_1$	—	0,29	0,29	Феруловая	0,60	0,60	Феруловая	0,20	—
$X_2$	—	—	0,30	Пирогаллолкарбо- новая	0,61	0,61	Ванилиновая	0,25	0,25
$X_3$	—	—	0,33	Вапилиновая	0,63	0,63	Вератровая	0,26	—
Феруловая	0,36	0,36	—	$X_1$	—	0,67	п-оксибензойная	0,28	0,28
$X_4$	—	0,37	0,37	п-оксибензойная	0,69	0,69	м-оксибензойная	0,31	—
Ванилиновая	0,39	0,39	—	м-оксибензойная	0,76	—	Пирогаллолкарбо- новая	0,33	0,33
п-оксибензойная	0,43	0,43	—	$X_2$	—	0,81	$X_2$	—	0,38
м-оксибензойная	0,46	0,46	—	$X_3$	—	0,88	$X_3$	—	0,43
$X_5$	—	0,51	—				$X_4$	—	0,46
$X_6$	—	0,54	0,54						

числе эфирорастворимые (57,3%) и бутанолорастворимые (12,9%); 2) высшие жирные кислоты (9,8%); 3) фенолы (6,1%).

Группа веществ, извлекаемых раствором бикарбоната натрия, ее эфирорастворимая и бутанолорастворимая части, были исследованы методом тонкослойной хроматографии. Ввиду того, что на основании данных ИК-спектроскопии и результатов химического анализа в указанной фракции предположительно присутствуют фенолкарбоновые кислоты в смеси с другими соединениями фенольного характера, первоначально были подобраны и экспериментально испытаны восемь систем растворителей, пригодных для разделения такого рода смесей. Одновременно были проверены и две другие группы эфирорастворимых веществ кислого характера, выделенные из названного щелока. Пробы наносили на стеклянные пластины размером  $20 \times 20$  см с закрепленным слоем сорбента толщиной 300 мк (силикагель марки ЛСЛ<sub>254</sub> 5/40).

Результаты испытаний систем растворителей на их пригодность для разделения фракций эфирорастворимых веществ черного щелока представлены в табл. 1. Установлено, что системы этанол — вода — 25%-ный аммиак (25 : 3 : 4) и диоксан — бензол — уксусная кислота (90 : 25 : 4) не обеспечивают разделения ни одной из исследуемых фракций. Система бензол — диоксан — уксусная кислота (90 : 25 : 1) пригодна для разделения как фракции веществ, извлекаемых бикарбонатом натрия, так и фенолов. Системы петролейный эфир — ацетон (3 : 1) и пентан — диэтиловый эфир — ледяная уксусная кислота (40 : 50 : 1) могут быть использованы только для разделения фенолов, а гексан — диэтиловый эфир — ледяная уксусная кислота (40 : 60 : 1) — для фракции веществ, извлекаемых бикарбонатом натрия. Наиболее четкого разделения последней фракции удалось достигнуть в системах *n*-бутиловый эфир (насыщенный водой) — ледяная уксусная кислота (90 : 9) и пентан — диэтиловый эфир — ледяная уксусная кислота (40 : 60 : 1). Подбор количественного соотношения компонентов последней из названных элюентных систем был осуществлен экспериментальным путем.

Фракции ЭРВБВ и БРВБВ были исследованы в системе *n*-бутиловый эфир — ледяная уксусная кислота (90 : 9). Кроме того, первая из них подвергнута разделению в системе пентан — диэтиловый эфир — ледяная уксусная кислота (40 : 60 : 1). В качестве стандартов использованы индивидуальные фенолкарбоновые кислоты: *m*- и *p*-оксибензойная, ванилиновая, феруловая, пирогаллолкарбоновая, галловая. Идентификация пятен осуществлена по значениям *R<sub>f</sub>* «свидетелей». Пластины проявляли в УФ-свете, а также парами йода.

Полученные результаты представлены в табл. 2, из которой видно, что разделение эфирорастворимых веществ бикарбонатной вытяжки в трех указанных элюентных системах позволило получить восемь фракций («пятен») и установить присутствие пяти индивидуальных фенолкарбоновых кислот: феруловой, ванилиновой, *m*- и *p*-оксибензойных, пирогаллолкарбоновой. Для фракций эфирорастворимых и бутанолорастворимых веществ обнаружено как сходство, так и различие входящих в их состав компонентов.

На основании полученных данных было осуществлено препаративное разделение ЭРВБВ в элюентной системе гексан — диэтиловый эфир — ледяная уксусная кислота (40 : 60 : 1). Для этой цели использованы пластины со слоем сорбента толщиной 500 мк (сорбент тот же, но предварительно отмыт хлороформом от загрязняющих примесей). Препаративно отобрано пять зон со следующими значениями *R<sub>f</sub>* : 0,45, 0,39, 0,33, 0,28, 0,13. Для них сняты ИК- и УФ-спектры. Анализ спектральных характеристик свидетельствует о наличии в выделенных фракциях смеси карбонилсодержащих фенолов и фенолкарбоновых кислот.

В заключение следует отметить, что в эфирорастворимых веществах сульфатного щелока от варки березовой древесины установлено

присутствие следующих фенолкарбоновых кислот: м- и п-оксибензойных, ванилиновой, феруловой, пирогаллолкарбоновой.

Поступила 23 января 1978 г.

УДК 54-32:621.792.053

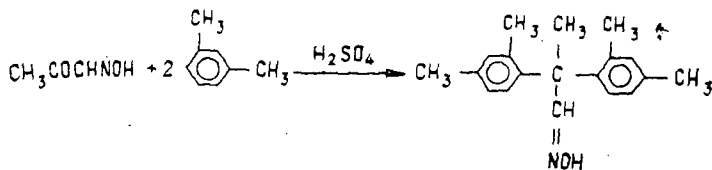
## ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОБОЧНОГО ПРОДУКТА II СТУПЕНИ СИНТЕЗА ДИ(М-КСИЛИЛ) ПРОПИОНОВОЙ КИСЛОТЫ — ЗАМЕНИТЕЛЯ КАНИФОЛИ

Н. М. РИШЕС, О. К. ЗАВЬЯЛОВА, М. Я. ЗАРУБИН,  
Т. С. ДЕРГАЧЕВА

Ленинградская лесотехническая академия

Установлено, что полученные при омылении побочного продукта кислоты являются полноценным заменителем канифоли

Ранее [3] нами показано, что при синтезе изонитрозоацетона с м-ксилолом в присутствии концентрированной серной кислоты получается оксим ди(м-ксилил) пропионового альдегида (ОДМКПА) с выходом до 65%



Наряду с ОДМКПА при синтезе образуется до 35% побочного продукта — густой смолы темного цвета, застывающей на воздухе. Этот продукт имеет среднюю молекулярную массу 400, кислотное число 4,0 и следующий элементный состав: 72,94% С; 8,27% Н; 12,34% О; 6,45% N.

Рассмотрение ИК- (рис. 1) и ПМР- (рис. 2, в) спектров побочного продукта позволило сделать некоторые выводы о его строении.

Наличие в ИК-спектре полос поглощения при 1500, 1620 и 1630  $\text{см}^{-1}$ , обусловленных валентными колебаниями —С—С— связей, и полос поглощения при 2900 и 3020  $\text{см}^{-1}$  ( $\nu_{\text{C-H}}$ ) указывает на присутствие ароматических колец. Об этом свидетельствует и ПМР-спектр (пять сингле-

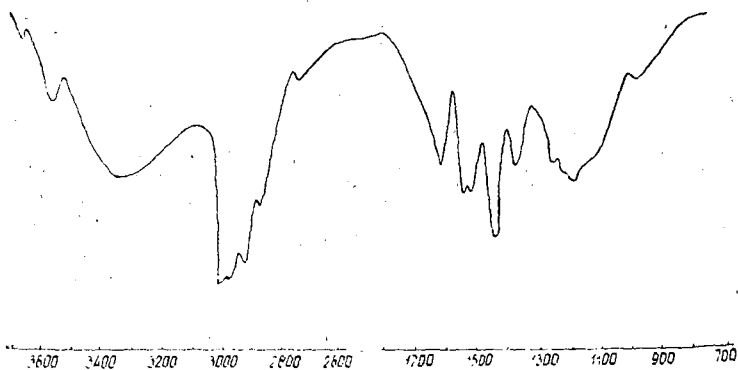


Рис. 1. ИК-спектр побочного продукта.

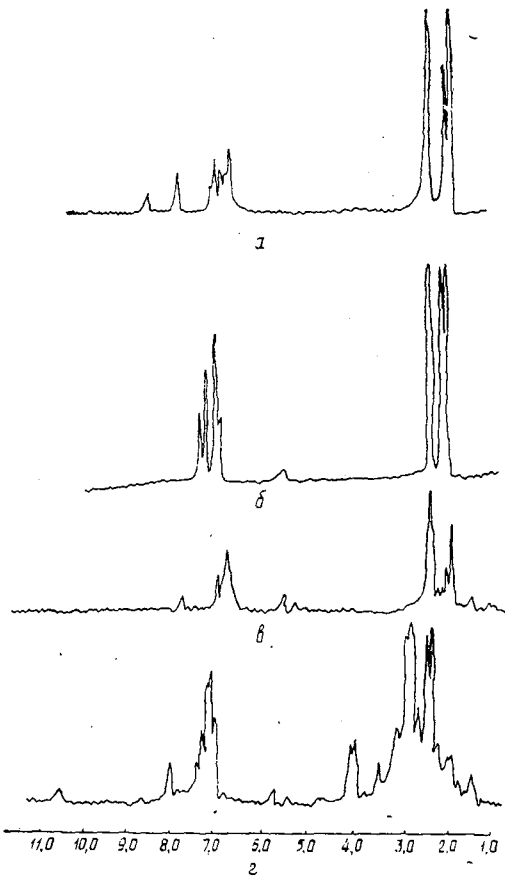


Рис. 2. ПМР-спектры.

а — оксима ди(м-ксилил)пропионового альдегида; б — амида ди(м-ксилил)пропионовой кислоты; в — побочного продукта, снятого в  $\text{CDCl}_3$ ; г — побочного продукта, снятого в диметилсульфоксиде.

тов 7,11; 7,03; 6,8; 6,75; 6,67 м. д.\* характеризуют фенольные протоны). Анализ спектров показал также присутствие метильных групп (полоса поглощения при  $1385 \text{ см}^{-1}$  и сигналы протонов 1,63—2,18 м. д.).

Присутствие в ИК-спектре полосы поглощения при  $3560 \text{ см}^{-1}$ , характеризующей валентные колебания ОН-группы, широкой полосы поглощения при  $3200\text{—}3400 \text{ см}^{-1}$  (межмолекулярная водородная связь) и при  $1620 \text{ см}^{-1}$  ( $\nu_{\text{C-N}}$ ) свидетельствует о наличии оксимных групп в составе побочного продукта. Это подтверждено также данными химического анализа (оксимного азота 1,1%).

Полосы поглощения при  $1720$  ( $\nu_{\text{C=O}}$ ) и  $3480 \text{ см}^{-1}$  ( $\nu_{\text{N-H}}$ ) в ИК-спектре и сигналы протонов 5,54 и 5,28 м. д. в ПМР-спектре показывают присутствие амидной группы. (В ПМР-спектре чистого амида ди(м-ксилил)пропионовой кислоты — 5,45 м. д., рис. 2, б).

В ПМР-спектрах побочного продукта, снятых в  $\text{CCl}_4$  и  $\text{CDCl}_3$ , отсутствует пик, характеризующий гидроксильный протон. Было сделано предположение о существовании водородной связи между протоном гидроксила и амидной группой. Для подтверждения этого был снят ПМР-спектр побочного продукта, в дейтерированном диметилсульфоксиде, и в области слабого поля (10,3 м. д.) появился пик, который мы

\* Миллионные доли приложенного магнитного поля.

приписали протону гидроксила, увеличилась также интенсивность сигналов 5,54 и 5,58 м. д. (рис. 2, *z*).

Методом тонкослойной хроматографии (ТСХ) было показано, что побочный продукт представляет собой сложную смесь, содержащую более 10 компонентов. Экстракцией *n*-гексаном побочный продукт был разделен на две части: растворимую в *n*-гексане (80%) и не растворимую (20%). Элементный состав, ИК- и ПМР-спектры обеих частей идентичны. Они отличались только по молекулярной массе. Молекулярная масса продукта, растворимого в *n*-гексане, равна 385, не растворимого — 874. Было найдено, что оба продукта содержат оксимный азот — 1,5 и 1,0% соответственно.

Состав продукта, растворимого в *n*-гексане, более подробно изучен методом интегрального элюирования.

Таблица 1

Выход и характеристика фракций, полученных интегральным элюированием продукта, растворимого в *n*-гексане

Номер фракции	Выход фракций		Элементный состав, %				Молекулярная масса
	г	%	С	Н	О	N	
1	0,0231	1,1	—	—	—	2,32	—
2	0,1077	6,1	83,74	8,12	3,21	4,93	680
3	0,0482	2,4	77,37	6,32	11,28	5,03	445
4	0,7628	42,7	75,69	7,71	10,72	5,88	231
5	0,1128	6,2	73,37	7,35	14,43	4,85	—
6	0,2913	16,2	70,95	7,13	17,79	4,13	422
7	0,2574	14,3	74,88	7,97	17,15	4,49	366
8	0,1949	11,0	71,03	7,75	16,77	4,45	343

Результаты опытов представлены в табл. 1 и на рис. 3, 4. Как видно из рис. 3, ни одна фракция не является индивидуальным веществом. Первые три фракции представляют собой масла, легко полимеризующиеся на воздухе. В ИК-спектрах фракций 2, 3 (рис. 4) имеются полосы поглощения при  $1700\text{ см}^{-1}$ , отвечающие карбонильной группе. Фракция 4, основная, была разделена повторно колоночной хроматографией на две равные по весу части: белую кристаллическую и желтое масло.

Кристаллический продукт (21,5% от общего веса) был идентифицирован по температуре плавления, элементному составу, ИК- и ПМР спектрам как ОДМКПА [2].

Согласно ТСХ жидкая часть не являлась индивидуальным продуктом. Элементный состав масла был близок к ОДМКПА, но в ИК-спектре, кроме полос поглощения, характерных для ароматического ядра и оксимной группы, присутствовала полоса поглощения при  $1700\text{ см}^{-1}$ , характеризующая валентные колебания карбонильной группы.

В ИК-спектрах фракций 6, 7, 8 присутствуют полосы поглощения, характерные

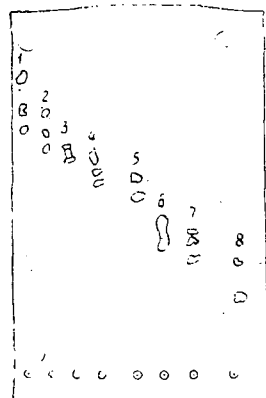


Рис. 3. ТСХ фракций 1--8, полученных из части побочного продукта, растворимой в *n*-гексане.

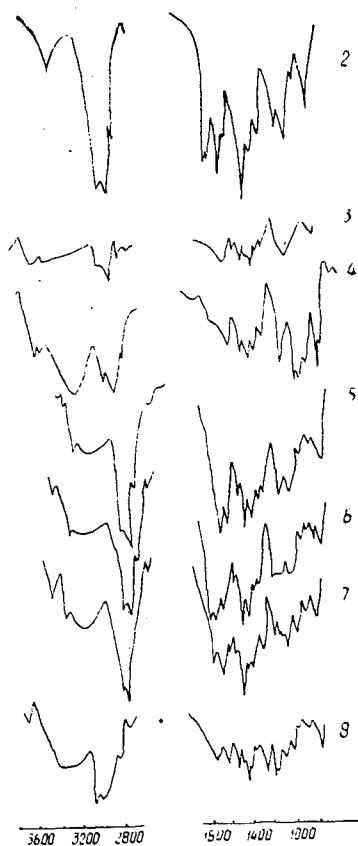


Рис. 4. ИК-спектры фракций 2—8, полученных из части побочного продукта, растворимой в н-гексане.

ризующие валентные колебания  $\text{—C=C—}$  связей ароматического кольца ( $1500, 1620, 1630 \text{ см}^{-1}$ ), а также полосы поглощения, характерные для амидных ( $1700$  и  $3480 \text{ см}^{-1}$ ) и оксимных ( $970, 3600, 3670 \text{ см}^{-1}$ ) групп, меняется только их интенсивность, т. е. оксимы идут неразделимо с амидами. Это еще раз подтверждает высказанное предположение о существовании межмолекулярной водородной связи между оксимными и амидными группами.

На основании приведенных данных можно сделать заключение, что побочный продукт, растворимый в н-гексане, представляет собой смесь ОДМКА и веществ ароматического характера, имеющих в своем составе два-три ароматических кольца, оксимные и амидные группы.

Далее нами была исследована возможность гидролиза побочного продукта действием спиртовой щелочи. Результаты омыления побочного продукта представлены в табл. 2.

Таблица 2

№ п.п.	Продукт	Загрузка реагентов, моль			Время, ч	Выход, %		
		Продукт	NaOH	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH		кислот	нейтральных	низкомолекулярных
1	Исходный побочный	0,005	0,01	0,1	20,0	43,5	30,0	21,5
2	" "	0,005	0,01	0,1	30,0	40,0	30,0	18,1
3	" "	0,005	0,02	0,2	40,0	38,1	31,5	12,3
4	Часть, растворимая в н-гексане	0,005	0,01	0,1	30,0	80,0	—	17,1
5	Часть, не растворимая в н-гексане	0,003	0,01	0,1	30,0	35,0	57,5	—

Из полученных кислот методом препаративной колоночной хроматографии была выделена и идентифицирована ди(м-ксилил)пропионовая кислота по температуре плавления, элементному составу и ИК- и ПМР-спектрам [2].

Омыленный побочный продукт был использован как заменитель канифоли для проклейки бумаги по технологии применения полностью нейтрализованного клея. Расход клея составил 2,0% к массе абс. сухого волокна. Результаты проклейки бумаги различными клеями приведены в табл. 3.

Таблица 3

Клей на основе	Степень проклейки бумаги по методу	
	чернильно-штриховому, мм	Кобба, г/м <sup>2</sup>
Кислоты из побочного продукта	2,0	15,5
Ди (м-ксилил) пропионовой кислоты	Более 2,0	15,1
Канифоли	2,0	16,5

Из приведенных данных видно, что клей на основе омыленного побочного продукта не уступает по своим бумагопроклевающим свойствам клеям на основе живичной сосновой канифоли и ди(м-ксилил) пропионовой кислоты.

Проведенные исследования показали возможность использования побочного продукта в качестве полноценного заменителя канифоли, а это, в свою очередь, увеличивает общий выход целевого продукта данного синтеза.

### Экспериментальная часть

ИК-спектры сняты на приборе UR-10 в растворе  $\text{CHCl}_3$ ,  $d = 0,1$ . ПМР-спектры сняты на приборе HA-100 (Varian) «Tesla» R-475B, внутренний стандарт ГМДС. Молекулярную массу определяли методом ИТЭК на приборе «Hitachi Perkin Elmer». ТСХ проводили на силиколовых пластинках UV-254, элюент н-гексан : ацетон = 3 : 2.

Препаративное хроматографирование проводили на колонке длиной 450 мм, диаметром 15 мм. Адсорбент — силикагель 40/100 мк, элюент — последовательно н-гексан, смесь н-гексан : ацетон в соотношениях от 95 : 5 до 50 : 50, чистый ацетон, этанол. Для разделения была взята навеска 1,7679 г.

Синтез изонитрозоацетона с м-ксилолом проводили по описанной ранее методике [2]. Полученную смесь ОДМКПА и побочного продукта растворяли в горячем спирте. После охлаждения выпадал белый кристаллический осадок — ОДМКПА. После фильтрации осадка спирт отгоняли и получали темно-коричневую смолу — побочный продукт.

Побочный продукт омыляли по методике омыления нитрила ди(м-ксилил)пропионовой кислоты [3]. Грамм-эквивалент полученных кислот 142.

Интегральное элюирование проводили согласно [1].

### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Айвазов Б. В. Практическое руководство по хроматографии. М., «Высшая школа», 1968, с. 279. [2]. Ришес Н. М., Тищенко Д. В. Синтез  $\alpha, \alpha$ -ди(м-ксилил)пропионовой кислоты. — В сб.: Химическая и механическая переработка древесины и древесных отходов. Вып. 2. Л., 1976, с. 49—54, МВ и ССО РСФСР. (ЛТА им. С. М. Кирова). [3]. Тищенко Д. В. и др. Способ получения натриевых солей диарилпропионовых кислот. Авт. свид. № 327161. — Бюл. «Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки», 1972, № 5.



УДК 661.728.2

## ИЗУЧЕНИЕ ОСНОВНЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ РАСТВОРЕНИЯ ЛИГНИНА И УГЛЕВОДОВ БЕРЕЗОВОЙ ДРЕВЕСИНЫ В ПРОЦЕССЕ СОДОВО-СУЛЬФИТНОЙ ВАРКИ

Л. А. МИЛОВИДОВА, Г. А. ПАЗУХИНА

Ленинградская лесотехническая академия

Показано, что в исследованном интервале температур (140—155°C) при содово-сульфитной варке процессы растворения пентозанов и лигнина березовой древесины происходят одновременно. Повышение температуры варки от 140 до 155°C ускоряет варочный процесс, однако это ускорение проявляется при получении целлюлозы с содержанием лигнина не менее 10% от исходного. Лучшие результаты получаются при температуре 145°C.

Исследования, выполненные на кафедре целлюлозно-бумажного производства ЛТА, показали, что содово-сульфитный метод варки [1] вполне пригоден для получения глубоко проваренной целлюлозы из березовой древесины.

Для более полного выяснения основных закономерностей содово-сульфитного процесса и окончательного установления температуры варки березовой древесины по этому способу с целью получения целлюлозы для химической переработки была проведена серия варок при температурах 140, 145, 150 и 155°C. Для варок использовали воздушно сухую березовую щепу, приготовленную на рубительной машине Красногородского ЭБК. Размер щепы — 15×25×3 мм. Режим варок: пропарка при температуре 100—105°C в течение 15 мин; пропитка раствором карбоната натрия концентрацией 41,5 г/л в ед. Na<sub>2</sub>O при температуре 55°C, давлении 98 кПа в течение 15 мин; выдержка с кислотой состава 0,26% Na<sub>2</sub>O и 6% всей SO<sub>2</sub> при температуре 70°C и давлении 98 кПа в течение 15 мин; подъем до конечной температуры варки — 15 мин; стоянка на конечной температуре — от 30 мин до 5 ч в зависимости от температуры варки. Общий расход Na<sub>2</sub>O на варку составлял 5,1% от массы древесины. Количество основания, задаваемое на варку при пропитке, составляло 80% от общего расхода. Варки проводили в 2,5-литровом автоклаве с электрообогревом. Жидкостный модуль пропитки 5:1, жидкостный модуль сульфитной стадии 5,6:1. Древесные остатки анализировали в следующие моменты варки: после пропарки; после пропитки раствором карбоната натрия; после выдержки с кислотой; в момент выхода на конечную температуру; во время стоянки на конечной температуре. В древесных остатках определяли содержание лигнина по ГОСТу 10820—54, выход, а также вычисляли изменение объема субмикроскопических капилляров [3]. Результаты анализов приведены на рис. 1—4.

Как видно из рис. 1 и 2, удаление лигнина и пентозанов из березовой древесины в условиях содово-сульфитной варки начинается уже на стадии выдержки с сульфитной кислотой. Основное количество лигнина и пентозанов удаляется в первые 1,5—2 ч стоянки на конечной температуре. Активное растворение лигнина и пентозанов совпадает с быстрым уменьшением выхода древесных остатков и целлюлозы (рис. 3). Повышение температуры варки от 140 до 155°C значительно ускоряет процесс варки, однако это ускорение сказывается значительно только при получении относительно жесткой целлюлозы (с содержанием лигнина около 10% от исходного). При получении целлюлозы с меньшим содержанием лигнина с увеличением температуры выше 145°C происходит замедление и прекращение делигнификации при одновременном ускорении процесса растворения пентозанов.

Особенности кинетических закономерностей содово-сульфитной варки хорошо иллюстрируются данными расчета величин эффективной

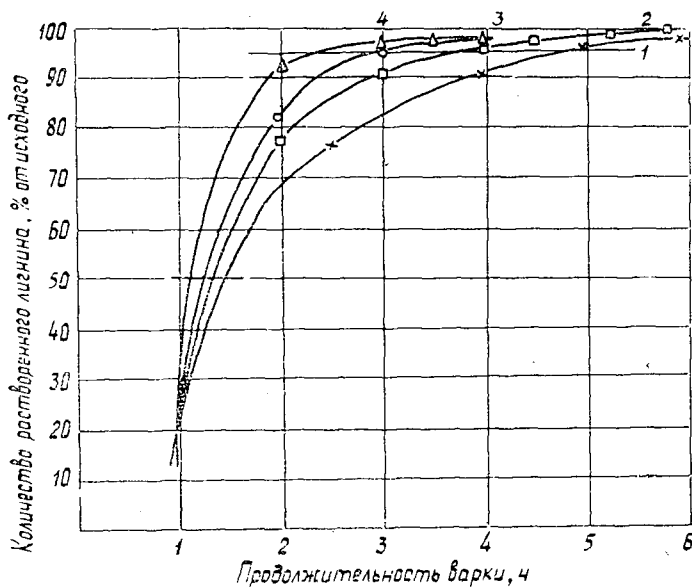


Рис. 1. Кинетика растворения лигнина при содово-сульфитной варке березовой древесины для разных температур.  
1 — 140°C; 2 — 145°C; 3 — 150°C; 4 — 155°C.

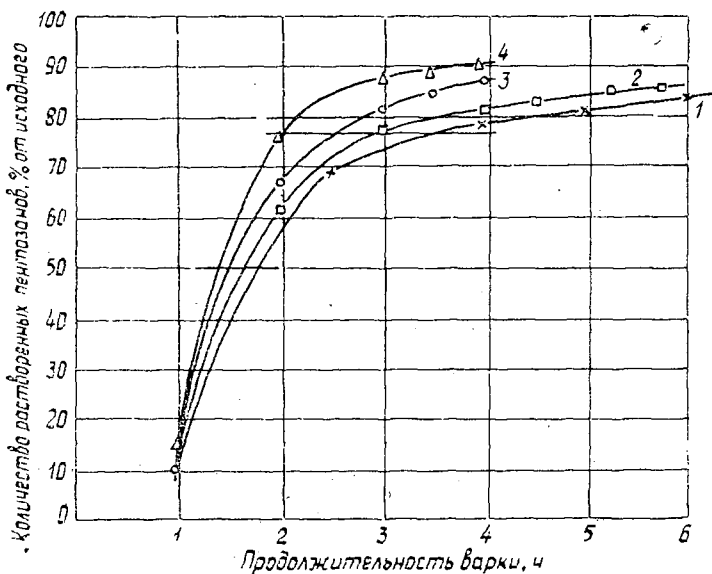


Рис. 2. Кинетика растворения пентозанов при содово-сульфитной варке березовой древесины для разных температур.  
1 — 140°C; 2 — 145°C; 3 — 150°C; 4 — 155°C.

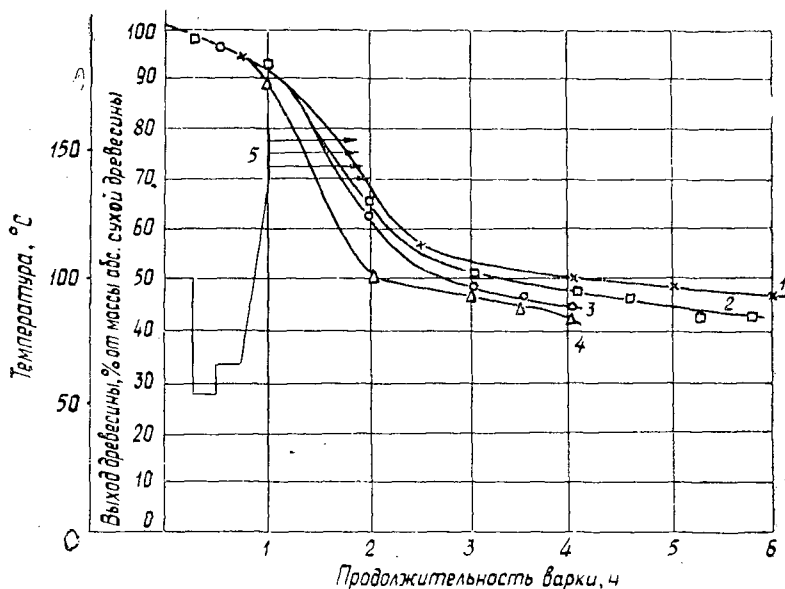


Рис. 3. Изменение выхода древесных остатков и целлюлозы при содово-сульфитной варке березовой древесины для разных температур.

1 — 140°C; 2 — 145°C; 3 — 150°C; 4 — 155°C;  
5 — температурные графики варок.

энергии активации делигнификации и растворения пентозанов и температурных коэффициентов. Расчеты производили по формулам, предложенным Н. А. Розенбергером [2] для реакций 1-го порядка. Точки делигнификации, для которых выполнен расчет, даны на рис. 1, 2 горизонтальными линиями. Результаты расчетов приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Основные кинетические величины для процессов делигнификации древесины и растворения пентозанов при содово-сульфитной варке

% лигнина, перешедшего в раствор	Показатели	Единицы измерения	Численные значения показателей при температурном интервале, °C		
			140—145	145—150	150—155
50	Энергия активации	кДж/моль	32,0	37,0	37,0
			37,0	37,0	37,0
	Температурный коэффициент		1,25	1,28	1,28
			1,28	1,28	1,28
90	Энергия активации	кДж/моль	96,0	105,0	136,2
			63,0	64,5	132,0
	Температурный коэффициент		1,96	2,05	2,44
			1,56	1,57	2,40
95	Энергия активации	кДж/моль	106,0	94,0	86,0
			92,2	97,5	142,5
	Температурный коэффициент		2,04	1,90	1,89
			1,90	1,94	2,60

Примечание. В числителе данные для процесса делигнификации; в знаменателе — для процесса растворения пентозанов.

Как следует из данных табл. 1, при 50%-ном удалении лигнина величины эффективной энергии активации делигнификации и растворения пентозанов близки между собой для всех температурных интервалов и имеют сравнительно невысокие абсолютные значения. Это позволяет предположить, что на данном этапе процесса варки температура не является самым важным фактором, ускоряющим варку.

Следующий этап делигнификации (90% удаления лигнина) характеризуется высокими значениями эффективных энергий активации делигнификации и растворения пентозанов. При этом величина эффективной энергии активации процесса делигнификации больше, чем процесса растворения пентозанов, т. е. процесс идет достаточно избирательно.

К моменту удаления 95% лигнина соотношение величин эффективных энергий активации делигнификации и процесса растворения пентозанов для интервала 140—145°C не меняется. Для интервала температур 145—150°C эти значения практически одинаковы. Для интервала 150—155°C характерно резкое уменьшение величины эффективной энергии активации делигнификации при одновременном повышении значений эффективной энергии растворения пентозанов. Подобное явление свидетельствует о значительном замедлении процесса делигнификации при повышении температуры варки до 155°C.

Аналогичные закономерности можно проследить по изменению констант скоростей процессов делигнификации и растворения пентозанов на всем протяжении процесса варки. Как видно из данных табл. 2,

Таблица 2

Изменение констант скорости делигнификации  
древесины и показателя избирательности процесса  
содово-сульфитной варки

Конечная температура, °C	Номер этапа	Количество растворенного лигнина, % к исходному	$K$ делигнификации, 1/ч	$K$ растворения пентозанов, 1/ч	Показатель избирательности
140	1	$X_i = 30\%$ ; $X_{i+1} = 50\%$	1,12	1,12	1,00
	2	$X_i = 50\%$ ; $X_{i+1} = 70\%$	0,72	0,51	1,42
	3	$X_i = 70\%$ ; $X_{i+1} = 90\%$	0,61	0,35	1,74
	4	$X_i = 90\%$ ; $X_{i+1} = 95\%$	0,22	0,12	1,80
145	1	$X_i = 30\%$ ; $X_{i+1} = 40\%$	1,48	1,15	1,29
	2	$X_i = 40\%$ ; $X_{i+1} = 50\%$	1,84	1,38	1,33
	3	$X_i = 50\%$ ; $X_{i+1} = 60\%$	1,48	1,06	1,40
	4	$X_i = 60\%$ ; $X_{i+1} = 70\%$	1,10	0,70	1,56
	5	$X_i = 70\%$ ; $X_{i+1} = 80\%$	1,10	0,80	1,37
	6	$X_i = 80\%$ ; $X_{i+1} = 90\%$	0,37	0,26	1,38
	7	$X_i = 90\%$ ; $X_{i+1} = 95\%$	0,29	0,29	1,00
150	1	$X_i = 30\%$ ; $X_{i+1} = 40\%$	1,71	1,70	1,00
	2	$X_i = 40\%$ ; $X_{i+1} = 50\%$	1,70	1,72	1,00
	3	$X_i = 50\%$ ; $X_{i+1} = 60\%$	1,52	1,04	1,46
	4	$X_i = 60\%$ ; $X_{i+1} = 70\%$	1,45	0,95	1,52
	5	$X_i = 70\%$ ; $X_{i+1} = 80\%$	1,12	1,20	0,94
	6	$X_i = 80\%$ ; $X_{i+1} = 90\%$	0,68	1,40	0,50

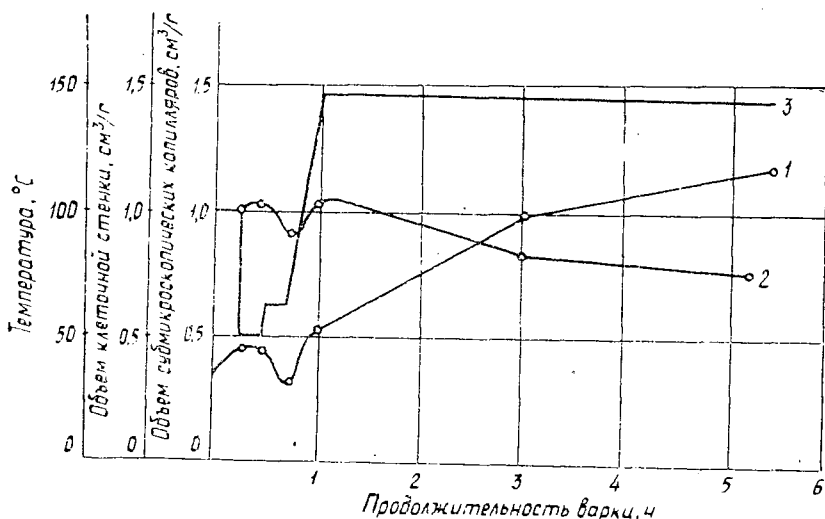


Рис. 4. Изменение объема субмикроскопических капилляров и объема клеточной стенки березовой древесины в процессе содово-сульфитной варки при температуре 145°C.

1 — объем субмикроскопических капилляров; 2 — объем клеточной стенки; 3 — температурный график варки.

с наибольшей избирательностью проходят варки при температурах 140—145°C. При подъеме температуры варки до 150°C избирательность процесса нарушается уже при удалении 70—80% лигнина. При этом снижение констант скоростей делигнификации сопровождается ростом констант скоростей процесса растворения пентозанов.

На первых этапах варки показатель избирательности процесса несколько ниже (примерно до удаления 50% лигнина), после чего он повышается, а затем, для варок при температурах выше 145°C, вновь снижается. Подобное явление вызвано, очевидно, тем, что в начале варки происходит быстрое удаление легкогидролизуемой части пентозанов, а удаление лигнина затруднено из-за низкой степени его сульфонирования и недостаточных размеров субмикроскопических капилляров.

Характер изменения объема субмикроскопических капилляров и объема клеточной стенки (рис. 4) подтверждает это предположение. Пропаривание щепы и обработка ее раствором карбоната натрия сопровождаются некоторым набуханием древесины (объем клеточной стенки возрастает от 1,101 до 1,104 см³/г). После выдержки с кислотой происходит усадка древесины. Быстрый подъем температуры и стоянка на конечной температуре приводят к росту объема субмикроскопических капилляров, особенно интенсивному в период удаления 90% лигнина. Однако в начальный период варки объем субмикроскопических капилляров относительно невелик. Объем клеточной стенки возрастает в период подъема температуры до 1,105 см³/г, после чего начинает уменьшаться и к 2 ч стоянки достигает 0,83 см³/г. Увеличение объема клеточной стенки может быть объяснено развитием процесса набухания лигнина в сульфитном растворе. Уменьшение объема происходит вследствие интенсивного растворения компонентов древесины. Последующий ход варки сопровождается дальнейшим увеличением объема субмикроскопических капилляров и уменьшением объема клеточной стенки, что объясняется объединением мелких капилляров в крупные по мере растворения вещества древесины.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Непенин Ю. Н., Пазухина Г. А. Способ получения целлюлозы. Авт. свид. № 520430. — Бюл. «Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки», 1976, № 25. [2]. Розенбергер Н. А., Напханенко З. С. О кинетике бисульфитной делигнификации еловой древесины. — «Бумажная промышленность», 1967, № 6, с. 3—5. [3]. Трейманис А. П., Громов В. С., Кине М. Ф., Хрол Ю. С. Изменение объема субмикроскопических капилляров березовой древесины в процессе сульфатной варки. — «Химия древесины», 1975, № 1, с. 63—65.

Поступила 29 декабря 1977 г.

УДК 53.096 : 547.992.3

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ РАЗМЯГЧЕНИЯ И СТЕКЛОВАНИЯ СУЛЬФАТНОГО ЛИГНИНА

М. М. ЯБЛОЦОВСКАЯ, Н. А. ДУТЫШЕВА, Б. Д. БОГОМОЛОВ,  
Г. В. ЯБЛОНОВСКИЙ, С. П. АРТЮХОВ

Архангельский лесотехнический институт

Термомеханическим методом определены температуры размягчения и стеклования промышленного сульфатного лигнина хвойных пород производства Соломбальского ЦБК.

Исследование термомеханических свойств полимерных материалов позволяет установить температурные интервалы, в которых эти материалы можно использовать как конструкционные. Так, температура размягчения лигнина  $T_p$  предопределяет температурные режимы технологических процессов обработки древесины, таких как производство древесностружечных плит, фанеры, бумаги [2, 3, 4, 6].

Цель настоящей работы — определение температуры размягчения промышленного сульфатного лигнина хвойных пород, способ получения которого и основные технические данные описаны в работе [1]. Образцы представляют собой средние пробы партий, выработанных Соломбальским ЦБК в 1970 г.

Измерения  $T_p$  проводили термомеханическим методом по скорости опускания столбика порошка лигнина в капилляре при постоянной нагрузке и непрерывном повышении температуры. Схема экспериментальной установки почти полностью аналогична описанным в работах Горинга [1] и Сергеевой [4].

Лигнин в количестве 0,3—0,4 г засыпали в стеклянный капилляр и подвергали незначительной ручной утрамбовке. Затем в капилляр вводили стержень диаметром, равным примерно диаметру капилляра. Верхний конец стержня имел площадку для сменных грузов. Нагревание осуществляли с помощью электропечи, температура  $T$  которой линейно зависела от времени. Скорость нагревания равнялась 0,7 К/мин. Температуру измеряли с помощью термомпары. Для устранения погрешности измерения температуры, обусловленной тепловыми потоками в нагревателе и разной инертностью спая термомпары и образца, горячий конец термомпары помещали во вторую ампулу с лигнином, идентичную первой и расположенную параллельно ей.

В качестве критерия размягчения принимали максимальное изменение относительной длины столбика образца; измерения производили с интервалом в одну минуту.

На рис. 1 представлена кривая зависимости скорости изменения относительной высоты образца сухого лигнина от температуры. На кривой отчетливо видны два максимума. С нашей точки зрения, первый максимум, указывающий на предварительное уплотнение образца, может появиться, во-первых, благодаря тому, что размягчение начинается с поверхности зерен лигнина, что приводит к их относительному сколь-

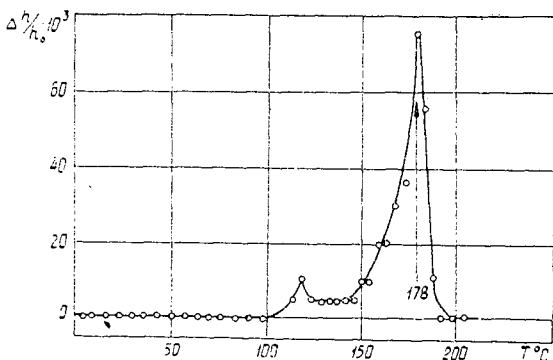


Рис. 1.

жению. В качестве второй причины можно указать на возможное наличие градиента температуры вдоль сечения капилляра. Тогда частицы, соприкасающиеся со стенками капилляра, размягчаются раньше и образец дает усадку. При повторных опытах положение первого максимума меняется и зависит от степени предварительной утряски (насыпной плотности) и влажности образцов.

Положение второго максимума для всех образцов при одной и той же скорости нагревания оставалось неизменным и соответствовало температуре 178°C. Значение этой температуры и принято нами в качестве температуры размягчения  $T_p$ . После остывания образцы получались в виде пористой твердой пробки. На изломе они имели характерный стеклянный блеск. Мы предполагаем, что для исследуемых образцов температура размягчения близка к температуре стеклования ( $T_p \approx T_d$ ), на это имеются указания и в работах других авторов [5].

На рис. 2 представлена зависимость температуры размягчения  $T_p$  от влажности образцов. Для достижения определенной влажности образцы выдерживали в эксикаторе в парах воды от нескольких часов до нескольких суток. Процентное содержание влаги определяли весовым методом. Для получения образцов с высоким содержанием влаги воду закапывали в порошок, таким способом приготавливали пасту определенного процентного содержания.

Из рис. 2 видно, что с увеличением влажности образцов до 13% величина  $T_p$  резко уменьшается более чем в два раза, а в дальнейшем остается практически постоянной. При высоких влажностях на дифференциальных кривых исчезает первый максимум. Это находится в со-

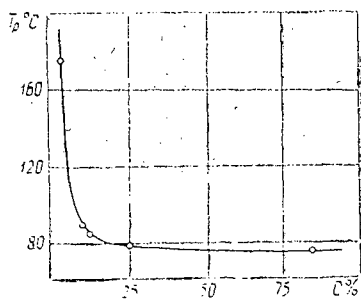


Рис. 2.

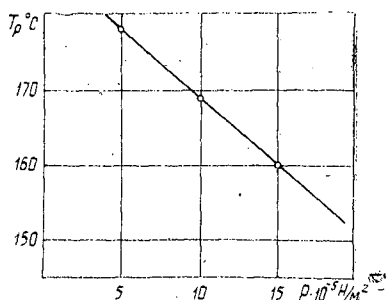


Рис. 3.

ответствии с данными других авторов [4, 6], которые считают, что вода и другие растворители оказывают на лигнин пластифицирующее действие.

Зависимость температуры размягчения сухого лигнина от внешнего давления показана на рис. 3. С повышением давления на образец, как это и следовало ожидать, значение  $T_p$  уменьшается. График зависимости  $T_p = f(P)$  имеет линейный вид (рис. 3) и может быть описан уравнением

$$T_p = 187 - 1,8 \cdot 10^{-5} P,$$

где  $T_p$  — температура размягчения, °С;

$P$  — давление, Н/м<sup>2</sup>.

Таким образом, температура размягчения и стеклования промышленного сульфатного лигнина при  $P = 5 \cdot 10^5$  Н/м<sup>2</sup> и 2%-ной влажности равна 178°С. В области внешних давлений  $5 \cdot 10^5 - 15 \cdot 10^5$  Н/м<sup>2</sup> зависимость  $T_p = f(P)$  имеет линейный вид.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Богомолов Б. Д., Тиранов П. П. Исследование сульфатного лигнина промышленной выработки. — «Химия древесины», 1975, № 3, с. 52. [2]. Каргин В. А., Штединг М. Н. Термомеханический метод изучения высокополимеров. — «Химическая промышленность», 1955, № 2, с. 10. [3]. Коршак В. В. Химическое строение и температурные характеристики полимеров. М., 1970. [4]. Сергеева В. Н., Эрнль Б. К. Поведение лигнина при обработке древесины аммиаком. — «Химия древесины», 1973, № 13, с. 77. [5]. Сидорович А. В., Ващенко В. С., Кувшинская Е. В. Определение температуры размягчения полимеров путем снятия термомеханических кривых при одноосном растяжении. — ЖТФ, XXIX, 1959, с. 514. [6]. Goring D. A. Thermal Softening of Lignin, Hemicellulose and Cellulose. — «Pulp and Paper Mag. Can.», 64, 1963, v. 517, 12.

Поступила 30 декабря 1977 г.

УДК 547.992.3

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЛИГНИНА, ОСТАВШЕГОСЯ ПОСЛЕ МОДИФИКАЦИИ ЕГО МОЧЕВИНОЙ, ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ НА ГРАФИТОВОМ ЭЛЕКТРОДЕ

Л. И. БЕЛЬЧИНСКАЯ, В. А. ШАМАЕВ, Н. И. ПОПОВА

Воронежский лесотехнический институт

Специфические особенности графита позволяют использовать его в экспресс-методе анодной одноциклической вольтамперометрии в качестве индикаторного электрода для определения свободного лигнина, не участвующего в реакции модифицирования его мочевиной.

Химическая модификация древесины мочевиной значительно улучшает свойства прессованной древесины [4, 7]. Ранее [6, 8] было установлено, что при определенных условиях мочевины вступает во взаимодействие с лигнином древесины. Для выбора технологического режима модификации и оценки эффективности этого процесса существуют различные методы [5].

В данном сообщении предложен метод анодной одноциклической вольтамперометрии с линейным наложением потенциала. Этим методом



определяют свободный лигнин, не вступивший во взаимодействие с мочевиной. Вольтамперометрию проводили на графитовом электроде, на поверхности которого сравнительно легко окисляются органические соединения [1]. Это обусловлено гексогональной структурой графита, на поверхности которого плотно адсорбируются молекулы ароматических соединений. Последние легко отдают свои  $\pi$ -электроны графиту.

Электроокисление лигнина на графитовом электроде происходит вследствие наличия в макромолекулах лигниновых веществ гваяцильных фрагментов, которые могут стереоспецифически адсорбироваться на поверхности графита за счет взаимодействия  $\pi$ -электронных облаков ароматических колец гваяцильных фрагментов с  $\pi$ -электронными облаками графита [2, 3]. Процесс окисления лигнина на графитовом электроде проявляется в виде четкой вольтамперометрической кривой (рис. 1). На платиновом электроде кривая окисления лигнина не обнаружена, что свидетельствует о невозможности реализации стереоспецифических условий адсорбции на окисленной поверхности электрода [1].

Для исследования нами выбран лигнин Бьеркмана древесины сосны, как наиболее близкой по составу к природному.

С целью установления оптимального времени модификации лигнина обрабатывали мочевиной при постоянной температуре, равной 160°C, в течение 0,5; 1; 3; 5 и 7 ч. Выбор условий обработки определялся технологическим режимом модификации [5].

Смесь, состоящую из лигнина и мочевины в соотношении весовых частей 1,5 : 1, тщательно перемешивали в бюксе и термостатировали при температуре 160°C в течение указанного выше времени. Затем бюксы охлаждали на воздухе, остывшую смесь измельчали до порошкообразного состояния и растворяли в диметилформамиде. В растворе определяли свободный лигнин.

Для анализа лигнина использовали полярограф ОН-102. В качестве рабочего электрода брали пирографит (запрессованный во фторопластовую трубку), торцевая рабочая поверхность которого оставалась свободной. Величина рабочей поверхности электрода составляла 0,53 см<sup>2</sup>. Контакт осуществлялся через металлическую спираль, находящуюся во фторопласте. Катодом в электролизере служил хлорсеребряный электрод в насыщенном растворе хлорида калия. Площадь электрода — 18,73 см<sup>2</sup>. Потенциал электрода, равный 0,2000 В (н. в. э.), регулярно контролировали на потенциометре ППТВ-Р-307. Значение потенциала изменялось незначительно (в течение месяца — на 0,0003 В).

Исходная концентрация лигнина равнялась 3 мг/л. Фоном служила смесь 0,5 н. водного раствора Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> (х. ч.) в очищенном диметилформамиде (соотношение реактивов 9 : 1 соответственно). Потенциалы полуволны для этого фона и лигнина лежат в области 0,27—0,35 В [1].

Перед экспериментом электрод выдерживали в растворе в течение 3 мин, а затем дифференциальным методом снимали полярограммы. По полученным данным построен график зависимости концентрации остаточного лигнина от длительности модификации (рис. 2).

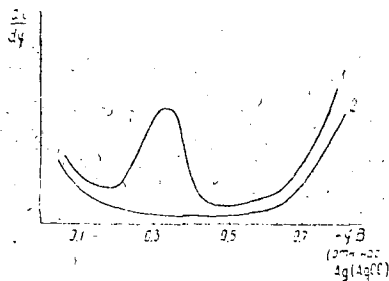


Рис. 1. Вольтамперные кривые электроокисления лигнина Бьеркмана (1) и 0,5 н. раствора Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> (2).

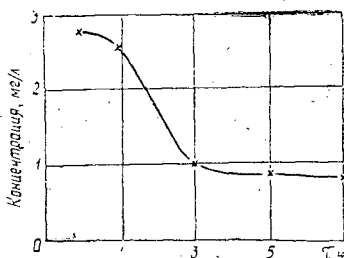


Рис. 2.

Как видно из рис. 2, с увеличением времени обработки лигнина мочевиной концентрация свободного лигнина падает. В интервале 1,5—3 ч концентрация лигнина уменьшается примерно в три раза. При увеличении продолжительности эксперимента от 3 до 7 ч концентрация остаточного лигнина снижается незначительно (на 0,2 мг/л).

Таблица 1

Продолжительность модификации, ч	0,5	1	3	5	7
Степень модификации, %	6	13	67	70	73

Эффективность процесса модификации в пределах исследуемого времени оценивали количественно. С этой целью определяли степень модификации, т. е. количество лигнина, вступившего во взаимодействие с мочевиной, от первоначально взятого (%). Как следует из табл. 1, оптимальное в данных условиях время модификации лигнина мочевиной составляет три часа. При дальнейшем увеличении продолжительности реакции эффективность процесса модификации снижается, по-видимому, вследствие процесса деструкции образующихся при модификации продуктов [6].

Итак, при использовании вольтамперометрического метода найдено оптимальное время реакции модифицирования лигнина мочевиной, совпадающее с данными, полученными другими методами [5].

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Водзинский Ю. В., Скворцов Н. П., Коршунов И. А. Применение графитового электрода при вольтамперометрическом окислении органических веществ. — «Электрохимия», 1973, т. IX, вып. 4, с. 469—472. [2]. Водзинский Ю. В., Корытцева В. Ф., Скворцов Н. П., Будылина В. В. О применении метода анодной вольтамперометрии с графитовым электродом для исследования и анализа лигнинов и лигносульфоновых кислот. — В сб.: Труды по химии и химической технологии. Горький, 1974, т. 38, вып. 3, с. 84—86. [3]. Водзинский Ю. В., Корытцева В. Ф., Скворцов Н. П., Бабкин В. А., Гоготов А. Ф., Крунчак М. М., Семенов В. П. Определение лигнина в очищенных промстоках целлюлозно-бумажных предприятий методом анодной вольтамперометрии на графитовом аноде. — III Всесоюзная конференция по аналитической химии органических соединений (тезисы докладов). М., «Наука», 1976, с. 221. [4]. Ельков Л. В., Шамаев В. А. Рациональное и комплексное использование древесины в деревообрабатывающей промышленности. Минск, 1974, с. 234—236. [5]. Шамаев В. А., Ельков Л. В., Попова Н. И. Стабилизация древесины, модифицированной мочевиной. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1975, № 5, с. 97—101. [6]. Шамаев В. А., Попова Н. И., Берзиньш Г. В. Химические изменения древесины при модификации ее мочевиной. — «Химия древесины», 1976, № 4, с. 34—38. [7]. Шамаев В. А. Модификация древесины мочевиной для изготовления подшипников скольжения. — «Лесозащита и лесосплав», 1977, № 3, с. 15. [8]. Шамаев В. А., Верховец А. К., Попова Н. И., Сердюк Л. С. Исследование химически модифицированной мочевиной древесины осины. — «Химия древесины», 1977, № 4, с. 101—106.

Поступила 20 января 1978 г.

УДК 674.047:691.116

**ХИМИЧЕСКАЯ СУШКА ЛИСТВЕННИЧНЫХ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ,  
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КЛЕЕННЫХ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ***С. В. ДОБРЫНИН, А. Т. ПАШКОВА, В. В. ДОБРЫНИНА*

Архангельский лесотехнический институт

Изложены результаты опытов по химической сушке листовенных пиломатериалов, предназначенных для производства клееных деревянных конструкций.

В основе химической сушки или сушки с предварительной пропиткой в растворах гигроскопических веществ лежит известное свойство растворов, заключающееся в том, что при равных температурах упругость паров раствора меньше упругости паров чистого растворителя.

В том случае, когда поверхностные слои содержат раствор, а внутренние — воду, упругость пара на поверхности древесины меньше, чем во внутренних слоях. Это создает разность парциальных давлений, под влиянием которой влага продвигается к поверхности. Поверхностные слои, пропитанные раствором, сохраняют более высокое влагосодержание по сравнению с непропитанной древесиной, находящейся в тех же условиях. Такое обстоятельство благоприятно с точки зрения предохранения материала от появления напряжений, что дает возможность увеличить жесткость начальных ступеней режимов и тем самым интенсифицировать сушку без опасения растрескивания.

Недостаток химической сушки — увеличение гигроскопичности пропитанной древесины. Например, при пропитке хлоридом натрия опасность значительного увлажнения высушенного материала наблюдается при относительной влажности воздуха 75% и выше. Этот недостаток не позволил для указанного способа сушки найти достаточно большую область применения.

В данной работе сделана попытка определить возможность использования химической сушки пиломатериалов, предназначенных для производства клееных деревянных конструкций (КДК). Постановка задачи обоснована тем, что к таким пиломатериалам предъявляют высокие требования к перепаду влажности по толщине и внутренним напряжениям, а сушка с пропиткой обеспечивают это условие; перед склеиванием древесину прострагивают и большую часть пропитанного слоя снимают; оставшаяся часть пропитанных слоев находится внутри клеевой конструкции и не подвержена воздействию воздуха с высокой влажностью, а, следовательно, увеличение гигроскопичности не приводит к увлажнению древесины. Крайние слои клееной балки, возможно, придется подвергнуть дополнительной строжке на 2—3 мм, но на это потребуется уже относительно небольшой расход материала.

При исследовании высушивали листовенные пиломатериалы размером 50×150×1000 мм. Проведено две сушки по 10 образцов, из них в каждой по 5 образцов с предварительной пропиткой и по 5 — контрольных. Пропитку производили в течение суток при комнатной температуре в насыщенном растворе хлорида натрия NaCl. Средняя начальная влажность образцов — 40%, конечная — 12%. Параметры агента сушки выбраны согласно ГОСТу 19773—74 «Пиломатериалы хвойных и лиственных пород. Режимы сушки в камерах периодического действия», но первая ступень ре-

жима скорректирована, исходя из упругости паров над раствором хлорида натрия (табл. 1).

Таблица 1

## Режим сушки лиственницы

Показатели	$t_c$ °C	$t_m$ °C	$\varphi$ %
Влажность материала > 30%	63	58	76
" " " 30—20%	67	61	76
Промежуточная влагообработка в течение 7 ч	77	76—77	96—100
Влажность < 20%	83	62	36
Влажность—12%; конечная влагообработка в течение 15 ч	93	92—93	5—100
Кондиционирование 15 ч	88	84	85

Влагоизоляцию торцов в образцах достигали обмазкой нитрокраской и наклеиванием на торцы полосок целлофановой пленки площадью, равной площади торца. Текущую и конечную влажность определяли весовым методом.

По окончании процесса сушки визуально определяли наличие пластевых трещин, находили перепад влажности по толщине образцов; согласно ГОСТу 11603—73 вычисляли остаточные напряжения одного контрольного и одного пропитанного образцов. Для двух образцов, пропитанных хлоридом натрия, определяли глубину пропитки. С этой целью на поперечные срезы образцов наносили децинормальный раствор азотнокислого серебра. Зона древесины, пропитанная хлоридом натрия, вследствие выпадения осадка хлористого серебра окрашивалась в молочно-белый цвет.

Высушенные образцы готовили для склеивания. Их обрабатывали на фуговальном и рейсмусовом станках для получения заданной формы и чистоты поверхности. Склеивание производили феноло-формальдегидным клеем КБ-3 в прессе с винтовыми прижимами.

Марка и рецептура клея: 100 массовых частей смолы Б (ТУ-05-1440—71) и 20 массовых частей контакта Петрова (ГОСТ 463—53); вязкость клея—90 с по вискозиметру ВЗ-4.

## Данные режима склеивания лиственницы:

Шероховатость поверхности . . . . .	6 по ГОСТу 7016—68
Расположение слоев в пакете . . . . .	согласованное
Расход при двухстороннем нанесении . . . . .	350 г/м <sup>2</sup>
Время открытой выдержки . . . . .	5 мин
» закрытой » . . . . .	5—20 мин
Давление запрессовки . . . . .	7 кгс/см <sup>2</sup>
Время выдержки под давлением . . . . .	24 ч
» » до механической обработки . . . . .	20 сут
Температура воздуха . . . . .	20°C
Влажность воздуха . . . . .	55—60%

Подготовленные для испытаний клеенные балки состояли из пяти слоев. Из каждого клееного соединения клеенной балки вырезали по 20 образцов для испытаний на скалывание согласно ГОСТу 16613—70 «Древесина клееная. Метод испытания клееного соединения на скалывание вдоль волокон». Характеристикой прочности клееного соединения служило среднее арифметическое пределов послойной прочности клеенных соединений балок.

Таблица 2

Материал	Средний предел послойной прочности, кгс/см <sup>2</sup> , по номерам слоев				Средний предел прочности балки, кгс/см <sup>2</sup>	Разрушение клееного соединения по древесине, %
	1	2	3	4		
Пропитанный	67,7	66,2	59,7	64,2	64,4	12,5
Непропитанный	82,7	70,9	74,4	84,4	78,10	26,2

Данные о пределах прочности клеевых соединений на скалывание вдоль волокон приведены в табл. 2.

В результате исследований установлено, что продолжительность сушки пропитанных образцов по сравнению с контрольными сократилась на 10%. Сравнительно небольшое уменьшение продолжительности процесса объясняется низкой начальной влажностью древесины; кроме того, поскольку контрольные и пропитанные образцы сушили в одной камере при равных параметрах сушильного агента, не было возможности выявить степень интенсификации процесса за счет применения более жесткого режима на первых стадиях сушки. Если сравнить фактические результаты продолжительности опытных сушек пропитанных образцов с расчетной продолжительностью сушки лиственничных пиломатериалов по нормальным режимам согласно ГОСТу 19772—74, то среднее сокращение процесса составит 23%.

Качество сушки контрольных образцов резко отличалось от пропитанных. В десяти контрольных образцах пять имели пластевые трещины длиной более 0,5 м и глубиной более 5 мм. Пропитанные образцы также имели трещины, но меньших размеров, и после строжки они

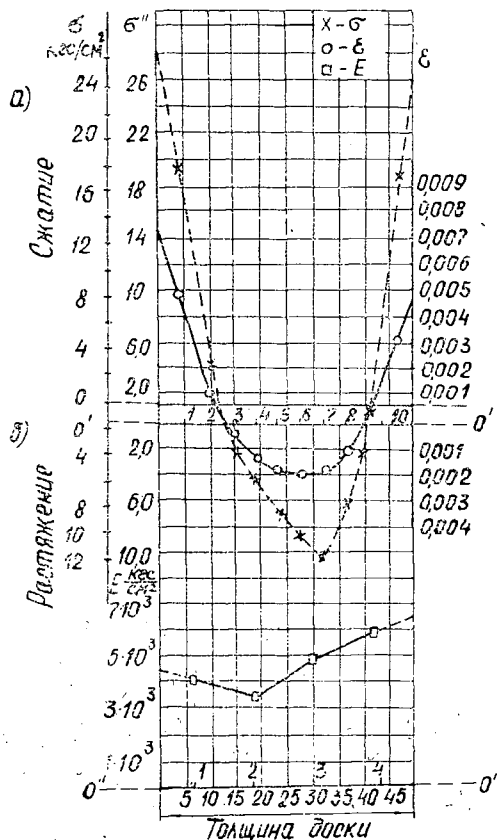


Рис. 1. Эпюра остаточных напряжений контрольного лиственничного образца.

а — кривая напряжений  $\sigma$  и относительных деформаций  $\epsilon$ ; б — кривая модуля упругости  $E$ .

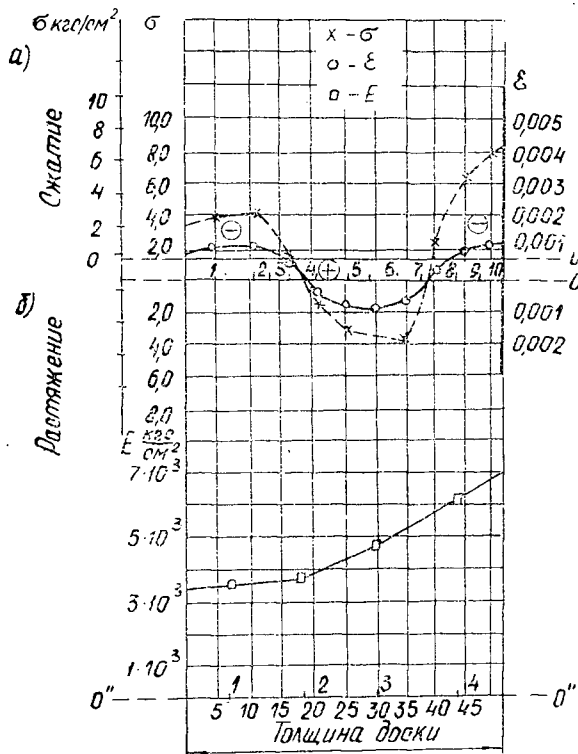


Рис. 2. Эпюра остаточных напряжений пропитанного лиственного образца.

а — кривая напряжений  $\sigma$  и относительных деформаций  $\epsilon$ ; б — кривая модуля упругости  $E$ .

не были заметны. Глубина проникновения соли для ядровой древесины составила 1—2 мм, для заболонной — до 6 мм.

Для определения перепада влажности использовали образцы, прошедшие кондиционирующую обработку и выдержанные в комнатных условиях ( $t = 18 \div 25^\circ\text{C}$ ,  $\varphi = 40 \div 60\%$ ) в течение 36 ч. На наш взгляд, это соответствовало производственным условиям, где после сушки пиломатериал некоторое время находится в цехе, прежде чем попадает в дальнейшую обработку. При 5%-ном уровне значимости доказано, что перепад влажности пропитанных образцов снижается в 1,5 раза в сравнении с контрольными.

Эпюры остаточных напряжений контрольных и пропитанных образцов представлены на рис. 1 и 2. Остаточные напряжения сжатия в поверхностных слоях пропитанных образцов оказались в 4 раза меньше, чем контрольных, во внутренних слоях остаточные растягивающие напряжения уменьшились в 2,5 раза. Резкое снижение остаточных напряжений объясняется, на наш взгляд, не только благоприятными условиями начального периода сушки, но также более сильным и глубоким увлажнением пропитанных образцов во время влаготеплообработок.

Результаты испытаний образцов на скалывание вдоль волокон показали заметное влияние хлорида натрия, находящегося в поверх-

ностных слоях древесины, на прочность клеевого соединения. В среднем предел прочности клеевых соединений при использовании фенолоформальдегидного клея КБ-3 для пропитанных клеевых балок снизился на 17,5%.

Снижение предела прочности клеевого соединения можно объяснить уменьшением адгезии клеевого слоя к пропитанной древесине. Разрушение клеевого соединения по древесине для пропитанных образцов на 13,7% меньше, чем для непропитанных.

Таким образом, сушка лиственничных пиломатериалов с предварительной пропиткой в растворе хлорида натрия позволяет получать материал высокого качества, удовлетворяющий требованиям, предъявляемым к пиломатериалам, предназначенным для производства клеевых деревянных конструкций.

Для окончательного определения целесообразности использования этого способа сушки необходимо проверить влияние хлорида натрия на прочность клеевых соединений с использованием перспективных водорастворимых резорциновых клеев ФР-100 и ФР-12.

Поступила 13 мая 1977 г.

УДК [546.621/.623+546.682+546.681]: 547.455

## КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЕ АЛЮМИНИЯ (III), ИНДИЯ (III) И ГАЛЛИЯ (III) С КСИЛОЗОЙ И ГЛЮКОЗОЙ

В. И. КРУПЕНСКИЙ, Т. В. ДОЛГАЯ

Ухтинский индустриальный институт

Исследовано спектрофотометрически комплексобразование Al (III), In (III) и Ga (III) с ксилозой и глюкозой при pH = 1,5. Рассчитаны константы нестойкости комплексов.

Известно, что реакции дегидратации моносахаридов катализируются не только ионами гидроксония, но также катионами многовалентных металлов [4, 5]. Высокой каталитической активностью, в 5 ÷ 15 раз превосходящей активность  $H_3O^+$ , обладают ионы металлов третьей группы — алюминия (III), индия (III), галлия (III) [5]; в связи с этим они могут быть использованы при получении фурфурола из пентоз. Однако механизм катализа дегидратации моносахаридов катионами металлов не изучен, и это обстоятельство препятствует применению их в качестве катализаторов.

В настоящей работе мы ставили цель исследовать характер взаимодействия Al (III), In (III), Ga (III) в кислой среде с моносахаридами — глюкозой и ксилозой — и по возможности изучить возникающие при этом промежуточные продукты, предшествующие образованию фурфурола. Использовали соли  $AlCl_3$  («ч. д. а»),  $GaCl_3$  и  $InCl_3$  («х. ч.»), ксилозу и глюкозу (квалификации «ч»). Величину pH контролировали потенциометром pH-340.

Электронные спектры поглощения, полученные на приборе «Spectord», выявили превышение оптической плотности смесей солей с сахарами над суммарным поглощением отдельных компонентов (рис. 1). При построении диаграмм изомолярных серий были получены максимумы при соотношении компонентов 1 : 1 (рис. 2). На кривых насыщения при том же соотношении катиона и моносахарида наблюдался

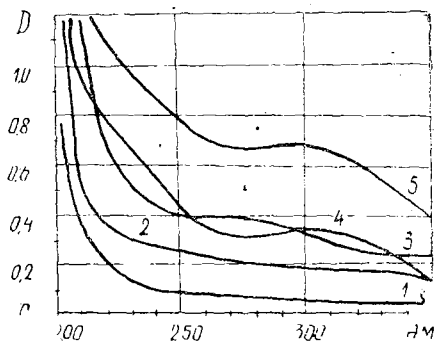


Рис. 1. Спектры поглощения.

1 — глюкоза 0,15 м; 2 — GaCl<sub>3</sub> 9,15 м;  
3 — [Ga (III)]: [глюкоза] = 1 : 1; [Ga (III)] = 0,15 м; 4 — AlCl<sub>3</sub> 0,5 м; 5 — [Al (III)]: [глюкоза] = 1 : 1; [Al (III)] = 0,5 м;  
pH = 1,5; 20 ± 1,0°C, l = 1 см.

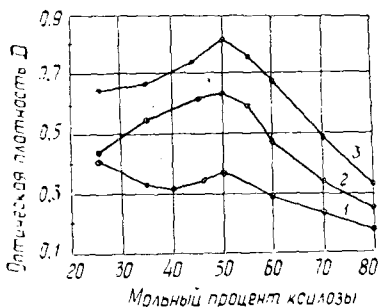


Рис. 2. Диаграммы изомолярных серий.

1 — [Al (III)] + [ксилоза] = 0,4 м;  
λ = 315 нм; 2 — [In (III)] + [ксилоза] = 0,2 м;  
λ = 280 нм; 3 — [Ga (III)] + [ксилоза] = 0,2 м;  
λ = 280 нм; μ = 1,0 (NH<sub>4</sub>Cl); pH = 1,5;  
20 ± 1,0°C; l = 3 см.

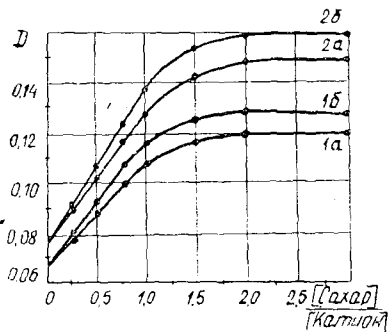


Рис. 3. Кривые насыщения.

[катион] + [сахар] = 2 · 10<sup>-2</sup> м;

1 — Ga (III); 2 — In (III); а — глюкоза;  
5 — ксилоза; μ = 0,1; pH = 1,5; 20 ± 1,0°C;  
λ = 220 нм; l = 3 см.

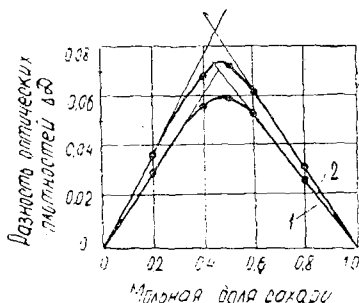


Рис. 4. Диаграмма изомолярной серии для расчета устойчивости комплексов Al (III).

[Al (III)] + [сахар] = 2 · 10<sup>-2</sup> м; 1 — ксилоза; 2 — глюкоза; ΔD — разность оптических плотностей растворов AlCl<sub>3</sub> содержащих сахар, и растворов той же концентрации без сахара; μ = 0,1; pH = 1,5; 20 ± 1,0°C; λ = 210 нм; l = 3 см.

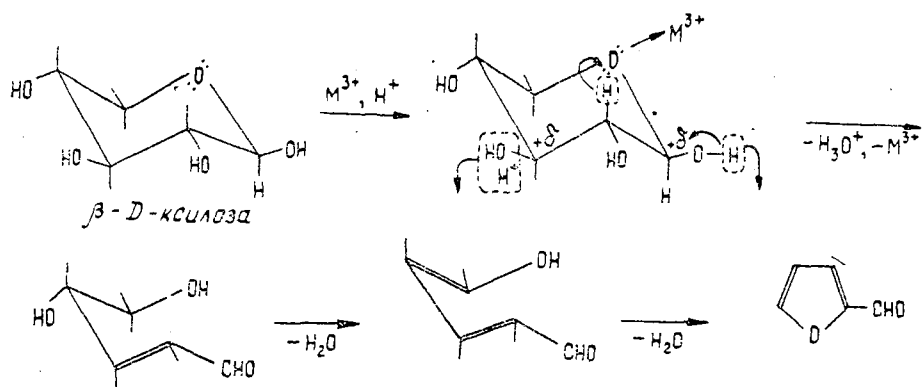
перегиб (рис. 3). Эти данные свидетельствуют о наличии в растворах монокомплексов между ионами Al<sup>3+</sup>, In<sup>3+</sup>, Ga<sup>3+</sup> с ксилозой либо глюкозой. При их образовании не происходит отщепления ионов H<sup>+</sup> от молекул углеводов.

Расчет числа выделяющихся ионов H<sup>+</sup>, проведенный по методу, указанному в литературе [2]; показал, что это число близко к нулю (< 0,1). По-видимому, при комплексообразовании катион координирующихся взаимодействовать с группами —ОН [3].

еся по кислороду пиранового цикла в отличие от ионов H<sup>+</sup>, предпочи-

Дегидратацию можно представить как результат совместной поляризации молекулы углевода катионом металла и протоном, который в свою очередь атакует наиболее удаленный от атома кислорода гидроксил





Расчет констант нестойкости комплексов индия (III) и галлия (III) проводили по данным рис. 3 [6]. Полученные результаты приведены в табл. 1.

Таблица 1

Расчет констант нестойкости и комплексов In (III) и Ga (III) с сахарами.  $\mu = 0,1$ ; pH = 1,5;  $20 \pm 1,0^\circ\text{C}$ ;  $\lambda = 220 \text{ нм}$ ;  $l = 3 \text{ см}$

Катион + сахар	$C_{\text{сахара}} : C_{\text{катиона}}$	$C_{\text{сахара}} \times 10^3$	$D$	$[\text{Комп-лекс}] \times 10^3$	$[\text{Катион}] \times 10^3$	$[\text{Сахар}] \times 10^3$	$K_{\text{нест}} \times 10^3$
In (III) + ксилоза ( $D_0 = 0,075$ ; $D_{\text{пр}} = 0,160$ )	0:1	0	0,075	—	1,0	—	—
	0,25:1	0,25	0,093	0,212	0,788	0,038	1,41
	0,5:1	0,50	0,109	0,400	0,600	0,100	1,50
	0,75:1	0,75	0,126	0,600	0,400	0,150	1,00
	1:1	1,00	0,140	0,765	0,235	0,235	0,72
	1,5:1	1,50	0,156	0,953	0,047	0,547	2,70
Средняя $K_{\text{нест}} = 1,33 \cdot 10^{-3}$							
In (III) + глюкоза ( $D_0 = 0,150$ ; $D_{\text{пр}} = 0,150$ )	0:1	0	0,075	—	1,0	—	—
	0,25:1	0,25	0,090	0,200	0,800	0,050	2,00
	0,5:1	0,50	0,104	0,387	0,613	0,113	1,79
	0,75:1	0,75	0,117	0,560	0,440	0,190	1,49
	1:1	1,00	0,130	0,735	0,265	0,265	0,92
	1,5:1	1,50	0,145	0,935	0,065	0,565	3,92
Средняя $K_{\text{нест}} = 1,80 \cdot 10^{-3}$							
Ga (III) + ксилоза ( $D_0 = 0,066$ ; $D_{\text{пр}} = 0,128$ )	0:1	0	0,066	—	1,0	—	—
	0,25:1	0,25	0,080	0,228	0,772	0,022	0,74
	0,5:1	0,50	0,094	0,451	0,549	0,049	0,61
	0,75:1	0,75	0,107	0,661	0,339	0,089	0,46
	1:1	1,00	0,118	0,840	0,160	0,160	0,31
	1,5:1	1,50	0,126	0,969	0,031	0,531	1,70
Средняя $K_{\text{нест}} = 0,64 \cdot 10^{-3}$							
Ga (III) + глюкоза ( $D_0 = 0,065$ ; $D_{\text{пр}} = 0,120$ )	0:1	0	0,066	—	1,0	—	—
	0,25:1	0,25	0,078	0,222	0,778	0,028	0,98
	0,5:1	0,50	0,089	0,425	0,574	0,074	1,00
	0,75:1	0,75	0,100	0,630	0,370	0,120	0,70
	1:1	1,00	0,110	0,815	0,185	0,185	0,42
	1,5:1	1,50	0,118	0,964	0,036	0,536	2,00
Средняя $K_{\text{нест}} = 0,90 \cdot 10^{-3}$							

Константы нестойкости комплексов алюминия (III) с сахарами определяли, используя диаграммы изомолярных серий [1]. По рис. 4

найденно: для глюкозы  $\alpha = 0,162$ ,  $K_{\text{нест}} = 0,31 \cdot 10^{-3}$ ; для ксилозы  $\alpha = 0,140$ ,  $K_{\text{нест}} = 0,23 \cdot 10^{-3}$ .

Из полученных данных видно, что константы нестойкости комплексов уменьшаются в ряду аналогов по мере увеличения порядкового номера элемента. Это согласуется с известным положением о повышении прочности комплексных соединений при возрастании «ионного потенциала» комплексообразователя, то есть отношения его заряда к радиусу [7].

Таким образом, спектрофотометрическими методами найдено, что Al (III), In (III), Ga (III) образуют с ксилозой и глюкозой в кислой среде комплексы состава 1 : 1.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Астахов К. В., Вереникин В. Е., Зимин В. И. Спектрофотометрическое изучение комплексообразования неодима с бис-ацетилацетонэтилендиамином. — «Журн. неорган. химии», 1961, 6, № 9, с. 2077. [2]. Галактионов Ю. П., Астахов К. В. Комплексообразование редкоземельных элементов с этилендиаминтетрауксусной кислотой. — «Журн. неорган. химии», 1963, 8, № 4, с. 896. [3]. Гарновский А. Д., Осипов О. А., Булгаревич С. Б. Принцип ЖМКО и проблема конкурентной координации в химии комплексных соединений. — «Успехи химии», 1972, 41, № 4, с. 648. [4]. Коновалов В. К. Исследование сравнительной активности катализаторов превращения ксилозы в фурфурол. Дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. Л., 1965. [5]. Лопатина Т. Ф. Исследование природы каталитического действия солей алюминия и хрома на распад моносахаридов. Дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. Л., 1971. [6]. Малинина Е. А., Богданович Н. Г., Печурова Н. И., Мартыненко Л. И. Исследование процессов взаимодействия в системе  $\text{Ce}^{\text{IV}} - \text{SO}_4^{2-} - \text{N}(\text{CH}_2\text{COOH})_3$ . — «Журн. неорган. химии», 1969, 14, № 9, с. 2406. [7]. Мусакин А. П. Таблицы и схемы аналитической химии. Л., 1975, с. 5.

Поступила 18 января 1977 г.

УДК 676.1.021.7

### УСТРОЙСТВО ДЛЯ БЫСТРОГО РАЗМОЛА НЕБОЛЬШИХ КОЛИЧЕСТВ СУХИХ МАТЕРИАЛОВ

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

Архангельский лесотехнический институт

Приводится устройство для быстрого и высококачественного размола небольших количеств сухих материалов.

В большинстве химических анализов древесины и целлюлозных полуфабрикатов используют гетерогенные реакции, поэтому предварительной подготовке материала уделяется большое внимание. Измельчение — одна из стадий, при которой необходимо получить мелкие частицы по возможности более равномерного гранулометрического состава.

Нами предложено устройство, позволяющее быстро провести размол небольших количеств вещества. За основу взята электрическая кофемолка типа ЭЛМАЗ, предназначенная для размола 15—20 г твердых материалов. Однако измельчить 0,2—1 г вещества на этой мельнице невозможно. Обойти это препятствие позволила изготовленная из оргстекла плоская крышка, на внутренней поверхности которой у кромки установлены отражатели, выполненные в виде усеченных трехгранных пирамид (рис. 1).

Эффективность предложенного устройства определяется двумя факторами. Во-первых, под действием рабочего органа вещество при-

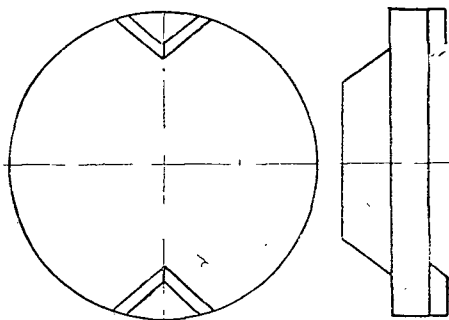


Рис. 1. Крышка размольного устройства с укрепленными отражателями.

обретает вращательное движение. При ударе об отражатель частицы отбрасываются в центр и вниз размольной камеры, подвергаясь при этом многократному воздействию ротора. Во-вторых, при ударе об отражатель замедляется и изменяется траектория движения одних частиц, в то время как другие все еще двигаются с большой скоростью. Это создает локальные зоны повышенной концентрации размалываемого материала, частицы которого двигаются с различными скоростями и в разных направлениях, что приводит к дополнительному истиранию частиц.

Для проверки работы устройства были проведены лабораторные испытания по размолу небольших количеств опилок лиственницы. Сравнительные данные были получены при размоле на установке с применением обычной крышки. На аналитических весах отвешивали примерно 0,8 г воздушно сухих опилок и производили размол в течение 15 или 30 с. Затем размолотую массу просеивали на ситах. При фракционировании был использован следующий набор сит: 15, 42 и 100 меш. После просеивания остатки на ситах взвешивали и определяли процент каждой фракции от исходной загруженной навески.

Таблица 1

Размольное устройство	Размер опилок, мм	Масса опилок, г	Длительность размола, с	Остаток, %			
				на ситах при степени помола, меш			на поддоне
				15	42	100	
Предложенное нами	1	0,8000	15	0,5	11,0	34,0	55,1
" "	2	0,8636	15	0,8	14,4	32,4	47,5
" "	1	0,8508	30	—	3,1	28,9	69,1
Известное ранее	1	0,8646	15	66,5	29,0	2,6	1,0
" "	2	0,7676	15	88,4	8,8	0,6	—
" "	1	0,8291	30	63,7	30,2	3,7	1,4

Результаты размола опилок лиственницы приведены в табл. 1, из данных которой видно, что применение крышки с отражателями намного увеличивает эффективность размола. Так, масса остатка на сите 100 меш в среднем в 10 раз больше, а на поддоне (частицы, прошедшие через сито 100 меш) — даже в 50—60 раз.

Предложенное устройство просто в изготовлении, позволяет очень быстро и высококачественно провести размол небольших количеств сухих материалов и тем самым ускорить выполнение многих анализов.

КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ  
И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

УДК 62-229.6

РАЗРЕШАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ  
ЗАХВАТНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

С. С. ЛЕБЕДЬ, Д. М. ГАЙДУКЕВИЧ

Белорусский технологический институт

Дано краткое описание конструкции и принципа действия захватного приспособления для отделения и поштучной выдачи бревен из пачки без предварительной раскатки ее в однорядную щель.

Для механизации процесса загрузки деревообрабатывающих станков, сортировочных линий, лесотранспортеров и других механизмов круглыми лесоматериалами применяют различные по принципу действия и конструктивному исполнению устройства поштучной выдачи бревен. Классификация устройств нашла отражение в работах ряда авторов [1, 3, 5].

С целью уменьшения количества операций, выполняемых устройствами, упрощения конструкции, снижения энергоемкости, повышения производительности и надежности в Белорусском технологическом институте разработана конструкция устройства для разбора пакета круглых лесоматериалов, которое исключает операцию раскатки пакета и образования поперечной щели. Конструкция и принцип действия такого устройства описаны ранее [2, 4].

Захватное приспособление конструктивно выполнено в виде подпружиненного качающегося кулисного механизма (рис. 1, а), состоящего из фигурных кривошипа 1 и кулисы 2, шарнирно соединенных между собой ползушкой 3. Кривошип и кулиса шарнирно закреплены на специальных осях 4 тяговой цепи 5. Рабочая поверхность 6 кулисы 2 выполнена по дуге окружности с центром на оси крепления. В теле кулисы выполнена прорезь 7, в которой перемещается ползушка 3. Приспособление находится в рабочем положении под действием пружины 8 и на ползушках 9 свободно перемещается по направляющим 10. Пакет бревен располагается на направляющих слезах 11. Верхняя кромка направляющих слез возвышается на величину  $\delta$  над нижней частью приемного гнезда, образованного кривошипом и кулисой, благодаря чему вес транспортируемого изделия воспринимается, в основном, слезами, а выступающая над ними часть кулисы толкает изделие.

Основная характеристика подобного рода устройств — их разрешающая способность, определяемая величиной отношения максимального диаметра бревна к минимальному при условии надежной поштучной выдачи. В большинстве устройств разрешающая способность зависит от величины приемного гнезда.

В нашем случае величина приемного гнезда переменная, благодаря чему повышается разрешающая способность. В процессе работы при встрече захватного приспособления с лесоматериалами, расположенными на направляющих слезах 11 (рис. 1, а), фигурный кривошип 1 под действием веса бревен утапливается и через ползушку 3 воздействует на кулису 2, которая, преодолевая упругую силу пружины 8, также утапливается. Следовательно, рабочая поверхность кривошипа и верхняя точка кулисы захватного приспособления устанавливаются на уровень верха направляющих слез (рис. 1, б) и в таком положении проходят под пакетом.

Как только фигурный кривошип выйдет из-под последнего бревна, кулиса под действием упругой силы пружины входит в промежуток между последним и предпоследним изделиями, захватывает крайнее из них, отделяет от пакета и перемещает по

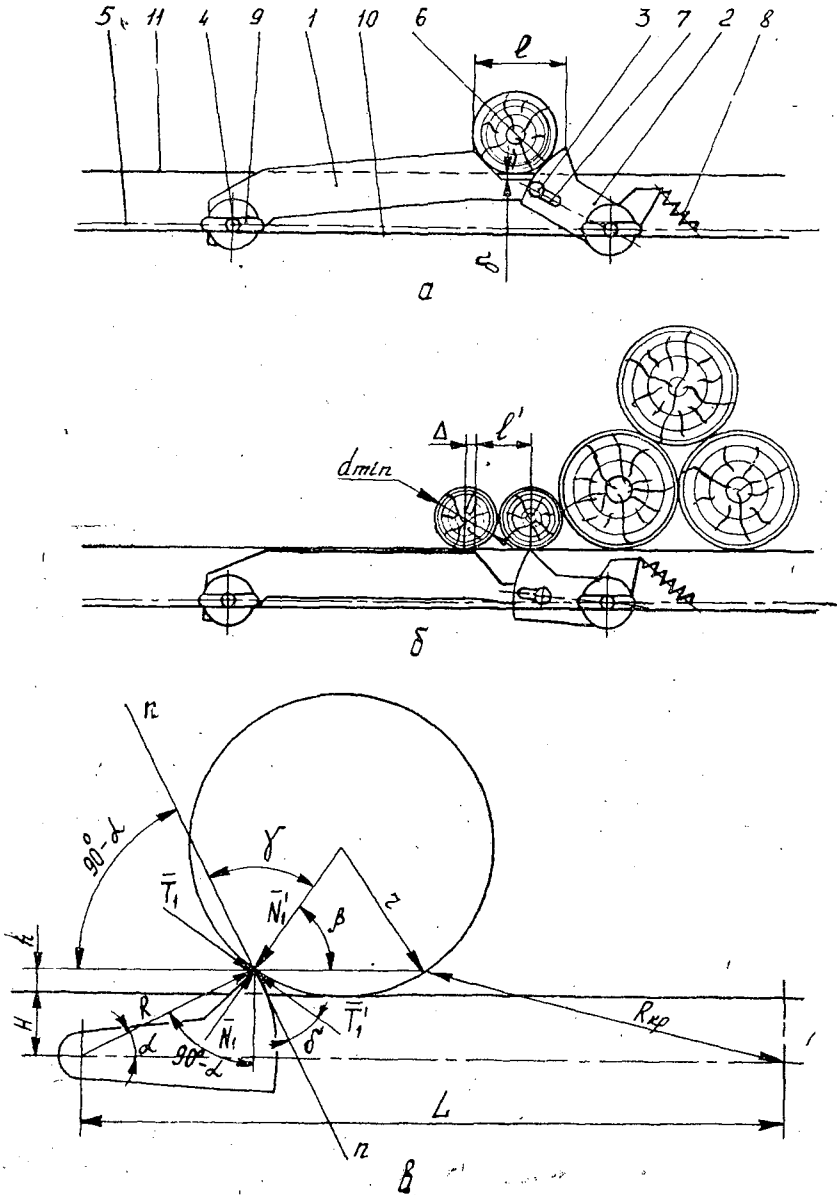


Рис. 1. Захватное приспособление для отделения круглых изделий от пакета.

слегам (рис 1, а). При этом по ширине устройства устанавливают не менее двух захватных приспособлений.

Величину приемного гнезда для случая, когда оба изделия, следующие друг за другом, имеют минимальный диаметр (рис. 1, б), можно выразить неравенством

$$l' = d_{min} - \Delta.$$

Принимая  $\Delta = 0,1d_{min}$ , получим

$$L' = d_{min} - 0,1d_{min} = 0,9d_{min}.$$

Несколько сложнее решается вопрос определения предельно допустимого максимального диаметра изделия для данных размеров захватного приспособления.

На рис. 1, в изображен случай, когда в приемном гнезде захватного приспособления находится бревно максимального диаметра. В этом случае захватное приспособление несколько приутоплено, однако кулиса выступает над верхом направляющих слег на величину  $h$  и соприкасается с изделием максимального диаметра крайней верхней точкой рабочей поверхности. Нами приняты следующие обозначения:

- $H$  — расстояние от осей крепления захватного приспособления до верха направляющих слег;
- $L$  — база захватного приспособления;
- $R_{кр}$  — радиус кривошипа;  $R_{кр} = 4r$  ( $r$  — радиус бревна);
- $R$  — радиус дуги окружности рабочей поверхности кулисы;
- $T_1, N_1$  и  $T'_1, N'_1$  — касательная и нормальная составляющие сил воздействия кулисы на изделие и составляющие соответствующих реакций;
- $\alpha$  — угол между нормалью к рабочей поверхности кулисы в точке касания с изделием и горизонтом;
- $\beta$  — угол между нормалью к поверхности изделия в точке касания и горизонтом;
- $\gamma$  — угол между нормалью к поверхности изделия и касательной к поверхности кулисы в точке касания;
- $\delta$  — угол между касательными к поверхности кулисы и изделия в точке их контакта.

Как видно из рис. 1, в, на кулису в точке контакта ее с изделием действуют две силы  $T'_1$  и  $N'_1$ .

Условие того, что эти силы не будут утапливать (разворачивать) кулису и бревно максимального диаметра будет захвачено, можно записать так:

$$N'_1 \cos \gamma - T'_1 \cos \delta = 0, \quad (1.1)$$

т. е. сумма проекций сил на касательную к поверхности кулисы в точке контакта с изделием равна нулю.

Подставляя в выражение (1.1) значения  $\gamma = 90^\circ - (\beta - \alpha)$ ;  $\delta = \beta - \alpha$  и учитывая, что  $T'_1 = f N'_1$ , а  $f = \operatorname{tg} \varphi$  ( $\varphi$  — угол внутреннего трения), после соответствующих преобразований получим

$$\operatorname{tg}(\beta - \alpha) \leq \operatorname{tg} \varphi \text{ или } \beta - \alpha \leq \varphi. \quad (1.2)$$

Значения  $\beta$ ,  $\alpha$  и  $\varphi$  найдем из выражений

$$\frac{H+h}{R} = \sin \alpha; \quad \frac{r-h}{r} = \sin \beta; \quad f = \operatorname{tg} \varphi.$$

Подставив эти выражения в (1.2) получим

$$\arcsin \frac{r-h}{r} - \arcsin \frac{H+h}{R} \leq \operatorname{arctg} f \quad (1.3)$$

или

$$\frac{r-h}{r} \sqrt{1 - \left(\frac{H+h}{R}\right)^2} - \frac{H+h}{R} \sqrt{1 - \left(\frac{r-h}{r}\right)^2} \leq \frac{f}{\sqrt{1+f^2}}. \quad (1.4)$$

Введем обозначения

$$\frac{r-h}{r} \sqrt{1 - \left(\frac{H+h}{R}\right)^2} - \frac{H+h}{R} \sqrt{1 - \left(\frac{r-h}{r}\right)^2} = F_1(r, h); \quad (1.5)$$

$$\frac{f}{\sqrt{1+f^2}} = F_2 = \text{const}, \quad (1.6)$$

т. е.

$$F_1(r, h) = F_2, \quad (1.7)$$

где  $r = \frac{d}{2}$  ( $d$  — диаметр бревна).

Определить величину максимального радиуса (диаметра) из зависимости (1.4) или (1.7) невозможно, так как в них входят две переменные  $r$  и  $h$ . Необходимо получить еще одно уравнение. Его находим, определяя геометрическим путем величину приемного гнезда захватного приспособления при размещении в нем бревна максимального диаметра

$$2\sqrt{r^2 - (r-h)^2} = L - \sqrt{R^2 - (H+h)^2} - \sqrt{R_{\text{кр}}^2 - (H+h)^2}, \quad (1.8)$$

где

$$L = \sqrt{R^2 - H^2} + \sqrt{R_{\text{кр}}^2 - H^2} + d_{\text{min}}. \quad (1.9)$$

Подставляя значение  $L$  в (1.8), получим

$$2\sqrt{r^2 - (r-h)^2} = \sqrt{R^2 - H^2} + \sqrt{R_{\text{кр}}^2 - H^2} + d_{\text{min}} - \sqrt{R^2 - (H+h)^2} - \sqrt{R_{\text{кр}}^2 - (H+h)^2}. \quad (1.10)$$

Решая совместно уравнения (1.4) и (1.10), можно по заданным размерам захватного приспособления и минимальному диаметру бревна  $d_{\text{min}}$  определить максимальный допустимый радиус, а следовательно, диаметр и разрешающую способность. Для удобства расчетов целесообразно по зависимости (1.10) построить график связи  $r = f(h)$ , ис-

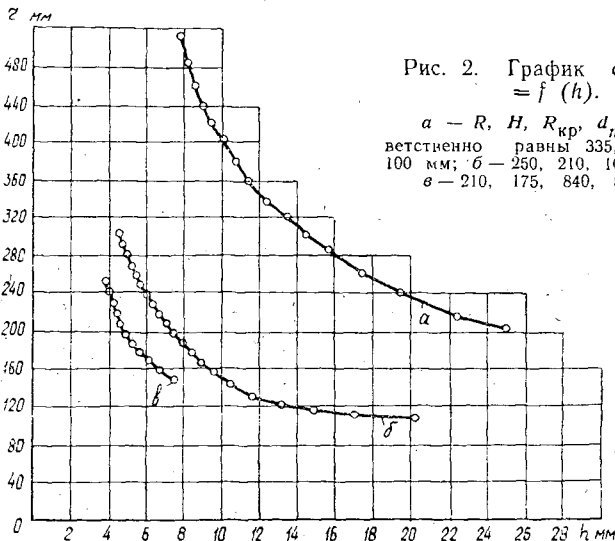


Рис. 2. График связи  $r = f(h)$ .

$a$  —  $R, H, R_{\text{кр}}, d_{\text{min}}$  соответственно равны 335, 210, 1200, 100 мм;  $б$  — 250, 210, 1000, 80 мм;  $в$  — 210, 175, 840, 50 мм.

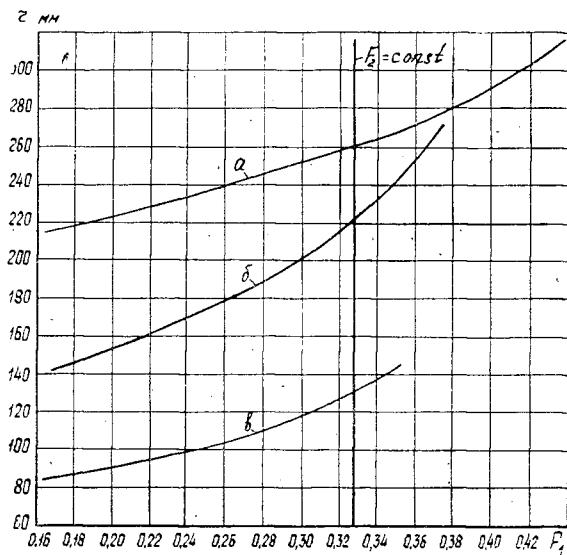


Рис. 3. График связи  $F_1(r)$ . Обозначения см. под рис. 2.

пользуя графо-аналитический или численный (на ЭВМ) метод решения (рис. 2). Пользуясь этим графиком, можно построить графики функций  $F_1$  и  $F_2$  (рис. 3). Ордината точки пересечения графиков  $F_1$  и  $F_2$  дает значения максимально допустимого радиуса бревна. Расчеты выполняли графо-аналитическим способом и на ЭВМ «Минск-22». Для рассмотренных случаев получены следующие значения разрешающей способности: 5,2; 5,3 и 5,2, что удовлетворяет требованиям ряда производств. Большие значения разрешающей способности могут быть получены за счет изменения величины  $R$  или других параметров. Полученные аналитические зависимости позволяют также решать обратную задачу, т. е. по размерам изделий (бревен) определять основные параметры захватного приспособления, что необходимо при разработке подобных устройств.

Полученные аналитические зависимости — теоретическая основа расчета захватных приспособлений и определения их статической разрешающей способности.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Батин И. В., Дудюк Д. Л. Основы теории и расчета автоматических линий лесопромышленных предприятий. М., 1975. [2]. Будыка С. Х., Лебедь С. С., Гайдукевич Д. М. Устройство для поштучной выдачи бревен. Авт. свид. № 459391. — Бюл. «Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки», 1975, № 5. [3]. Воевода Д. К. Механизация и автоматизация работ на нижних складах. — «Труды ЦНИИМЭ», 1961, т. 30. [4]. Гайдукевич Д. М. Разбор пакетов круглых лесоматериалов. — В сб.: Новое в технике и технологии лесосплава. Л., 1976. [5]. Лившиц Н. В., Меньшиков Б. Е. Механизация околостаночных операций в лесоперерабатывающих цехах леспромхозов. М., 1975.

Поступила 16 марта 1978 г.



УДК 674.02.001.57

## МОДЕЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ

В. В. АМАЛИЦКИЙ

Московский лесотехнический институт

Рассмотрены закономерности потери машиной начального качества и разработана математическая модель технологического качества оборудования. Приведены примеры, подтверждающие адекватность модели.

В процессе эксплуатации технологического оборудования последовательно меняются его технологические состояния. Основная причина перехода машины в новое состояние — действие медленно протекающих процессов, таких как изнашивание, усталостные повреждения, изменение динамического качества и др. Утраченное качество машины восстанавливается в результате ремонтно-профилактических мероприятий, являющихся управляющими факторами.

Нами разработана математическая модель, характеризующая изменение технического состояния машины под действием факторов, снижающих ее качество, а также управляющих факторов с учетом режимов и условий ее эксплуатации. Рассматриваемые в дальнейшем закономерности изменения состояния применимы для любого параметра машины, имеющего постепенный характер изменения во времени. В данной статье использован наиболее распространенный в технологическом оборудовании показатель — технологическая точность (качество)  $a(t)$ .

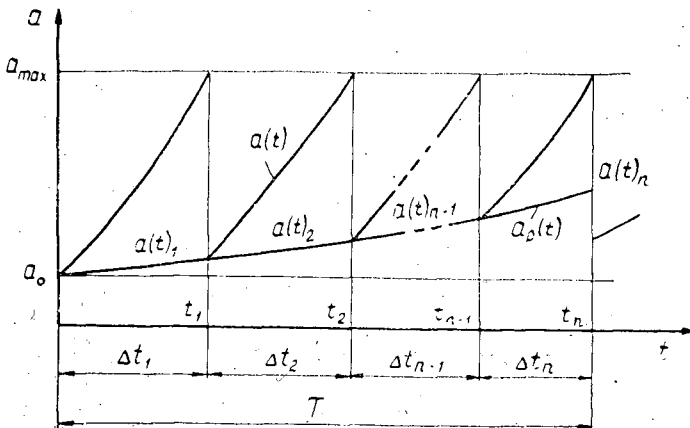


Рис. 1. Графическое изображение математической модели технологической долговечности оборудования.

В зависимости от интенсивности и характера взаимовлияния медленно протекающих процессов трансформация кривой  $a(t)$  происходит

с переменной скоростью (рис. 1), увеличивающейся со временем. В моменты  $t_1, t_2, \dots, t_n$  точность достигает верхнего допустимого предела  $a_{max}$  и машина подвергается регулировке, позволяющим повысить точность до значений  $a(t_1), a(t_2), \dots, a(t_n)$ . Однако необратимые изменения в машине не дают возможности достичь начального уровня точности  $a_0$ , а позволяют достичь только уровня  $a_p(t)$  точности отрегулированной машины. Общая потеря точности к моменту  $T$  складывается из ее утраты из-за регулировки  $a(t) - a_p(t)$  и утраты, обусловленной изнашиванием  $a_p(t) - a_0$ .

В момент времени  $T$  дальнейшая эксплуатация машины становится мало эффективной из-за недопустимо малой величины  $a_{max} - a_p(t)$ , поскольку следующая регулировка потребует через малый промежуток времени  $\Delta t_i$ . В этот момент машину ремонтируют. Часть необратимых повреждений устраняют ремонтными операциями, однако достичь начального уровня практически не удается из-за того, что ремонтируют не все узлы машины.

При разработке математической модели в качестве первого приближения было принято, что величина  $a(t) - a_p(t)$  линейно зависит от времени в каждом из межрегулировочных промежутков с одинаковым для всех этих промежутков угловым коэффициентом  $k$

$$a(t) - a_p(t) = k(t - t_{n-1}), \tag{1}$$

где  $t_{n-1}$  — последний предшествующий времени  $t$  момент регулировки.

При  $t = t_n$  равенство (1) имеет вид

$$a_{max} - a_p(t_n) = k\Delta t_n. \tag{2}$$

Выражение (2) связывает между собой такие основные характеристики, как длительность межрегулировочных промежутков и достигимые в результате регулировок значения точности.

Второе допущение состоит в том, что в каждый момент времени скорость изменения величины  $a_p(t) - a_0$ , характеризующей степень износа, пропорциональна точности станка

$$[a_p(t) - a_0]' = a_p'(t) = \lambda a(t). \tag{3}$$

Эта зависимость, как показали наши экспериментальные исследования, справедлива для большинства случаев старения технологического оборудования.

Произведя преобразования, получаем формулы, дающие расчетную схему функции  $a_p(t)$

$$\lambda \Delta t_n = -\ln \left( 1 - \frac{\lambda \Delta t_{n-1}}{1 + \frac{\lambda a_{max}}{k}} \right); \tag{4}$$

$$\lambda \Delta t_0 = \frac{\lambda a_{max}}{k} - \frac{\lambda a_0}{k}; \tag{5}$$

$$a_p(t_n) = a_{max} - k\Delta t_n. \tag{6}$$

С помощью формулы (4) можно определить любой интервал модели  $\Delta t_n$ . Как видно из этой формулы, величина  $\Delta t_n$  зависит от значения  $\Delta t_{n-1}$ , что отражает действительную картину происходящих в стан-

ке явлений, когда продолжительность его будущей эксплуатации зависит от текущего уровня его технологического состояния. Выражение (5) дает значение интервала  $\Delta t_0$ , а формула (6) — значение функции  $a_p(t)$  в конце каждого интервала.

Скорости потери точности машины из-за разрегулировки  $k_1$  и износа  $\lambda_1$  определяют для первого промежутка  $\Delta t_1$  по формулам

$$k_1 = \frac{a(t_n) - a_p(t_n)}{\Delta t_n}; \quad (7)$$

$$\lambda_1 = \frac{2}{\Delta t_n} \cdot \frac{a_p(t_n) - a_p(t_{n-1})}{a(t_n) + a_p(t_{n-1})}. \quad (8)$$

Период  $T$  работы машины до предельного состояния складывается из последовательности убывающих межрегулировочных промежутков

$$T = \sum_{n=1}^{\infty} \Delta t_n.$$

Период  $T$  работы до предельного состояния может быть подсчитан по приближенной формуле

$$T \approx \tilde{T} = \frac{2}{\lambda} \ln \frac{2a_{max}}{a_0 + a_{max}}.$$

Для практических целей количество промежутков ограничивается числом 2—4, что соответствует межремонтному периоду системы ППР.

Чтобы проверить адекватность математической модели, использовали результаты эксплуатационных исследований различных станков. В качестве характеристики  $a(t)$  точности станка рассматривали среднее квадратическое отклонение фактического размера  $X$  обрабатываемой детали от размера  $X_0$ , на который был настроен станок. Чтобы найти величину  $a(t)$  для конкретного момента времени, обрабатывали  $n = 50$  деталей, замеряли фактические размеры, а затем вычисляли по общепринятой методике несмещенную оценку  $\bar{S}_n^2(t) = \frac{n}{n-1} S_n^2(t)$  дисперсии величины  $x = x(t)$ , где через  $S_n^2(t)$  обозначена выборочная дисперсия. Таким способом получали одну экспериментальную точку, соответствующую заданному значению  $t$ .

Для каждой совокупности наблюдений, соответствующих одному значению наработки  $t_i$  и произведенных либо в начальный момент, либо до, либо после очередной разрегулировки, вычисляли математические ожидания  $\bar{z}$ . По величинам  $\bar{z}$  для трех значений наработки (1450, 2850 и 4200 ч) была построена эмпирическая модель, которую сравнивали с теоретической, рассчитанной по формулам (4) — (8). Точность параметров долговечности, полученных с помощью теоретической модели, отличается от полученных по результатам эксплуатационных наблюдений не более чем на 20—25%.

Аналогичным образом можно определить период работы машины до предельного состояния (например до капитального ремонта). Расчет в межремонтном цикле, т. е. с учетом нескольких ремонтов, ведут по тем же формулам. В этом случае величина  $a(t) - a_p(t)$  характеризует утрату точности из-за основных изменений, поддающихся ремонту, а  $a_p(t) - a_0$  — из-за износа, который не ликвидируется даже ремонтом.

Для устранения изменений необходимо заменить узлы, что возможно при среднем и капитальном ремонтах.

С помощью модели можно управлять техническим состоянием оборудования. Для этого нужна система оперативного контроля технического состояния оборудования. С этой целью применяют разработанные под руководством автора методы ускоренных испытаний оборудования, проводимые с помощью нагрузочно-имитирующих устройств.

Для определения технического состояния настроенной машины вычисляют ее технологическую точность  $a_p(t_{n-1})$ , затем с моделирующим устройством машина в уплотненном или форсированном режиме работает в течение времени  $\Delta t_n$ ; после этого вновь определяют ее технологическую точность  $a(t_n)$ . Затем машину подвергают регулировке; вновь вычисляют ее технологическую точность  $a_p(t_n)$ . По формулам (7) и (8) находят значения  $k_1$  и  $\lambda_1$ . Границы поля допуска на обработку  $a_0$  и  $a_{max}$  известны. Тогда по формулам (4) — (6) строят модель изменения технического состояния машины.

Анализ построенной модели позволяет выбрать те факторы, изменение которых дает возможность управлять техническим состоянием машины, изменить режим обработки и т. п.

Этот метод применяют на станкостроительных заводах для обработки опытных экземпляров и контроля качества серийных станков, на деревообрабатывающих предприятиях в сборочном цехе — для оценки качества ремонта. Метод успешно применен на Московском заводе деревообрабатывающих станков и автоматических линий, Ставропольском заводе «Красный металлист», Боровицком заводе деревообрабатывающих станков, Днепрпетровском станкостроительном заводе для испытаний опытных и серийно выпускаемых станков.

Поступила 27 марта 1978 г.

УДК 519.2 (083.22)

## АНАЛИЗ СТАТИСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОТОКОВ ТРЕБОВАНИЙ

Д. Л. ДУДЮК

Львовский лесотехнический институт

Получены аналитические выражения для определения интенсивности, дисперсии и параметра Эрланга при объединении однородных потоков требований, а также при их разделении и сложении интервалов времени.

В практике математического описания и моделирования дискретных недетерминированных потоков предметов труда, транспортных средств в лесной, деревообрабатывающей и других отраслях промышленности вероятностными методами часто необходимо определять статистические характеристики производных потоков, получаемых в результате того или иного преобразования первичных потоков требований. Такими преобразованиями могут быть, например, объединение нескольких однородных потоков в один суммарный, объединение потоков разнородных деталей и заготовок в результате сборки в поток узлов и готовых изделий, объединение потоков однородных требований в группы (пачки, порции), разрежение и разделение потоков на несколько параллельных и т. д.

При объединении (суммировании) нескольких однородных потоков: требований интенсивность результирующего потока  $\lambda_{\Sigma}$  как математическое ожидание суммы случайных величин равна сумме интенсивностей  $\lambda_i$  объединяемых потоков

$$\lambda_{\Sigma} = \sum_i \lambda_i. \quad (1)$$

Дисперсия числа требований результирующего потока  $D_{\Sigma}$  соответственно равна сумме дисперсий исходных потоков  $D_i$

$$D_{\Sigma} = \sum_i D_i. \quad (2)$$

Отличительный параметр результирующего потока (параметр Эрланга  $k$ ) находим как отношение интенсивности потока к дисперсии числа требований этого потока

$$k_{\Sigma} = \frac{\lambda_{\Sigma}}{D_{\Sigma}}. \quad (3)$$

Используя выражения (2) и (3), запишем основное соотношение между статистическими параметрами для суммирования потоков

$$\frac{\lambda_{\Sigma}}{k_{\Sigma}} = \sum_i \frac{\lambda_i}{k_i}. \quad (4)$$

Следовательно, основные параметры (интенсивность, дисперсия, параметр Эрланга) составного потока требований полностью определяются параметрами составляющих потоков. Параметр Эрланга для результирующего потока находим из выражения (4)

$$k_{\Sigma} = \left( \sum_i \frac{\lambda_{i0}}{k_i} \right)^{-1}, \quad (5)$$

где  $\lambda_{i0} = \frac{\lambda_i}{\lambda_{\Sigma}}$  — относительная интенсивность  $i$ -того слагаемого потока.

Для потока, состоящего из  $m$  потоков одинаковой интенсивности, параметр Эрланга

$$k_{\Sigma} = m \left( \sum_{i=1}^m k^{-1} \right)^{-1}. \quad (6)$$

Из полученных выше выражений следует, что при сложении нескольких потоков, имеющих одинаковый параметр Эрланга, величина этого параметра для результирующего потока имеет то же значение

$$k_{\Sigma} = k_i,$$

что и для слагаемых потоков. Это важное свойство простых (пуассоновых и эрланговских) потоков требований. В силу этого объединение простых однородных потоков с постоянным значением параметра Эрланга дает простой поток требований, имеющий ту же величину параметра Эрланга и суммарную интенсивность.

В процессе производства часто встречается и обратное явление: разложение одного потока требований на несколько вторичных. Общие свойства простых потоков при этом сохраняются. Интенсивность потоков при разделении естественно уменьшается и соответственно возрастает

тает величина интервалов времени между соседними требованиями. Аналогичное явление имеет место и при сложении интервалов обслуживания, например, при суммировании продолжительности последовательных операций, элементов цикла обработки.

При сложении интервалов времени между заявками, а также продолжительностей последовательных операций обслуживания или других вероятностных временных интервалов между собой средняя величина результирующей продолжительности равна сумме средних значений, а ее дисперсия — сумме дисперсий слагаемых элементов. Параметр Эрланга для результирующей продолжительности определяем из отношения квадрата среднего значения  $t_{\Sigma}$  к дисперсии  $D_{t\Sigma}$

$$k_{\Sigma} = \frac{t_{\Sigma}^2}{D_{t\Sigma}}. \quad (7)$$

Основное соотношение между статистическими параметрами для сложения вероятностных временных интервалов с эрланговским распределением имеет вид

$$\frac{t_{\Sigma}^2}{k_{\Sigma}} = \sum_i \frac{t_i^2}{k_i}, \quad (8)$$

где  $k_i$  — параметр Эрланга для слагаемых временных распределений.

Из соотношения (8) находим параметр Эрланга суммарного результирующего временного интервала

$$k_{\Sigma} = \left( \sum_i \frac{t_{i0}^2}{k_i} \right)^{-1}. \quad (9)$$

Для суммы  $n$  равновеликих продолжительностей параметр Эрланга

$$k_{\Sigma} = n^2 \left( \sum_{i=1}^n k^{-1} \right)^{-1}. \quad (10)$$

При сложении временных интервалов с одинаковым параметром Эрланга его величину для результирующей продолжительности определяем из выражения

$$k_{\Sigma} = k_i \left( \sum_i t_{i0}^2 \right)^{-1}. \quad (11)$$

В случае сложения равновеликих продолжительностей с одинаковым параметром Эрланга результирующая продолжительность равна величине этого параметра

$$k_{\Sigma} = n \cdot k_i. \quad (12)$$

Анализ полученных аналитических выражений позволяет сделать следующие выводы. При объединении простых вероятностных потоков и сложении их интенсивностей параметр Эрланга до некоторой степени усредняют и его величина такая же, что и в слагаемых потоках. При сложении потоков с одинаковым параметром Эрланга его величина не меняется.

В случае сложения временных интервалов параметр Эрланга значительно возрастает. Так, например, при сложении  $n$  равновеликих интервалов с одинаковым параметром Эрланга величина его увеличивается для результирующего интервала в  $n$  раз.

Благодаря этому важному свойству продолжительностей с эрланговским распределением вероятностей можно получить эрланговский поток требований путем  $k$ -кратного разделения пуассоновского потока (при сложении  $k$  последовательных интервалов). Эрланговские потоки часто представляют как  $k$ -кратную композицию пуассоновских потоков. Каждый интервал времени между требованиями в таком эрланговском потоке является средней продолжительностью  $k$  последовательных интервалов исходного пуассоновского потока [1, 2].

Соотношения между статистическими параметрами эрланговских продолжительностей интервалов могут быть использованы также и при разделении общего интервала на составляющие элементы. Например, эрланговски распределенную продолжительность с параметром  $k$  можно представить как сумму  $k$  интервалов с экспоненциальным распределением.

Полученные аналитические соотношения позволяют быстро и удобно рассчитывать статистические параметры при анализе различных преобразований простых потоков требований, а также продолжительность их обслуживания.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Вентцель Е. С. Исследование операций. М., «Сов. радио», 1972. [2]. Тараканов К. В., Овчаров Л. А., Тырышкин А. Н. Аналитические методы исследования систем. М., «Сов. радио», 1974.

Поступила 20 марта 1978 г.

## ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 634.09.003.13

**СИСТЕМА ПОКАЗАТЕЛЕЙ  
ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
И ВОСПРОИЗВОДСТВА ЛЕСНЫХ РЕСУРСОВ****(На примере комплексных лесных предприятий)****А. П. ПЕТРОВ**

Ленинградская лесотехническая академия

Наряду с частными показателями, предложен интегральный обобщающий показатель для оценки хозяйственной деятельности комплексных лесных предприятий: таким показателем выступает прибыль от промышленной деятельности и условная прибыль от лесохозяйственной деятельности.

Процесс становления комплексных форм ведения лесной промышленности и лесного хозяйства в стране развивается на региональной основе и имеет определенную историю.

Впервые комплексные предприятия возникли в районах, где лесные ресурсы были значительно истощены рубками главного пользования, особенно усиленными в послевоенные годы, когда перед страной стояла первоочередная задача восстановления народного хозяйства. Истощение лесных ресурсов сопровождалось появлением большого количества необлесенных земель, что соответствующим образом сказывалось на средоохраннх функциях лесов. Необходимость расширения лесовосстановительных работ с соответствующей нормализацией лесопользования привела к появлению новых типов предприятий, соединяющих на одной территории лесохозяйственное и лесопромышленное производство; у этих предприятий сложились особые технологические связи, формы организации производства и управления.

Неслучайно, что первыми районами, в которых сформировался новый тип комплексных предприятий, стали районы с горными лесами (Карпаты, Северный Кавказ), где требовалось особенно тщательно вести лесное хозяйство в целях предотвращения возможных отрицательных экологических последствий. Одновременно комплексные предприятия были созданы в Латвийской и Литовской ССР, в центральных и западных малолесных областях РСФСР; причем каждому району соответствовал свой профиль хозяйственной деятельности и экономической организации отдельных производств.

В настоящее время имеются объективные условия для организации комплексных лесных предприятий в других областях и автономных республиках РСФСР (Ленинградская, Новгородская, Горьковская, Костромская, Свердловская области, Башкирская и Удмуртская АССР и др.). Лесопользование здесь ограничено, лесное хозяйство переходит на интенсивные методы развития, сконцентрированы большие мощности перерабатывающих производств, достигнут высокий уровень развития производительных сил в промышленности и сельском хозяйстве.

Перед комплексными лесными предприятиями, наряду с решением лесохозяйственных, технических, организационных и социальных вопро-



сов, стоит задача оценки эффективности систем управления и организации производственной деятельности, достижение которой во многом предопределяется наличием системы (комплекса) показателей, позволяющих принимать оптимальные решения по совершенствованию механизма хозяйственных связей. Оценка экономической эффективности деятельности комплексных лесных предприятий предполагает обоснование наиболее целесообразных направлений и форм комбинирования и концентрации производства, при которых обеспечивается рациональное использование лесфонда, утилизация всех видов заготавливаемого древесного сырья и продукции побочного пользования, своевременное и качественное проведение лесохозяйственных работ, усиление средоохранных и защитных функций лесов и повышение их роли в системе экологических мероприятий по защите окружающей среды. В соответствии со сказанным, результаты хозяйственной деятельности комплексных предприятий должны измеряться эффективностью использования и воспроизводства лесных ресурсов.

Использование лесных ресурсов раскрывается через производственную деятельность предприятий, направленную на извлечение материальных компонентов (древесины, недревесной продукции растительного и животного происхождения). Эту деятельность формируют:

а) лесозаготовки по всем видам пользования с получением в виде конечной продукции круглых сортиментов и древесных отходов;

б) переработка, осуществляемая на территории предприятий с получением в качестве конечной продукции древесных материалов или полуфабрикатов;

в) побочное пользование, имеющее целью использовать недревесные компоненты лесных ресурсов (траву, грибы, ягоды, дичь, животных, рыбу).

Кроме названных направлений использования лесных ресурсов, имеются и другие, результаты которых проявляются, как правило, за пределами предприятий: регулирование климата, водных стоков, очистка воздушного бассейна, рекреационные услуги и т. п.

Ввиду отсутствия методов стоимостной оценки указанных направлений, последние в дальнейшем изложении не учитываются при определении суммарного эффекта от использования лесных ресурсов.

В качестве показателей, измеряющих результаты производственной деятельности по использованию лесных ресурсов, принимаются: а) товарная продукция ( $R_0$ ), б) прибыль ( $P_0$ ) с разделением по видам производств (лесозаготовки, переработка, побочное пользование).

Так,

$$R_0 = R_n + R_p + R_{п}, \quad (1)$$

где  $R_n, R_p, R_{п}$  — соответственно товарная продукция лесозаготовок, де-ревопереработки и побочного пользования.

Используя измеритель продукции в натуральном выражении и действующие оптовые цены, получим выражение

$$R_0 = \sum_i V_i Z_i + \sum_j V_j Z_j + \sum_u V_u Z_u, \quad (2)$$

где  $i, j, u$  — соответственно определяют номенклатуру продукции лесозаготовок, переработки и побочного пользования;  $V_i, V_j, V_u$  — объем продукции в натуральном выражении лесозаготовок ( $i$ -того вида), переработки ( $j$ -того вида), побочного пользования ( $u$ -того вида);

$Z_i, Z_j, Z_u$  — оптовая цена единицы продукции лесозаготовок, переработки и побочного пользования.

Прибыль от реализации товарной продукции лесозаготовок, деревопереработки и побочного пользования определяется аналогично с учетом структуры ее образования:

$$P_o = P_l + P_d + P_n, \quad (3)$$

где  $P_l, P_d, P_n$  — соответственно прибыль от реализации продукции лесозаготовок, деревопереработки и побочного пользования.

Введя параметр затрат на производство, получим выражение (4) как производное формул (2) и (3)

$$P_o = \sum_i V_i (Z_i - C_i) + \sum_j V_j (Z_j - C_j) + \sum_u V_u (Z_u - C_u), \quad (4)$$

где  $C_i, C_j, C_u$  — затраты на производство единицы продукции на лесозаготовках, деревопереработке и побочном пользовании.

Производственную деятельность по воспроизводству лесных ресурсов формируют: а) лесовосстановление (содействие естественному возобновлению, посев, посадка, уход за культурами; б) рубки ухода; в) мероприятия, направленные на повышение продуктивности лесов (гидротехнические мелиорации, удобрения и т. п.).

Помимо производственной деятельности, воспроизводство и охрана лесных ресурсов связаны с выполнением непроизводственных функций: защита лесов от пожаров, вредителей, самовольных порубок и т. п.

Суммарное измерение результатов по лесохозяйственной деятельности ( $V_{лх}$ ) возможно только с использованием условных показателей, какими в настоящее время выступают цены 1965 г. на выполнение отдельных видов работ.

При определении эффективности использования и воспроизводства лесных ресурсов наряду с измерением результатов необходимо оценить привлекаемые производственные ресурсы. Такими ресурсами являются:

а) основные фонды ( $F_o$ ) с разделением их на обслуживающие промышленную ( $F_{лп}$ ) и лесохозяйственную деятельность ( $F_{лх}$ ) (в ряде случаев, как например с дорогами, такое деление будет носить условный характер):

$$F_o = F_{лп} + F_{лх}; \quad (5)$$

б) трудозатраты ( $T_o$ ) с разделением на трудозатраты на лесозаготовках ( $T_l$ ), деревопереработке ( $T_d$ ) и лесном хозяйстве ( $T_{лх}$ ):

$$T_o = T_l + T_d + T_{лх}; \quad (6)$$

в) операционные расходы на ведение лесного хозяйства ( $W_o$ ), осуществляемые за счет бюджетных ассигнований и мобилизации собственных средств, в составе: расходов, имеющих производственное назначение ( $W_{пн}$ ); непроизводственных расходов ( $W_{нп}$ ), связанных с охраной, защитой лесов и организацией управления лесным хозяйством,

$$W_o = W_{пн} + W_{нп}. \quad (7)$$

В системе показателей эффективности использования и воспроизводства лесных ресурсов особое место занимает показатель лесной пло-

щади, позволяющей соизмерить лесопромышленную и лесохозяйственную деятельность. Лесная площадь одновременно выступает в качестве:

а) производственных ресурсов для организации лесозаготовок и побочного пользования (древостой, поступающие в рубку, флора, фауна);

б) объекта приложения лесохозяйственной деятельности (на ней осуществляют лесовыращивание, мелиорацию и т. п.);

в) объекта размещения перерабатывающих производств и транспортных путей.

Соизмерением получаемых результатов и производственных ресурсов с лесной площадью ( $S$ ) формируется система частных показателей эффективности использования и воспроизводства лесных ресурсов. Приводим эту систему.

А. Показатели, оценивающие результаты использования и воспроизводства лесных ресурсов.

А.1. Использование лесных ресурсов

А.1.1. Товарная продукция, всего —  $\frac{R_0}{S}$

А.1.2. Товарная продукция лесозаготовок —  $\frac{R_l}{S}$

А.1.3. Товарная продукция переработки —  $\frac{R_p}{S}$

А.1.4. Товарная продукция побочного пользования —  $\frac{R_n}{S}$

А.1.5. Прибыль от реализации, всего —  $\frac{P_0}{S}$

А.1.6. Прибыль от лесозаготовок —  $\frac{P_l}{S}$

А.1.7. Прибыль от деревопереработки —  $\frac{P_p}{S}$

А.1.8. Прибыль от побочного пользования —  $\frac{P_n}{S}$

А.2. Воспроизводство лесных ресурсов

А.2.1. Объем лесохозяйственных работ в условных ценах 1965 г. —

$$\frac{V_{лх}}{S}$$

Б. Показатели, оценивающие затраты производственных ресурсов.

Б.1. Использование лесных ресурсов

Б.1.1. Основные фонды по промышленной деятельности —  $\frac{F_{лл}}{S}$

Б.1.2. Трудозатраты на лесозаготовки —  $\frac{T_l}{S}$

Б.1.3. Трудозатраты на переработку —  $\frac{T_p}{S}$

Б.1.4. Трудозатраты по промышленной деятельности —  $\frac{T_l + T_p}{S}$

Б.2. Воспроизводство лесных ресурсов

Б.2.1. Основные фонды по лесохозяйственной деятельности —  $\frac{F_{лх}}{S}$

Б.2.2. Трудозатраты по лесохозяйственной деятельности —  $\frac{T_{лх}}{S}$

Б.2.3. Сперационные расходы на производственные цели —  $\frac{W_{пн}}{S}$

Представленная система частных показателей многосторонне характеризует промышленную и лесохозяйственную деятельность, однако принятие обоснованных решений в ряде случаев может быть затруднено, поскольку изменение отдельных показателей в итоге проведения каких-либо мероприятий может быть разнонаправленным. Следовательно

но, возникает необходимость в построении интегрального показателя эффективности использования и воспроизводства лесных ресурсов, что может быть сделано путем соизмерения двух величин  $\frac{P_0}{S}$  и  $\frac{W_{пн}}{S}$ , имеющих общий знаменатель — лесную площадь.

Простое суммирование этих величин в абсолютном выражении экономически неправомерно. Однако положение меняется, если допустить, что операционные расходы производственного назначения носят характер одновременных капитальных вложений по аналогии, например, со строительством, где существует разрыв (лаг) во времени между началом работ и возведением законченных объектов. Такой характер имеют затраты на создание лесных культур, проведение рубок ухода, мелиорацию, внесение удобрений, где эффект в виде создания лесных ресурсов, повышения их продуктивности реализуется через длительное время.

Практические измерения «эффекта будущего» в предположении, что операционные расходы носят характер капитальных вложений, могут быть осуществлены их приведением к текущим затратам через нормативный коэффициент эффективности. Это означает, что общество, выделяя на 1 га лесной площади затраты в размере  $\frac{W_{пн}}{S}$ , должно ориентироваться на получение ежегодной условной прибыли в размере  $\frac{W_{пн}}{S} E_n$ , аккумулируемой в реальную прибыль при пользовании лесными ресурсами ( $E_n$  — нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений).

Таким образом, интегральный показатель экономической эффективности использования и воспроизводства лесных ресурсов ( $\epsilon$ ) может быть выражен формулой

$$\epsilon = \frac{P_0}{S} + \frac{W_{пн} E_n}{S}, \quad (8)$$

или

$$\epsilon = \frac{P_0 + W_{пн} E_n}{S}. \quad (9)$$

Указанный показатель позволяет: давать сравнительную оценку различным формам организации использования и воспроизводства лесных ресурсов; устанавливать районные различия в лесохозяйственной и лесопромышленной деятельности; оптимизировать размеры и структуру производственной деятельности комплексных лесных предприятий.

УДК 634.0.6.003.13

## О ХАРАКТЕРЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Т. А. КИСЛОВА

Львовский лесотехнический институт

Рассматривается динамика экономического эффекта лесохозяйственных мероприятий, обосновывается их наиболее целесообразная повторяемость, вводится и обосновывается понятие устойчивости эффекта.

Затраты на лесохозяйственные мероприятия, направленные на повышение продуктивности лесов, по характеру проявления эффекта аналогичны затратам на модернизацию производства, поскольку и те, и другие способствуют интенсификации производственных процессов. Поэтому динамика эффекта указанных затрат имеет много общего: в обоих случаях вначале происходит только вложение средств, затем появляется эффект, который растет, достигает кульминации и затем затухает.

Эффект модернизации производства проявляется в виде дополнительной прибыли и может быть четко зафиксирован сразу же при его возникновении. Эффект же лесохозяйственных мероприятий может быть учтен лишь при достижении определенной величины. В связи с этим, в лесовыращивании следует оперировать только величиной хозяйственно-ощутимого эффекта, понимая под этим термином эффект, который, во-первых, поддается измерению с помощью существующих методов учета и, во-вторых, достигает величины, представляющей интерес с хозяйственной точки зрения.

В соответствии с изложенным, период, в течение которого производятся затраты на лесохозяйственное мероприятие и проявляется их эффект, мы разделяем на три стадии: I — возникновение эффекта: от начала вложения средств до появления хозяйственно-ощутимого эффекта; II — нарастание эффекта: от его появления до окончания кульминации; III — падение эффекта: от окончания его кульминации до полного исчезновения.

На практике не всегда можно четко определить границы стадий; для их выделения следует руководствоваться не абсолютной величиной экономического эффекта, а наличием устойчивой тенденции к его возрастанию или падению.

Продолжительность периода, в течение которого проявляется эффект лесохозяйственных мероприятий, не зависит от способа и техники их выполнения, этот эффект затухает в силу естественных причин и, в отличие от эффекта модернизации производства, его продолжительность не связана с темпами технического прогресса. В связи с этим, в лесном хозяйстве для повышения эффективности затрат, наряду с увеличением суммы эффекта, необходимо удлинять период его проявления, что, по существу, сводится к удлинению II стадии. Следовательно, в отличие от промышленности\* здесь большое значение имеет

\* Гатовский Л. М. Экономические проблемы научно-технического прогресса. М., «Наука», 1971. 380 с.

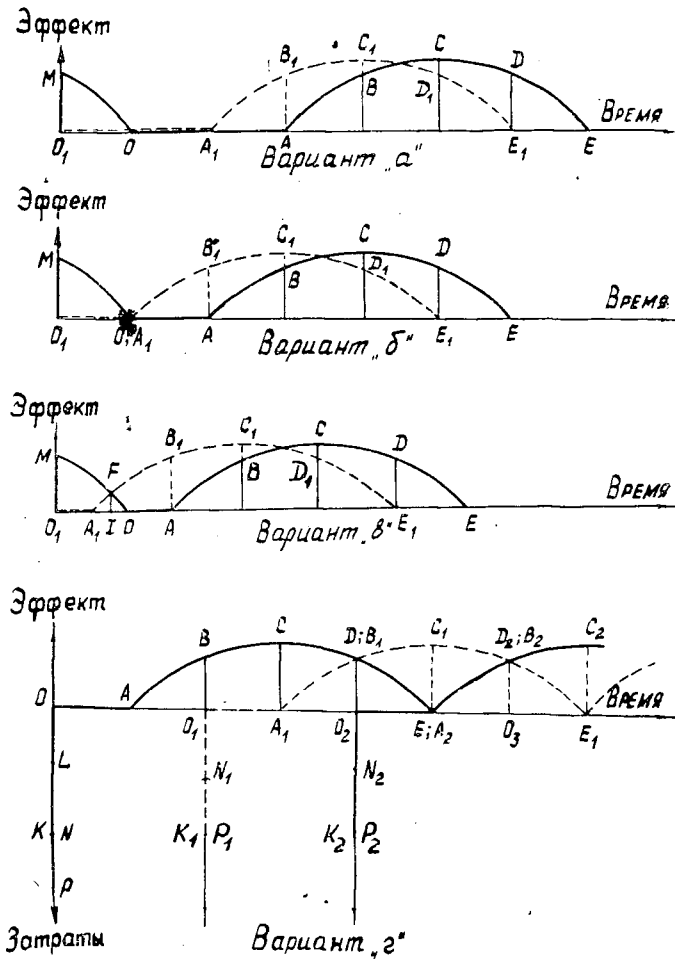


Рис. 1.

не только относительная, но и абсолютная продолжительность II стадии. Важное значение имеет сокращение I стадии, в результате чего приближается начало II стадии и тем самым уменьшается период замораживания средств.

Сокращение III стадии при «досрочном» проведении повторного мероприятия снижает общую продолжительность периода проявления эффекта затрат, однако за счет совмещения во времени III стадии предшествующего цикла и I стадии следующего за ним нового цикла приближается начало II стадии последнего; благодаря чему восстанавливается уровень начавшего затухать эффекта. При совмещении III стадии предшествующего и I стадии последующего циклов возможны три варианта (рис. 1): а) I стадия последующего цикла длиннее III стадии предшествующего цикла; б) I и III стадии соответствующих циклов имеют равную продолжительность; в) I стадия последующего цикла короче III стадии предшествующего цикла. Кроме того, нами предусмотрен вариант «г», при котором I стадия последующего цикла совмещается не с III, а со II стадией предшествующего цикла (повторное

мероприятие производится до начала падения эффекта предшествующего цикла). В первых трех вариантах сплошными линиями показана динамика эффекта для тех случаев, когда последующий цикл (его I стадия, обозначенная отрезком  $OA$ ) начинается после полного завершения предшествующего цикла (его III стадии, обозначенной кривой  $MO$ ). При совмещении последующего цикла с предшествующим динамика эффекта показана пунктирными линиями. Для варианта «г» сплошными линиями показано развитие эффекта при совмещении I стадии (отрезок  $O_2A_2$ ) с III (кривая  $DE$ ), а пунктирными — со II стадией предшествующего цикла (отрезок  $O_1A_1$ ). Для варианта «б», при котором III стадия предшествующего и I стадия последующего цикла имеют равную продолжительность, точки  $O$  и  $A_1$  совпадают. Кривые  $A_1B_1C_1D_1E_1$  и  $ABCDE$  характеризуют динамику эффекта затрат последующего цикла в течение II и III стадий соответственно при совмещении его с предшествующим циклом и в случае отсутствия такого совмещения. Поскольку отрезки  $OA$  и  $O_1A_1$  для каждого варианта соответствуют I стадии одного и того же процесса, но совершающегося в разное время, они равны между собой; аналогично и характер кривых  $ABCD$  и  $A_1B_1C_1D_1$ , соответствующих II и III стадиям этих же процессов, совершенно одинаков.

Если I стадия не полностью вписывается в пределы III стадии при их совмещении, неизбежен период, в течение которого эффект затрат полностью отсутствует (вариант «а», отрезок  $OA_1$ ). Однако этот период при совмещении циклов все же короче, чем при отсутствии такого совмещения (отрезок  $OA$ ).

При равной продолжительности совмещенных стадий период, в течение которого эффект затрат отсутствует, сводится к нулю (вариант «б»): как только прекращается действие затрат предшествующего цикла и их эффект затухает, начинается полезная отдача на средства, вложенные при повторном проведении мероприятия, т. е. появляется эффект нового цикла. И, наконец, в случае, когда продолжительность III стадии ниже, чем I стадии (вариант «в»), эффект затрат нового цикла появляется до полного исчезновения эффекта предшествующего цикла; в результате чего происходит совмещение во времени эффекта двух циклов. Такое совмещение обычно ведет к потере части эффекта произведенных затрат вследствие преждевременного прекращения III стадии предшествующего цикла (отрезок  $FI$ ). Еще в большей степени теряется эффект, если последующий цикл совмещается с предшествующим уже в пределах его II стадии (вариант «г»). Правда, в этом случае кривая эффекта ( $ABCD_1D_1C_2\dots$ ) не имеет значительных спадов и отличается более плавным характером, а эффект почти все время находится на уровне своей кульминации. Однако в этом случае сокращается полезная отдача средств, затрачиваемых на проведение мероприятия, ибо часть эффекта теряется (отрезки  $B_1O_2$  и  $B_2O_3$ ). Если принять, что продолжительность каждого цикла составляет условно 5 лет, то отрезок  $B_1O_2$  соответствует эффекту второго года цикла  $O_1A_1B_1C_1D_1E_1$ , а отрезок  $B_2O_3$  — эффекту второго года последующего цикла  $O_2A_2B_2C_2\dots$ , который также совмещается с предшествующим циклом в пределах его II стадии.

Если на оси ординат вниз от оси абсцисс отложить затраты на осуществление мероприятия (на схеме это отрезки  $OK$ ;  $O_1K_1$ ;  $O_2K_2$ ) и сопоставить их с величиной возникающего при этом экономического эффекта, то окажется, что сумма эффектов второго (отрезок  $BO_1$ ) и третьего года (отрезок  $CA_1$ ) в нашем примере полностью окупает затраты на проведение мероприятия (отрезки  $OL$  и  $LN$ , соответствующие вели-

чине эффектов этих лет). Таким образом, затраты на мероприятие  $OK$  погашаются за три года, включая лаг (отрезок  $OA$ ). Полезный результат четвертого года (отрезок  $DO_2$  и соответствующий его величине отрезок  $NP$ ) в этом случае представляет собой чистый эффект. Если же повторное мероприятие начинать до окончания II стадии предшествующего цикла (на схеме — в точке  $O_1$ ), то затраты на его проведение, согласно принятым нами условиям, окупятся только через четыре года, причем суммарный эффект (отрезки  $C_1A_2$  и  $D_1O_3$ ) в этом случае лишь покрывает затраты (отрезки  $O_1N_1$  и  $N_1P_1$ ), чистый же эффект отсутствует. То же самое происходит и с последующим циклом  $O_2A_2B_2C_2\dots$ , если он также начинается до окончания II стадии предшествующего цикла.

Следовательно, поддержание эффекта на уровне его кульминации за счет более частого повторения соответствующих мероприятий ведет к сокращению общей суммы получаемого при этом экономического эффекта, а следовательно, к снижению эффективности затрат и увеличению срока их окупаемости.

Таким образом, наиболее рационально совмещение однородных мероприятий по варианту «б», когда лаг последующего цикла полностью укладывается в пределах III стадии предшествующего цикла.

В зависимости от длительности периода, в течение которого проявляется эффект лесохозяйственных мероприятий, последние разделены нами на четыре группы (в качестве эталонов времени приняты ревизионный период и оборот рубки): I — мероприятия с коротким периодом проявления эффекта, не превышающим половины ревизионного периода, т. е. до 5 лет. Сюда относятся рубки ухода в молодняках, некоторые виды лесозащиты и пр.; II — мероприятия с периодом проявления эффекта средней продолжительности (5—10 лет). Это — рубки прореживания, а также санитарные; III — мероприятия с длительным периодом проявления эффекта от 10 лет до периода, равного обороту рубки. В эту группу входят проходные рубки, содействие естественному возобновлению, реконструкция малоценных древостоев, применение удобрений и др.; IV — мероприятия, характеризующиеся переходящим эффектом, период проявления которого превышает оборот рубки. Сюда относится осушение лесных земель.

Важное значение имеет также устойчивость эффекта затрат, в качестве показателя которой нами принято отношение периода кульминации эффекта к общему периоду его проявления. Чем дольше сохраняется максимальный уровень эффекта затрат, тем выше его устойчивость, и наоборот. Повышение устойчивости эффекта увеличивает его массу, создаваемую за один и тот же период. По степени устойчивости создаваемого эффекта мы разделяем лесохозяйственные мероприятия на три категории: низкой, средней и высокой устойчивости, период кульминации которых составляет соответственно менее 25%, от 25 до 50% и свыше 50% общей продолжительности периода проявления эффекта.

Такие лесохозяйственные мероприятия, как лесовосстановление, реконструкция малоценных древостоев, лесосушение, создание всех видов лесомелиоративных насаждений, химическая борьба с вредными насекомыми, поражающими ассимиляционный аппарат деревьев, и ряд других дают эффект, отличающийся высокой устойчивостью. Низкой устойчивостью характеризуется, в основном, эффект санитарных рубок, проводимых в целях борьбы с грибными болезнями, и других меропри-



полнять с учетом изменения долговечности, износостойкости подшипников и шеек валов (цапф), затрат на изготовление и замену подшипников, а также возврата исходного материала, по следующей формуле:

$$\mathcal{E} = K_3 (C_3 - C_{3.в}) - C - P_3 \cdot 10^6 \frac{KB_3 - B}{B_3 B} + C_{ш} \tau \frac{10^6}{B} n_c \text{ р.},$$

где  $K_3$  — коэффициент замены;

$C_3$  — стоимость 1 т заменяемого материала, р.;

$C_{3.в}$  — денежные средства, полученные от возврата материала с 1 т заменяемых изделий, р.;

$C$  — стоимость 1 т древкомпозиций, р.;

$10^6$  — переводной коэффициент из тонны в граммы;

$P_3$  — затраты на изготовление детали из заменяемого материала, р.;

$K$  — отношение прямых затрат изготовления изделий из ДПК к таким же затратам на изготовление изделий из заменяемого материала (коэффициент изменения затрат на изготовление детали);

$C_{ш}$  — затраты на реставрацию шейки вала (цапфы) или его замены, р.;

$\tau$  — коэффициент удлинения или сокращения срока службы шейки вала (цапфы) при трении в паре с подшипником из ДПК по сравнению с заменяемым материалом;

$n_c$  — отношение срока службы шейки вала (цапфы) к сроку службы втулки или вкладыша из ДПК.

Древпластмассовые композиции еще не получили широкого использования в узлах машин и оборудования. Однако результаты исследований и применения древпластмасс различными предприятиями показывают, что технически целесообразно и экономически выгодно использовать материалы — заменители бронзы, текстолита, стали и чугуна — в машиностроении и ремонтном производстве.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Анненков В. Ф. Древесно-полимерные материалы и технология их получения. М., «Лесная промышленность», 1974. [2]. Винник Н. И. Исследование температурных режимов работы и производства подшипников из прессованной древесины. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. Воронеж, 1965. [3]. Глаголева Л. А., Рахлин И. В. Экономическая эффективность применения пластмасс в машиностроении. М., «Машиностроение», 1964. [4]. Ракин А. Г. Прессованная древесина и древесные пластики в машиностроении. Справочник М., «Машиностроение», 1965. [5]. Рахлин И. В. Экономика применения пластмасс в машиностроении. М., «Машиностроение», 1973. [6]. Рогачев В. И. Замена бронзы в подшипниках скольжения древесной пресскрошкой. БЭТИ ГОСИНТИ, 1967, № 5.

Поступила 6 декабря 1977 г.

УДК 634.0.375.5.003

## ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОПОЕЗДОВ С КОМБИНИРОВАННЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ

**А. И. ЛЕВША,** В. Ю. ЛОСЬ, В. Н. ХОЛОПОВ

Сибирский технологический институт

Предлагается вариант комбинированного оборудования для перевозки хлыстов и сыпучих дорожно-строительных материалов и определены зоны эффективного применения автопоездов с комбинированным оборудованием.

В настоящее время лесовозные автомобили с ролл-оверами работают только с односторонней загрузкой, и коэффициент использования пробега автомобиля составляет 0,5.

В Красноярском крае на вывозке леса применяют в основном автомобили МАЗ-509 и КраЗ-255Л, а на строительстве и содержании лесовозных дорог МАЗ-503, КраЗ-255 и ЗИЛ-ММЗ-555. Как показывает практика лесозаготовительных предприятий, в зимнее время большинство автомобилей переоборудуют для использования на вывозке леса, в летнее — для перевозки гравия, что ведет к дополнительным расходам материалов и времени, к удорожанию строительства дорог.

В Сибирском технологическом институте на кафедре тяговых машин разработан вариант комбинированного оборудования к автопоезду КраЗ-255Л+ТМЗ-803, позволяющего перевозить как хлысты, так и гравий с механической разгрузкой последнего.

В настоящей работе проводится сравнение двух вариантов вывозки леса и перевозки гравия для создания запаса его, например на обочинах дорог или в местах погрузки леса.

Первый вариант — базовый: вывозка леса автопоездами КраЗ-255Л+ТМЗ-803 на расстояние 10—100 км и перевозка гравия по лесовозной дороге на расстояние 10—50 км самосвалами МАЗ-503 с заходом в карьер за гравием на расстояние 0—5 км от лесовозной дороги.

Второй вариант — внедряемый: вывозка леса автопоездами КраЗ-255Л+ТМЗ-803 с комбинированным технологическим оборудованием на то же расстояние и перевозка гравия в направлении лесосеки этим же автопоездом с заходом в карьер.

Технологические схемы использования автопоезда с комбинированным оборудованием представлены на рис. 1. Расход ГСМ при перевозке гравия автопоездом с комбинированным оборудованием рассчитан так же, как и для базового варианта (10—50 км).

Производительность по базовому варианту и экономическую эффективность обоих вариантов определяли по действующей инструкции\*.

\* Отраслевая инструкция определения экономической эффективности новой техники в лесозаготовительной промышленности. Химки, 1975.

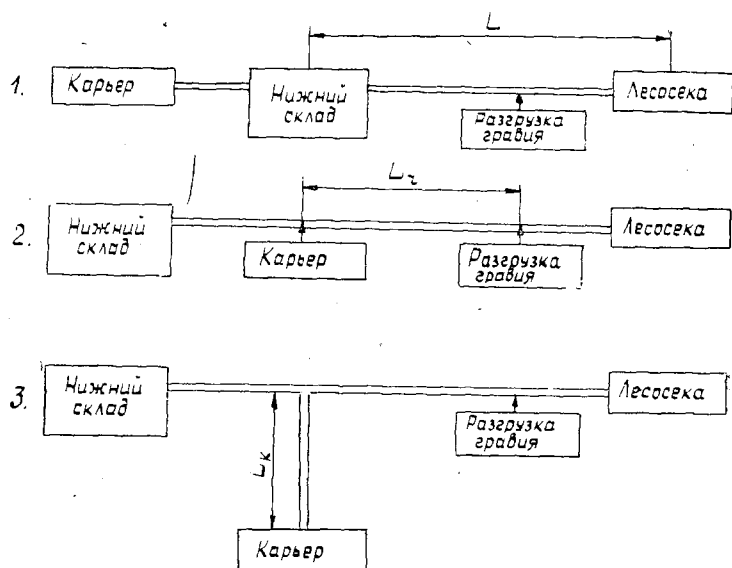


Рис. 1. Технологические схемы использования лесовозного автопоезда с комбинированным технологическим оборудованием.

Производительность на вывозке леса и перевозке гравия автопоезда с комбинированным технологическим оборудованием находили по формуле

$$P_{\text{см}} = \frac{420 - t_{\text{пз}}}{L t_1 + t_2 + t_3 + (L_k t_1 + t_4 + t_5)} Q_{\text{гр}}$$

где  $P_{\text{см}}$  — производительность автопоезда при вывозке леса (гравия),  $\text{м}^3$ ;

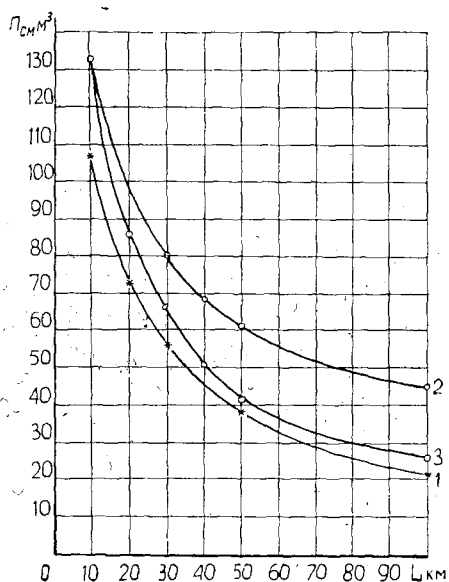


Рис. 2. Суммарная производительность при перевозке хлыстов и гравия.

1 — КрАЗ-255Л с комбинированным оборудованием + ТМЗ-803; 2, 3 — КрАЗ-255Л + ТМЗ-803 и автосамосвал МАЗ-503, перевозка гравия соответственно на 10 и 50 км по трассе (карьер расположен у лесовозной дороги).

$Q_{гр}$  — рейсовая нагрузка (на вывозке леса  $27 \text{ м}^3$ , на перевозке гравия —  $4 \text{ м}^3$ );

$t_{пз}$  — подготовительно-заключительное время, мин;

$L$  — расстояние от нижнего склада до лесосеки, км;

$t_1$  — время проезда  $1 \text{ км}$  в обоих направлениях, мин;

$t_2$  — время погрузки леса, мин;

$t_3$  — время разгрузки леса, мин;

$L_k$  — расстояние от лесовозной дороги до карьера, км;

$t_4$  — время въезда в карьер, погрузки  $4 \text{ м}^3$  гравия и выезда из карьера, мин;

$t_5$  — время разгрузки гравия, мин.

Суммарную производительность базового варианта и автопоезда с комбинированным оборудованием можно сравнить по графику, представленному на рис. 2. Из графика видно, что суммарная сменная производительность базового варианта (в кубометрах леса и гравия) значительно превышает производительность комбинированного оборудования при работе самосвала МАЗ-503 на расстоянии  $10\text{--}30 \text{ км}$ . При увеличении расстояния вывозки леса и перевозки гравия разница в производительности снижается до  $5\text{--}6 \text{ м}^3$ .

Сравнение экономической эффективности автопоезда с комбинированным оборудованием и базового варианта производили для технологической схемы 2 (рис. 1). При этом принимали во внимание 24 случая; некоторые из них приведены в табл. 1.

Таблица 1

Номер варианта	Расстояние перевозки, км	
	Лес	Гравий
1	20	10
2	30	20
3	40	30
4	50	50
5	60	50
6	100	40
7	100	50

Таблица 2

Вариант	Номер варианта сравнения	Сменная производительность, $\text{м}^3$	Выработка на 1 чел.-дн, $\text{м}^3$	Всего эксплуатационных затрат, р./см.	Удельные эксплуатационные расходы, р./ $\text{м}^3$	Капитальные вложения, тыс. р.	Удельные капитальные вложения, р./ $\text{м}^3$	Годовой экономический эффект, тыс. р.
Базовый	1	97,40	48,70	56,95	0,58	21,986	0,047	
	2	71,00	35,50	61,50	0,87		0,065	
	3	53,40	26,70	62,39	1,15		0,037	
	4	42,40	21,20	63,59	1,50		0,104	
	5	37,30	18,60	64,30	1,72		0,124	
	6	27,40	13,70	65,64	2,40		0,169	
	7	26,00	13,00	65,85	2,53		0,179	
С комбинированным оборудованием	1	72,50	72,50	37,58	0,52	16,941	0,049	2,4
	2	55,65	55,65	40,37	0,72		0,064	4,8
	3	45,16	45,16	41,50	0,92		0,079	5,9
	4	38,16	38,16	43,34	1,13		0,090	8,4
	5	32,75	32,75	44,26	1,34		0,108	7,4
	6	21,30	21,30	46,20	2,16		0,167	2,8
	7	21,30	21,30	46,20	2,16		0,167	4,6

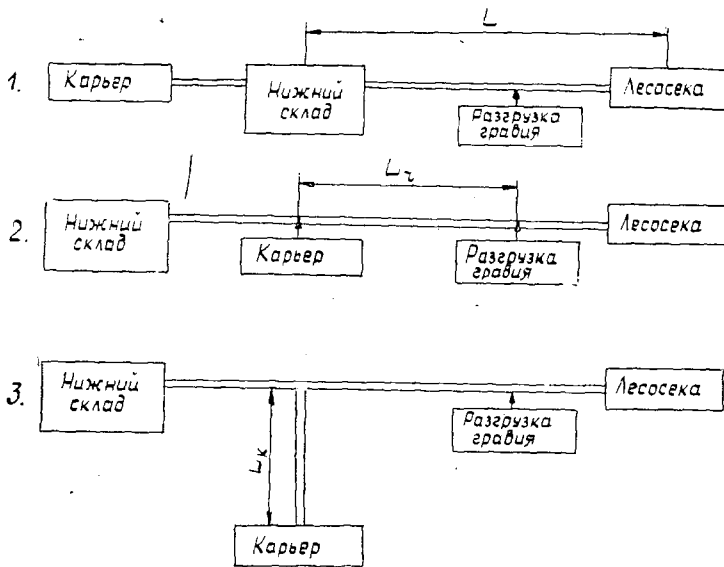


Рис. 1. Технологические схемы использования лесовозного автопоезда с комбинированным технологическим оборудованием.

Производительность на вывозке леса и перевозке гравия автопоезда с комбинированным технологическим оборудованием находили по формуле

$$P_{\text{см}} = \frac{420 - t_{\text{пз}}}{L t_1 + t_2 + t_3 + (L_k t_1 + t_4 + t_5)} Q_{\text{гр}}$$

где  $P_{\text{см}}$  — производительность автопоезда при вывозке леса (гравия), м<sup>3</sup>;

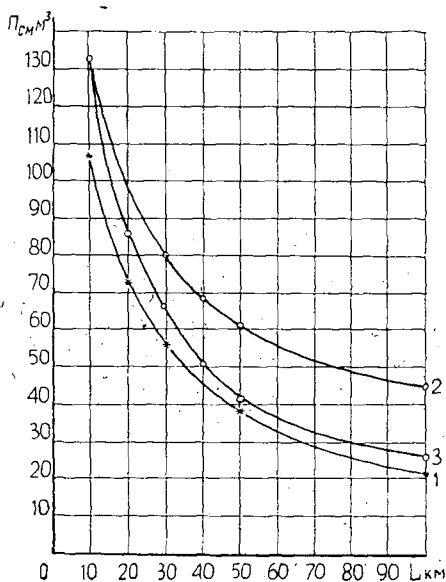


Рис. 2. Суммарная производительность при перевозке хлыстов и гравия.

1 — КрАЗ-255Л с комбинированным оборудованием + ТМЗ-803; 2, 3 — КрАЗ-255Л + ТМЗ-803 и автосамосвал МАЗ-503, перевозка гравия соответственно на 10 и 50 км по трассе (карьер расположен у лесовозной дороги).

$Q_{rp}$  — рейсовая нагрузка (на вывозке леса  $27 \text{ м}^3$ , на перевозке гравия —  $4 \text{ м}^3$ );

$t_{пз}$  — подготовительно-заключительное время, мин;

$L$  — расстояние от нижнего склада до лесосеки, км;

$t_1$  — время проезда 1 км в обоих направлениях, мин;

$t_2$  — время погрузки леса, мин;

$t_3$  — время разгрузки леса, мин;

$L_k$  — расстояние от лесовозной дороги до карьера, км;

$t_4$  — время въезда в карьер, погрузки  $4 \text{ м}^3$  гравия и выезда из карьера, мин;

$t_5$  — время разгрузки гравия, мин.

Суммарную производительность базового варианта и автопоезда с комбинированным оборудованием можно сравнить по графику, представленному на рис. 2. Из графика видно, что суммарная сменная производительность базового варианта (в кубометрах леса и гравия) значительно превышает производительность комбинированного оборудования при работе самосвала МАЗ-503 на расстоянии 10—30 км. При увеличении расстояния вывозки леса и перевозки гравия разница в производительности снижается до  $5\text{—}6 \text{ м}^3$ .

Сравнение экономической эффективности автопоезда с комбинированным оборудованием и базового варианта производили для технологической схемы 2 (рис. 1). При этом принимали во внимание 24 случая; некоторые из них приведены в табл. 1.

Таблица 1

Номер варианта	Расстояние перевозки, км	
	Лес	Гравий
1	20	10
2	30	20
3	40	30
4	50	50
5	60	50
6	100	40
7	100	50

Таблица 2

Вариант	Номер варианта сравнения	Сменная производительность, $\text{м}^3$	Выработка на 1 чел.-дн., $\text{м}^3$	Всего эксплуатационных затрат, р./см.	Удельные эксплуатационные расходы, р./ $\text{м}^3$	Капитальные вложения, тыс. р.	Удельные капитальные вложения, р./ $\text{м}^3$	Годовой экономический эффект, тыс. р.
Базовый	1	97,40	48,70	56,95	0,58	21,986	0,047	
	2	71,00	35,50	61,50	0,87		0,065	
	3	53,40	26,70	62,39	1,15		0,037	
	4	42,40	21,20	63,59	1,50		0,104	
	5	37,30	18,60	64,30	1,72		0,124	
	6	27,40	13,70	65,64	2,40		0,169	
	7	26,00	13,00	65,85	2,53		0,179	
С комбинированным оборудованием	1	72,50	72,50	37,58	0,52	16,941	0,049	2,4
	2	55,65	55,65	40,37	0,72		0,064	4,8
	3	45,16	45,16	41,50	0,92		0,079	5,9
	4	38,16	38,16	43,34	1,13		0,090	8,4
	5	32,75	32,75	44,26	1,34		0,108	7,4
	6	21,30	21,30	46,20	2,16		0,167	2,8
	7	21,30	21,30	46,20	2,16		0,167	4,6

Сводные показатели экономической эффективности по сравниваемым вариантам приведены в табл. 2.

Результаты определения экономической эффективности автопоезда с комбинированным оборудованием показывают, что последний экономичнее как по эксплуатационным затратам, так и по капиталовложениям и может быть рекомендован к эксплуатации в указанных условиях (рис. 3).

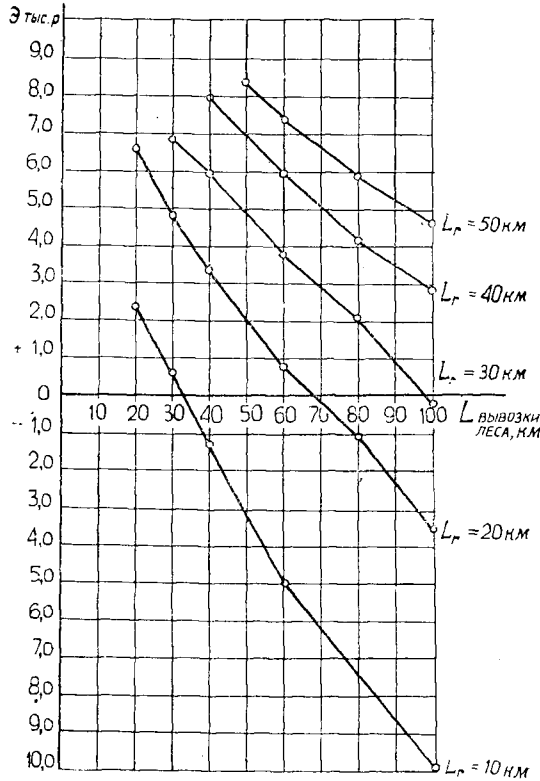


Рис. 3. Годовой экономический эффект  $\mathcal{E}$  применения автопоезда с комбинированным технологическим оборудованием в зависимости от расстояний перевозки леса  $L$  и гравия  $L_r$ .

Внедрение автопоезда с комбинированным кузовом позволяет увеличить выработку на списочный автомобиль в среднем на 30% и одновременно уменьшить количество занятых основных рабочих.

Поступила 6 декабря 1977 г.

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 634.0.81

О ВЛИЯНИИ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПОЛОЖЕНИЯ  
НА АНАТОМИЧЕСКУЮ СТРУКТУРУ КОРЫ  
ЛИСТВЕННИЦЫ ДАУРСКОЙ

В. М. ЕРЕМИН, С. В. СИВАК

Воронежский лесотехнический институт

Гистологический состав, топография тканей, форма кристаллов, характер смолоремеслящих первичной коры, тип склероид, структура феллемы не испытывают влияния географического положения и являются диагностическими признаками на уровне рода.

Влияние экологических условий на структуру коры практически не изучено. Необходимость же подобных исследований сомнению не подлежит, поскольку для решения многих теоретических и практических вопросов нужно знать диагностические признаки анатомической структуры. При этом важно разграничить признаки, подверженные влиянию факторов внешней среды и не испытывающие его.

На примере лиственницы даурской (*Larix dahurica* Turcz.) мы исследовали изменение анатомической структуры коры в зависимости от географического положения, под которым понимаем целый комплекс факторов внешней среды: температуру почвы и воздуха, количество осадков, длительность вегетационного периода, уровень грунтовых вод, обеспеченность элементами минерального питания и т. д. Вполне естественно, что невозможно в природных условиях выделить влияние одного какого-то фактора, но совокупность их позволяет говорить об условиях произрастания более или менее благоприятных и неблагоприятных.

Для исследования были отобраны модельные деревья лиственницы даурской в окрестностях следующих пунктов: с. Жиганска Якутской АССР (30 км севернее Полярного Круга, примерно 67° с. ш.), г. Якутска (62° с. ш.) и пос. Тыгды Амурской области (примерно 53° с. ш.). Различия в климатических факторах в указанных пунктах довольно значительные: если в Жиганске средние температуры января и июля составляют  $-38^{\circ}\text{C}$  и  $+12,6^{\circ}\text{C}$ , среднее количество осадков — 173 мм, а длительность вегетационного периода равна 150 дн., то в Тыгде эти показатели соответственно равны:  $-26^{\circ}\text{C}$ ,  $+20^{\circ}\text{C}$ , 450 мм и 201 дн. Кроме того, на территории Якутии, находящейся в зоне вечной мерзлоты, почва оттаивает на разную глубину: в Жиганске — на 50—60 см, в Якутске — на 80—150 см. В Амурской области вечная мерзлота не имеет сплошного распространения, и лизы ее расположены на значительной глубине.

В указанных пунктах отбирали по 2—5 модельных деревьев с учетом идентичности макро- и микрорельефа и в наиболее распространенных типах леса: лиственный разнотравно-злаковый (Тыгда), лиственный зеленомошно-брусничный (Якутск) и лиственный багульниково-брусничный (Жиганск).

Образцы коры 1- и 2-летних побегов и ствольной части (в середине верхней трети ствола, в середине ствола и на высоте 1,3 м) были отобраны в октябре 1969 г. и в августе 1976 г. и зафиксированы в 96%-ном спирте. На санном микротоме с замораживающим столиком из образцов готовили продольные и поперечные срезы, а из них — по обычной методике — постоянные препараты. Последние исследовали на световых микроскопах МБИ-6 и МВ-30.

Результаты анализа препаратов и данные измерений подтверждают тесную зависимость количественных характеристик элементов коры от географического положения, при этом гистологический состав коры и топография тканей остаются без изменения. Прежде всего, у деревьев почти одного и того же возраста наблюдается резкое различие в общей толщине коры, а так как наиболее развитая ткань коры — вторичный луб — является производной камбия, есть основание говорить о различной деятельности камбия в разных условиях: с продвижением на север эта образовательная ткань функционирует менее интенсивно. Это подтверждается и количеством ситовидных клеток в радиальном ряду годичного слоя луба (проводящий луб) — табл. 1. В самой северной точке количество ситовидных клеток, откладываемых ежегодно, вдвое меньше, чем в самой южной. В соответствии с этим при продвижении с севера на юг увеличивается и ширина проводящего луба. Такое явление совершенно



## Характеристика элементов коры

Показатель	Жиганск			Якутск			Тыгда		
	Побег второго года	Середина ствола	На высоте 1,3 м	Побег второго года	Середина ствола	На высоте 1,3 м	Побег второго года	Середина ствола	На высоте 1,3 м
Общая толщина коры, мм	0,75	5—6	6—7	1,4—1,5	6—8	10—12	1,0—1,4	6,0—10,5	10—13
Толщина листовых подушек, мкм	200	—	—	250—300	—	—	250—300	—	—
Ширина первичной коры, мкм	200	—	—	500—600	—	—	300—400	—	—
Ширина повторных перидерм, мкм	—	300—400	250—300	—	120—150	200—250	—	200	До 1 мм
Расстояние между повторными перидермами, мм	—	0,6—0,8	0,8—1,5	—	1—2	1—2	—	1—2	2—4
Толщина корки, мм	—	2—3	3—4	—	3—4	7—9	—	4—8	8—10
Ширина проводящего луба, мкм	105	100	10—110	150—180	300—320	300—320	130—150	380—400	300—350
Число ситовидных клеток в радиальном ряду проводящего луба, шт.	7—8	6—7	6—7	13—15	10—12	12	13—15	10—12	10—12
Длина ситовидных клеток, мкм	638±18	2250±55	1980±27	620±15	2525±75	2810±95	790±16	2900±100	2770±85
Тангентальный размер ситовидных клеток, мкм	17±0,3	35±1,5	33±1,1	24±0,8	30±0,9	33±1,1	22±0,8	40±1,5	35±1,4
Достоверность средней величины	57	23	30	30	33	30	25	26	25
Радиальный размер ситовидных клеток, мкм.	9±0,2	26±0,8	26±0,9	11±0,3	21±0,6	18±0,5	14±0,3	27±1,2	25±0,9
Достоверность средней величины	45	32	29	37	35	36	47	22	28
Число склеренд на 1 мм <sup>2</sup> , шт. поперечного среза	—	20	15—24	15—18	30—40	50—60	10—15	10—18	11—30
тангентального среза вторичного луба:									
клеток с кристаллами лубяных лучей	10—15 60—80	1—2 33—35	5—6 31—35	20—25 80—90	6—7 30—35	5—7 31—35	15—20 70—90	18—20 45—50	25—30 30—45
Число смолеместий на весь поперечный срез, шт.	3	—	—	16—20	—	—	21—25	—	—
Отношение числа ситовидных клеток к числу трахеид в годичном слое	$\frac{7}{18}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{15}{70}$	$\frac{12}{34}$	$\frac{12}{30}$	$\frac{13}{45}$	$\frac{10}{45}$	$\frac{12}{45}$

естественно, так как чем севернее находится растение, тем хуже условия для протекания важнейших физиологических процессов: ассимиляции, поглощения воды, транспирации, транспорта ассимилятов и т. д. С изменением условий меняются и параметры ситовидных элементов, а также степень развития других тканей коры, не являющихся производными камбия: листовых подушек и первичной коры.

При формировании корки повторные перидермы, оставаясь без изменения в структурном отношении, в северных условиях закладываются на меньшем расстоянии друг от друга. В очень широких пределах варьирует количество склерид на единицу площади среза, но их форма остается прежней. В более северных условиях уменьшается количество кристаллоносной паренхимы, что объясняется менее интенсивными процессами метаболизма, протекающими к тому же в более короткие сроки. Форма и размеры кристаллов оксалата кальция однотипны для всех условий.

Если в количестве горизонтальной паренхимы резких различий не наблюдается, то количество вертикальной паренхимы изменяется значительно: в условиях Жиганска в каждом годичном слое откладывается только одна тангентальная прослойка клеток паренхимы, в районе Тыгды — уже три. Значительно (в 5—6 раз) снижается на севере количество шаровидных смолеместилец в первичной коре, структура же их остается без изменения.

При анализе препаратов мы обнаружили, что с продвижением на север резко изменяется соотношение между элементами древесины и луба, откладываемыми ежегодно. На севере оно минимально, а зачастую элементов луба откладывается даже больше, чем элементов древесины. Вероятно, с ухудшением условий обитания это можно наблюдать у всех пород, так как такое же явление обнаружено нами при исследовании коры деревьев ели обыкновенной и финской, сосны обыкновенной, взятых на разных широтах, и сосны крючковатой и ели восточной, отобранных на разных высотах над уровнем моря. Явление это вполне объяснимо, так как с продвижением на север резко сокращается транспирация и нет необходимости в формировании большого количества водопроводящих тканей, с одной стороны, и значительно снижается производительность фотосинтеза, а следовательно, и количество органического вещества, расходуемого на образование древесины, с другой.

Итак, географическое положение, а значит, и условия внешней среды, влияют на количественную характеристику элементов и тканей коры (за исключением горизонтальной паренхимы), на соотношение откладываемых камбием элементов древесины и луба.

Остаются без изменения следующие признаки анатомического строения коры, являющиеся диагностическими на уровне рода: гистологический состав, топография тканей, форма кристаллов, характер расположения вертикальной паренхимы, характер смолеместилец первичной коры, тип склерид и структура феллемы.

УДК 634.0.524.31

## О СОСТАВЛЕНИИ ТАБЛИЦ ОБЪЕМОВ МАЛОМЕРНЫХ СТВОЛОВ

Л. Н. ТОЛКАЧЕВ

БелНИИЛХ

Рассматриваются применение методики В. К. Захарова и специфика составления объемных таблиц для молодняков.

Основной вопрос при составлении объемных таблиц — изучение формы древесного ствола, определяющей его полнодревесность. При исследовании формы крупномерных деревьев обычно применяют коэффициенты формы и видовые числа, дающие некоторое представление о форме ствола. Однако при изучении формы маломерных стволов эти таксационные показатели не могут быть применены вследствие сильной зависимости их от высоты. Сложно также использовать видовые числа как редуцирующий фактор объема. Во-первых, из-за большого варьирования их при малых высотах (20% и больше) необходимо располагать значительным исходным материалом; во-вторых, определенную трудность представляет правильный подбор уравнения связи их с высотой. Обычно применяемое уравнение гиперболы довольно жесткое и не может быть унифицированным для аппроксимации этой связи. Связь  $hf$  с  $h$  для высот меньше 5 м не является линейной. Необходимо также учитывать зависимость видовых чисел и от диаметров стволов на высоте груди. По нашим данным, такая зависимость наблюдается у стволов высотой до 7 м, поэтому требуется установить множественную корреляцию видовых чисел от высот и диаметров. Зависимость формы

маломерных стволов от их размеров отмечали многие авторы [2, 5]. Все сказанное значительно усложняет составление таблиц объемов маломерных стволов.

В связи с этим, для изучения формы маломерных стволов дуба и составления таблиц объемов стволов мы обмеряли модельные деревья и результаты обрабатывали по методике В. К. Захарова [1]. Модельные деревья брали на пробных площадях, заложенных в культурах дуба различных способов создания и размещения и имеющих возраст от 5 до 40 лет.

В процессе обработки исходного материала (1168 моделей) было выяснено, что способ создания не влияет на форму ствола, выраженную в относительных величинах по относительным высотам. Критерий существенности различия значительно меньше 3 (по распределению Стьюдента). В то же время была обнаружена зависимость формы ствола от высоты.

По  $t$ -критерию Стьюдента были установлены группы по высоте с однородным сбегом. В пределах исследованных высот были выделены три такие группы: 2,0—8,0 м; 8,1—12,0 м и 12,1—19,0 м. Объемы стволов одинаковых размеров, вычисленные по двум смежным группам сбega, имеют различие около 6%. В связи с этим, при составлении объемных таблиц были использованы следующие линейные уравнения, характеризующие связь показателей сбega на относительных высотах с высотой ствола:

$$\text{у основания ствола} \quad y = 125,34 + 1,182h \quad (r = 0,983); \quad (1)$$

$$\text{на } 0,2 h \quad y = 87,37 + 0,252h \quad (r = 0,880); \quad (2)$$

$$\text{на } 0,3 h \quad y = 76,23 + 0,554h \quad (r = 0,954); \quad (3)$$

$$\text{на } 0,4 h \quad y = 66,88 + 0,732h \quad (r = 0,970); \quad (4)$$

$$\text{на } 0,5 h \quad y = 57,01 + 0,851h \quad (r = 0,977); \quad (5)$$

$$\text{на } 0,6 h \quad y = 48,35 + 0,691h \quad (r = 0,976); \quad (6)$$

$$\text{на } 0,7 h \quad y = 39,97 + 0,324h \quad (r = 0,868); \quad (7)$$

$$\text{на } 0,8 h \quad y = 29,16 + 0,087h \quad (r = 0,433); \quad (8)$$

$$\text{на } 0,9 h \quad y = 18,49 + 0,160h \quad (r = -0,651). \quad (9)$$

На рис. 1 графически показано изменение показателей сбega в зависимости от высоты стволов по всем относительным высотам. На относительной высоте 0,8  $h$  сбег практически не зависит от высоты ствола, а на 0,9  $h$  — с ростом высоты увеличивается.

Зависимость формы, выраженной в относительных величинах, от размеров стволов подтверждается рядом авторов [3, 4, 6].

Для составления объемных таблиц по методике В. К. Захарова необходимо перейти от диаметров на высоте груди к диаметрам на 0,1  $h$ . В. К. Захаров и другие исследователи установили тесную линейную связь между указанными диаметрами для крупномерных деревьев. По нашим данным, связь между ними характеризуется коэффициентом корреляции, равным 0,993. Для маломерных стволов использовать линейное уравнение не представляется возможным. При одном и том же диаметре на 1,3 м с изменением высоты стволов диаметр на 0,1  $h$  может быть ниже или выше таксационного, или совпадать с ним. С увеличением высоты его значение уменьшается. Линейное же уравнение зависимости между диаметрами на 0,1  $h$  и на 1,3 м дает только одно значение диаметра на 0,1  $h$  для всех высот [6].

Следовательно, для отыскания истинного уравнения связи между двумя диаметрами необходимо подобрать уравнение множественной регрессии между ними и высотой. Множественный коэффициент корреляции между этими показателями оказался равным 0,929.

Для установления характера связи нами были исследованы два уравнения:

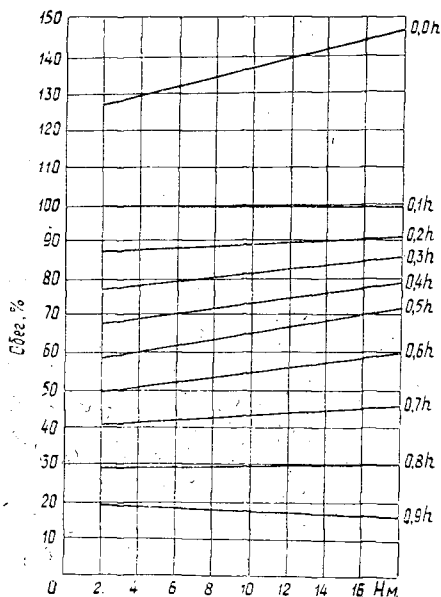


Рис. 1. Зависимость показателей относительного сбega стволов от их высот.

$$y = a_0 + a_1x + a_2z + a_3xz + a_4x^2 + a_5z^2; \quad (10)$$

$$y = a_0x^{\alpha_1}z^{\alpha_2}. \quad (11)$$

Оба уравнения для всех наблюдений в целом не дали удовлетворительного результата. По уравнению (10) были получены результаты, близкие к опытным лишь для стволов с диаметром до 9 см на высоте груди.

С той же целью был применен и способ Джурджу [7], по которому исследовали связь между величиной  $K = \frac{d_{0,1}}{d_{1,3}}$  и высотой. Такая связь у крупномерных стволов выражается уравнением второго порядка. Установив показатели  $K$ , можно легко перейти к  $d_{0,1}$  по заданным  $d_{1,3}$  и высоте стволов.

Вычисление значений  $K$  по нашим данным показало, что у деревьев с одинаковыми высотами и разными диаметрами на высоте груди они различны. Эта разница наблюдается у стволов высотой до 7 м. Значения  $K$  уменьшаются с увеличением диаметров. Для высот 7—8 м такое уменьшение незначительно, а при дальнейшем увеличении высот стволов эти значения практически одинаковы. Следовательно, лишь начиная с высот стволов от 7 м и выше, представляется возможным исследовать зависимость средних значений  $K$  от высоты, которая и в нашем случае выражается также уравнением второй степени.

Из этого можно заключить, что связь между  $d_{0,1}$ ,  $d_{1,3}$  и  $h$  при различных размерах деревьев не однородна, поэтому подбор одного уравнения регрессии между ними — дело весьма сложное.

Для перехода от диаметров на 1,3 м к диаметрам на относительных высотах нами были использованы два уравнения: для стволов высотой до 7 м

$$d_{0,1} = 0,927 + 1,02d_{1,3} + 0,0002h + 0,0333d_{1,3}h - 0,01685d_{1,3}^2 - 0,02248h^2;$$

для стволов выше 7 м

$$d_{0,1} = d_{1,3}(1,32 - 0,035h + 0,00082h^2).$$

Приведенные уравнения дали положительные результаты.

С учетом сказанного нами были составлены таблицы объемов маломерных стволов.

Таким образом, составление таблиц объемов маломерных стволов значительно отличается от аналогичной работы для крупномерных стволов. При использовании для этой цели метода В. К. Захарова необходимо собрать больший экспериментальный материал, поскольку сбеги стволов зависят от их размеров. Основную трудность представляет подбор уравнения связи между  $d_{0,1}$ ,  $d_{1,3}$  и  $h$ . Вычисленные отношения

$K = \frac{d_{0,1}}{d_{1,3}}$  для одинаковых высот и разных диаметров показывают, что для деревьев

высотой до 7 м и выше эта связь имеет различный характер, что затрудняет, а возможно, и исключает подбор одного уравнения такой зависимости.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Захаров В. К. Новое в методике исследования формы древесных стволов и составления таблиц объема и сбега. — Сборник научных работ Института леса АН БССР. Вып. 6. 1955. [2]. Захаров В. К. Лесная таксация. М., «Лесная промышленность», 1967. [3]. Ипатов Л. Ф. О форме стволов сосны в молодняках. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1970, № 4. [4]. Кулешис А. А. Влияние разных факторов на форму стволов сосны обыкновенной. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1972, № 4. [5]. Моисеенко Ф. П. Закономерности в росте, строении и товарности насаждений. Доклад, обобщающий содержание научных работ (вместо автореферата) на соискание ученой степени доктора с.-х. наук. Киев, 1965. [6]. Смирнов Н. Т. О методе В. К. Захарова по составлению таблиц объемов и сбега. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1970, № 4. [7]. Giurgin V. Algoritmi pentru calculul dendrometric. Editura CDF. Bucuresti, 1965.

УДК 631.55:634.733

## К ВОПРОСУ ОБ УРОЖАЙНОСТИ ЧЕРНИКИ В СОСНЯКЕ ЧЕРНИЧНОМ СРЕДНЕЙ ПОДЗОНЫ ТАЙГИ

Л. Е. АСТРОЛОГОВА

Архангельский лесотехнический институт

Двухлетние наблюдения за плодоношением черники показали, что урожайность ее сильно варьирует в зависимости от времени учета и по годам. Как в урожайные, так и в неурожайные годы наиболее продуктивны кусты 3—7-летнего возраста.

В настоящее время все более актуальными становятся проблемы рационального и комплексного освоения природных ресурсов. Дикорастущие ягодные кустарнички — компоненты наиболее распространенных лесных сообществ таежной зоны, играющие важную роль как с фитоценотической точки зрения, так и в качестве лекарственного и пищевого сырья. Однако сведения об их ресурсах на территории Европейского Севера, особенно в условиях средней и северной тайги, далеко не полны.

Урожайность *Vaccinium myrtillus* L. в сосняках черничных северной подзоны тайги Архангельской области, по данным И. Н. Лукина [6, 7], колеблется от 59 до 285 кг/га, а в Южной Карелии, по исследованиям Т. В. Белоноговой [3], — от 48 до 172 кг/га. Урожайность ягодников непостоянна даже в одном типе леса. На нее оказывают влияние освещенность, нанорельеф и другие факторы среды. Работами С. Я. Тюлина [9, 10] показано, что для черники оптимальная освещенность составляет 60% от полной. По мнению ряда авторов ([1, 2, 4] и др.), наибольшая степень плодоношения черники характерна для древостоев с полнотой 0,6—0,7. Климатические и метеорологические факторы тоже воздействуют на степень плодоношения ягодников. По данным А. А. Шиголева [12], древесные, кустарниковые и травянистые растения умеренного климата прекращают развитие при температуре, близкой к +5°C; активными температурами считаются +10°C и выше.

Н. Л. Зайцева и Т. Г. Воронова [5] отмечали, что в ельниках среднетаежной зоны Карелии черника начинает плодоносить в возрасте 4 лет; наиболее продуктивны растения в 8—11 лет. Исследования показывают, что не из всех генеративных почек черники формируются плоды. По наблюдениям А. Ф. Черкасова [11], количество плодов черники составляет 5—18% от числа цветков, а по данным Л. К. Рауса [8], — до 30% от числа завязей. Улучшение плодоношения черники в оптимальных условиях в значительной степени связано с увеличением числа ягод и в меньшей — с изменением веса отдельных ягод [10]. Сырая масса 100 ягод черники, как указывает Т. В. Белоногова [2], в сосняках Южной Карелии составила 27—35 г.

Наши наблюдения за урожайностью черники проводились в течение летних сезонов 1974 и 1975 гг. на территории учебно-опытного лесхоза Архангельского лесотехнического института, расположенного на северо-западе средней подзоны тайги, в сосняке черничном свежем, VIII класса возраста; состав древостоя 10С+Лц, Е, Б; полнота 0,6. В напочвенном покрове, общее покрытие которого составляет 1, преобладают черника (0,6) и брусника *Vaccinium vitis idaea* L. Среди мхов доминирует *Pleurozium Schreberi* Mitt. Почва — маломощный, глееватый, песчаный подзол, развивающийся на супеси, подстилаемой на глубине тяжелым моренным суглинком.

При учете урожая ягод черники по диагонали пробной площади (0,4 га) закладывали площадки размером 1 × 1 м в количестве 50 шт. На них определяли относительную высоту кустарничков, высоту расположения основной массы ягод и их количество. Около учетных площадок срезали модельные растения (100 шт.), у которых с помощью бичокуляра МБС-1 определяли возраст путем подсчета годичных колец на трезах в нижней части стебля у подстилки, т. е. возраст надземной части растений черники. На модельных растениях учитывали число ягод, а также длину и ширину листьев в средней части побегов (не менее 20 шт.).

Сбор ягод на пробной площади в 1974 г. проводили дважды: 25 июля (начало созревания плодов) и 10 августа (период массовой зрелости ягод черники). В июле было учтено 1965 ягод, что в весовых показателях составляет 60 кг/га. 25% учетных ягод оказались зелеными. Из всех площадок неурожайными были только 6. В размещении обильно плодоносящих кустиков наблюдалась приуроченность к обнам в пологе древостоя; если их количество принять за 100%, то под деревьями находилось лишь 4%. До 60% ягод черники образуется на положительных элементах нанорелье-

фа, в понижениях — только 2%, причем большая часть ягод на момент учета в понижениях были зелеными.

Урожайность черники по данным учета на 50 площадках, проведенного в августе 1974 г., оказалась на 28% выше данных июльского учета (табл. 1).

Таблица 1

Дата наблюдений	Высота, см		Масса 100 ягод, г	Урожай, кг/га
	куста	расположения ягод		
25 июля 1974 г.	28,2±1,3	18—25	18,7±2,1	60,0
10 августа 1974 г.	—	—	23,0±3,2	83,2
25 июля 1975 г.	24,7±0,25	22,1±0,3	15,5±1,6	6,3

Урожай черники в 1975 г. был в несколько раз ниже, чем в 1974 г. (табл. 1), а процент зеленых ягод в июле составил более половины урожая. Из 50 учетных площадок только на 34 имелись плоды. Если в 1974 г. в среднем на модельное растение приходилось 7 ягод, то в 1975 г. — 2. В среднем на одно растение в 1975 г. цветков было зафиксировано почти в 2 раза меньше, а плодов в 3,5 раза меньше, чем в предыдущем году. На такие резкие колебания урожайности черники оказывают влияние погодные условия, особенно температурный режим июня — июля (рис. 1).

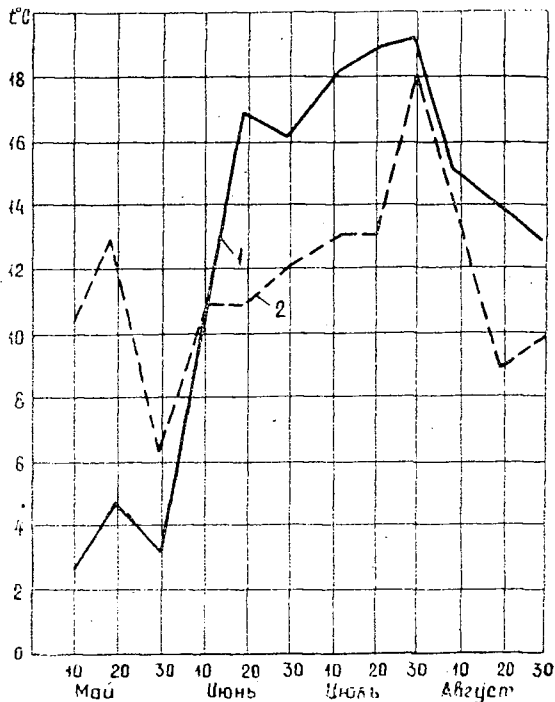


Рис. 1. Средние температуры воздуха по декадам в летний период 1974—1975 гг.

1 — 1974 г.; 2 — 1975 г.

Высота кустиков черники и относительный уровень расположения основной массы ягод в рассмотренные годы оказались довольно стабильными (табл. 1), что важно при хозяйственной оценке урожайности. Масса ягод черники в рассмотренные годы колебалась незначительно (табл. 1), несмотря на резкие изменения в урожайности вида. Наблюдения за плодоношением черники в течение двух лет показали, что наибольшее количество ягод как в урожайном, так и неурожайном годах давали растения 3—7-летнего возраста. Из учетных в 1975 г. модельных кустиков черники 81 растение имело возраст 3—6 лет, 17 — 7—10 лет и 2 — 2 года. Среди исследованных

моделей 62 экземпляра были с плодами (табл. 2). Наибольшей урожайностью отличались 3—6-летние растения, у которых одна треть ягод образовалась на кустиках 5-летнего возраста (табл. 2). Среди 7—8-летних побегов плодоносящих было мало, и число ягод на них меньше (табл. 2). Учетные 9—10-летние растения плодов не имели.

Таблица 2

Возраст куста, лет	Число ягод на кустике	Число кустиков с ягодами	Длина листа, мм	Ширина листа, мм
3	25	13	14,8±0,60	9,5 ±0,40
4	25	12	13,9±0,62	8,45±0,39
5	44	16	15,8±0,57	9,6 ±0,36
6	32	11	16,1±0,60	9,4 ±0,41
7	23	7	14,0±0,9	9,6 ±0,60
8	6	3	14,4±1,80	9,6 ±1,2

Таким образом, в рассмотренном древостое у черники кустики с надземной частью 3-летнего возраста начинают активно плодоносить и продолжают до 7 лет.

По мере старения побегов черники изменяются и размеры листьев. Двухлетние растения из рассмотренных в 1975 г. моделей имеют наименьшую длину и ширину листа. С возрастом побегов размеры листьев увеличиваются и оказываются наибольшими в 5—6 лет (табл. 2). Длина листовая пластинки заметно возрастает к 5—6 годам жизни растения, а потом меняется мало. Ширина листовой пластинки с возрастом побегов черники изменяется незначительно. Между количеством ягод и размерами листьев у растений одного возраста корреляционных связей не обнаруживается, хотя растения с более крупными листьями, как правило, имеют меньшее число ягод.

Итак, в условиях сосняка черничного средней подзоны тайги Архангельской области урожайность черники сильно варьирует по годам. Максимальной продуктивностью отличаются растения в возрасте 5—6 лет.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Александров Ф. А. Урожайность дикорастущих ягод в некоторых районах Кировской области. — Материалы к Всесоюзному научно-производственному совещанию «Продуктивность дикорастущих ягодников и их хозяйственное использование». Киров, 1972. [2]. Белоногова Т. В. Урожайность ягодных кустарничков и запасы лекарственного сырья в сосняках Южной Карелии. — В сб.: Природные ресурсы Карелии и пути их рационального использования. Петрозаводск, 1973. [3]. Белоногова Т. В. Урожайность брусники и черники в сосняках Южной Карелии. — В сб.: Ресурсы ягодных и лекарственных растений и методы их изучения. Петрозаводск, 1975. [4]. Данилов М. Д. Урожайность некоторых дикорастущих плодово-ягодных растений в лесах Марийской АССР. — В кн.: Леса и лесное хозяйство Марийской АССР. Козьмодемьянск, 1946. [5]. Зайцева Н. Л., Воронова Т. Г. Особенности плодоношения черники в ельниках среднетаежной подзоны. — В сб.: Ресурсы ягодных и лекарственных растений и методы их изучения. Петрозаводск, 1975. [6]. Лукин И. Н. К оценке плодоношения дикорастущих ягодников в северной тайге Архангельской области. — В сб.: Вопросы географии леса Севера европейской части СССР. Тезисы совещания. Апатиты, 1972. [7]. Лукин И. Н. О неравномерности плодоношения дикорастущих ягод в северной тайге Архангельской области. — Материалы научно-технической конференции «Роль молодежи в научно-техническом прогрессе в лесном хозяйстве, улучшении медико-санитарного обслуживания работников лесозаготовительных предприятий». Архангельск, 1974. [8]. Раус Л. К. Урожайность, запасы и использование плодово-ягодных растений Кировской области. — «Растительные ресурсы», 1969, т. 5, вып. 4. [9]. Тюлин С. Я. Некоторые данные о возрастном строении популяции черники в ельниках подзоны южной тайги. — «Растительные ресурсы», 1971, т. 7, вып. 4. [10]. Тюлин С. Я. Методы учета урожайности черники и клюквы и некоторые факторы, ее определяющие (в условиях подзоны южной тайги европейской части СССР). Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. биол. наук. Л., 1973. [11]. Черкасов А. Ф. Сравнительный анализ некоторых способов прогнозирования фенофаз и урожая дикорастущих плодово-ягодных растений. — В сб.: Ресурсы ягодных и лекарственных растений и методы их учета. Петрозаводск, 1975. [12]. ШигOLEV А. А. Методика составления фенологических прогнозов. — Сборник методических указаний по анализу и оценке сложившихся и ожидаемых агрометеорологических условий. Л., 1957.

УДК 634.0.323.2

## ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАЧИСТКИ СУЧЬЕВ В РОТОРНЫХ ОКОРочно-ЗАЧИСТНЫХ СТАНКАХ

Г. А. КРЫЛОВ, В. В. КОЛЯДОВ, Н. В. СОКОЛОВ

ЦНИИМЭ, Архангельский лесотехнический институт

Представлены материалы по качественной зачистке остатков сучьев на круглых лесоматериалах, дана формула для определения количества режущих элементов в роторных станках.

Качество зачистки сучьев на круглых лесоматериалах, обрабатываемых в роторных станках, в значительной степени зависит от конструкции и параметров элементов зачистных устройств.

Конструкция зачистного устройства, как правило, определяется из предыдущего опыта и экспериментальных исследований, параметры устройства — в результате стендовых опытов. Выбор количества зачистных устройств, необходимых для качественной зачистки при установке в роторе, осуществляется теоретически.

Сочетание стендовых и теоретических исследований позволяет выбрать оптимальные условия для обеспечения наиболее эффективной зачистки сучьев на круглых лесоматериалах, в соответствии с ГОСТом 10.4.—69.

В данной работе рассматривается вопрос о выборе необходимого количества зачистных устройств в роторе окорочно-зачистного станка. Вращательное движение ротора и поступательная осевая подача бревна обеспечивают относительное перемещение ножа зачистного устройства по поверхности бревна по винтовой линии с шагом

$$t = \pi d \operatorname{tg} \varphi,$$

где  $d$  — диаметр бревна;

$\varphi$  — угол наклона винтовой линии.

Угол наклона винтовой линии определяем отношением скорости подачи  $u$  к окружной скорости перемещения режущего элемента зачистного устройства по поверхности бревна при вращении ротора  $v$ , т. е.

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{u}{v}.$$

где  $v = \pi dn$ ,

$n$  — скорость вращения ротора.

Тогда шаг винтовой линии

$$t = \frac{u}{n}. \quad (1)$$

Из рис. 1 видно, что необходимое для перекрытия шага  $t$  количество режущих элементов зачистных устройств при выполнении условия перекрытия  $k \geq 1$  составит

$$m = k \frac{t}{AB}, \quad (2)$$

где из  $\triangle ABC$

$$AB = l \frac{\cos(\gamma - \varphi)}{\cos \varphi}, \quad (3)$$

где  $l = BC$  — длина лезвия режущего элемента;

$\gamma$  — угол наклона лезвия к оси бревна.

Тогда выражение (2) примет вид

$$m = k \frac{u}{nl} \frac{\cos \varphi}{\cos(\gamma - \varphi)}. \quad (4)$$



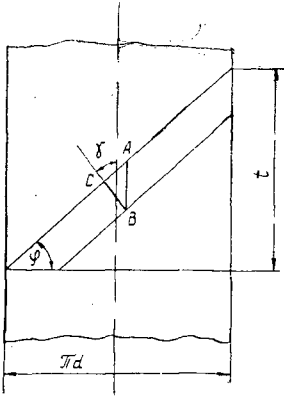


Рис. 1. Схема для расчета количества режущих элементов.

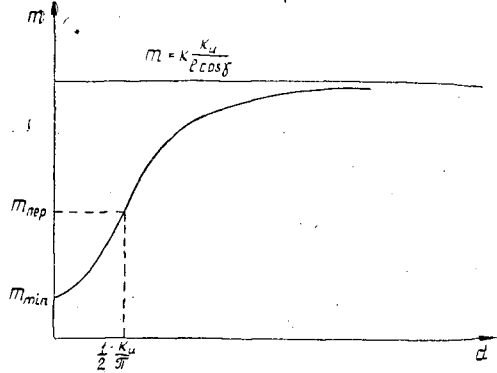


Рис. 2. График зависимости  $m = f(d)$ .

Так как

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{u}{\pi d n},$$

то после преобразований выражения (4) получим

$$m = k \frac{k_u}{l \cos \gamma} \left[ 1 - \frac{\sin \gamma}{\left( \frac{\pi d}{k_u} \right)^2 \cos \gamma - \cos \gamma + \sin \gamma} \right], \quad (5)$$

где

$$k_u = \frac{u}{n}.$$

Анализом зависимости (5) как функции  $m$  от аргумента  $d$  при  $k_u = \text{const}$  найдено, что при  $d \rightarrow \infty$  кривая  $m = f(d)$  асимптотически приближается к прямой (рис. 2)

$$m = k \frac{k_u}{l \cos \gamma}. \quad (6)$$

Поскольку выражение (6) удовлетворяет условию перекрытия  $k \geq 1$ , для больших диаметров обрабатываемых бревен, то и при малых диаметрах данным количеством  $m$  зачистных устройств будет обеспечиваться качественная зачистка сучьев.

Однако необходимо определить, не дает ли формула (6) завышенных значений наибольших диаметров, обрабатываемых в роторных станках, т. е. насколько она практически применима. Для этого определяем значения диаметров бревен, при которых уравнение (5) достаточно хорошо соответствует выражению (6). Это будет в случае

$$\frac{\sin \gamma}{\left( \frac{\pi d}{k_u} \right)^2 \cos \gamma - \cos \gamma + \sin \gamma} \ll 1, \quad (7)$$

что обеспечивается при  $d \gg \frac{k_u}{\pi}$ .

Насколько удовлетворяет указанному условию значение диаметра  $d = 10 \frac{k_u}{\pi}$ , можно проследить, подставив это значение  $d$  в выражение (7) и преобразовав его,

$$1 - \frac{99 \cos \gamma}{99 \cos \gamma + \sin \gamma} \ll 1. \quad (8)$$

В роторных окорочных станках угол установки лезвия режущего инструмента находится в пределах:

для окаривающего инструмента [2] —  $0 < \gamma < 0,0435$  рад, для зачищающего [1] —  $0 < \gamma < 0,52$  рад, т. е. во всех случаях  $\cos \gamma > \sin \gamma$ . Если допустить, как предельный случай,  $\cos \gamma = \sin \gamma$ , то

$$1 - \frac{99}{100} = 0,01 \ll 1.$$

Итак, уже при  $d = 10 \frac{k_u}{\pi}$  количество режущих элементов без существенной ошибки может быть определено по формуле (6). Поскольку  $k_u$  для роторных станков составляет  $(0,03 \div 0,2)$  м, то диаметры, при которых формула (6) применима, будут иметь значения

$$d = 10 \left( \frac{0,03 \div 0,2}{\pi} \right) = 0,08 \div 0,64 \text{ м.}$$

Таким образом, формула (6) не дает завышенных значений и по ней может быть определено количество режущих элементов, а следовательно, и зачистных устройств в любом роторном станке. Так, для станка ОК40-1, единственного окорочно-зачистного станка, принятого к серийному производству, минимальное количество зачистных устройств составит  $m = 2$  при  $u = 0,58$  м/с,  $n = 39,5$  рад/с,  $\gamma = 0,35$  рад,  $k = 1,3$ , длине режущего элемента  $l = 0,1$  м; количество окаривающих элементов  $m_1 = 3$  при  $\gamma = 0,0435$  рад и  $l = 0,05$  м.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Бойков С. П. и др. Геометрические параметры зачистного устройства роторного станка. — «Труды ЦНИИМЭ», 1975, № 147. [2]. Гаврилов Ю. С., Крылов Г. А. и др. Окорочный орган роторного скребкового станка. — «Труды ЦНИИМЭ», 1974, № 140, с. 85—88.

УДК 674.049.2:684.56

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЯ, РАЗВИВАЕМОГО ПУАНСОНОМ ПРИ ЭЛАСТИЧНОМ СПОСОБЕ ПРЕССОВАНИЯ ГНУТОКЛЕЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

П. В. КОСТРИКОВ, Р. А. БОГАТЫРЕВ

Конструкторский проектно-технологический институт  
Минмебельпрома Молдавской ССР

Приведены формулы для определения работы, затрачиваемой пуансоном на изгиб пакета шпона, и усилия, развиваемого пуансоном для придания пакету шпона требуемой формы.

Ранее [1] нами был рассмотрен способ прессования гнуклеенных блоков с помощью гидравлических пресс-форм.

При проектировании установок и самих гидравлических пресс-форм следует определить: усилие, которое должен развивать пуансон для начального изгиба пакета шпона; давление в пресскамерах, необходимое для придания пакету шпона окончательной формы (формирование требуемого профиля); толщину стенки эластичной камеры, способной выдержать давление на пакет шпона.

Определим давление пуансона применительно к П-образному профилю блока, наиболее типичному для гнуклеенных элементов (рис. 1).

Ширину свободного пространства между пуансоном и матрицей при крайнем нижнем положении пуансона обозначим через  $h_1$ , а толщину пакета шпона — через  $h_2$ . При эластичном способе прессования необходимо, чтобы  $h_1 > h_2$ . Тогда перемещение каждого листа шпона происходит в полосе

$$h = h_1 - h_2, \quad (1)$$

если все остальные листы шпона прижаты друг к другу.

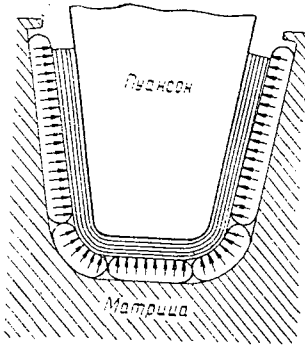


Рис. 1.

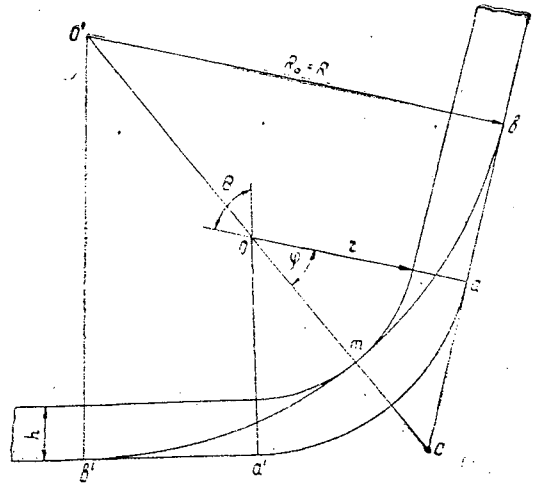


Рис. 2.

Эта полоса ограничена двумя дугами концентрических окружностей с центральным углом  $\theta$ , продолженными отрезками параллельных прямых. Выясним, чему равен средний радиус кривизны упругой линии, находящейся в этой полосе.

Упругая линия полностью лежит в полосе  $h$  и соприкасается с обеими ее границами (рис. 2). Допустим, что в точке  $m$  она соприкасается с верхней окружностью, тогда центр упругой линии находится на прямой  $mO$ . Вторая точка соприкосновения расположена на нижней границе  $ab$ .

На прямой  $cO$  отыскивают точку  $O'$ , равноудаленную от точки  $m$  и прямой  $ab$ . При условии

$$O'm = O'b \quad (2)$$

имеем

$$cm = Oc - mO; \quad mO = r; \quad Oc = \frac{Oa}{\cos \varphi} = \frac{r+h}{\cos \varphi}, \quad (3)$$

тогда

$$cm = \frac{r+h}{\cos \varphi} - r. \quad (4)$$

Из условия задачи

$$O'b = O'm = R; \quad (O'm + cm) \cos \varphi = R \quad (5)$$

или

$$R \cos \varphi + cm \cos \varphi = R; \quad R(1 - \cos \varphi) = cm \cos \varphi. \quad (6)$$

Подставляя значение  $cm$  из формулы (4) в (6), находим

$$R(1 - \cos \varphi) = \frac{(r+h) \cos \varphi}{\cos \varphi} - r \cos \varphi.$$

После преобразований

$$R = r + \frac{h}{1 - \cos \varphi}. \quad (7)$$

Рассмотрим пределы изменения радиуса  $R$ . При  $\varphi = \frac{\theta}{2}$  дуга окружности радиусом  $R$  соприкасается с прямой  $a'b'$ . При меньших значениях  $\varphi$  дуга окружности радиусом  $R$  выходит из полосы шириной  $h$ . Таким образом,

$$R_{max} = r + \frac{h}{1 - \cos \frac{\theta}{2}}; \quad R_{min} = r + \frac{h}{1 - \cos \varphi} \geq r + h. \quad (8)$$

При рассматриваемом способе прессования гнотоклееных элементов пакет шпона из первоначального (прямого положения)  $O$  изгибается пуансоном до промежуточ-

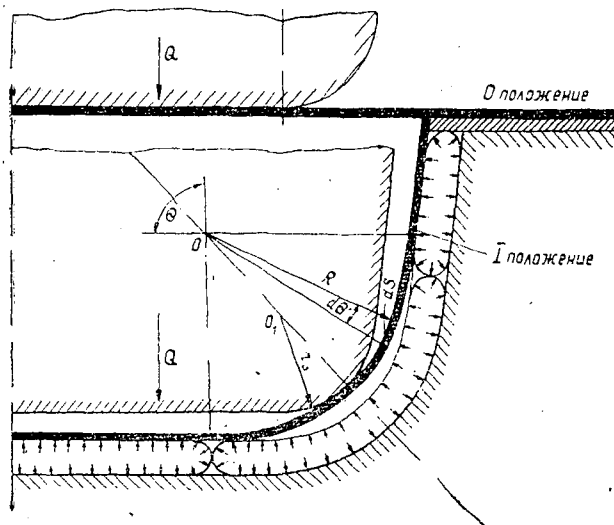


Рис. 3.

ного положения I с радиусом  $R_0$  (рис. 3). Определим работу, совершенную пуансоном для этого перехода упругой линии.

Кривизна упругой линии связана с изгибающим моментом и жесткостью пакета шпона зависимостью [2]

$$\frac{1}{R} = \frac{M}{EI} \quad (9)$$

С другой стороны, кривизна упругой линии изменяется следующим образом:

$$\frac{1}{R} = \frac{d\theta}{dS} \quad (10)$$

где  $R$  — радиус кривизны упругой линии;  
 $M$  — изгибающий момент в сечении  $S$ ;  
 $E$  — модуль упругости;  
 $I$  — момент инерции сечения.

Из выражения (9) имеем

$$M = \frac{EI}{R}$$

или, с учетом формулы (10),

$$\frac{Md\theta}{dS} = \frac{EI}{R^2}$$

значит,

$$Md\theta = \frac{EI}{R^2} dS \quad (11)$$

Отсюда можно определить работу, затраченную на перевод пакета шпона из первоначального (прямого) состояния 0 в состояние I.

Работа момента  $M$  на взаимном угловом перемещении

$$dA_1 = Md\theta,$$

поэтому

$$A_1 = \int_0^l Md\theta = \int_0^l \frac{EI}{R^2} dS = \frac{EI}{R^2} l \quad (12)$$

где

$$l = R\theta.$$

После подстановки получаем

$$A_1 = \frac{EI}{R^2} R\theta = \frac{EI\theta}{R}. \quad (13)$$

В общем виде работа, затрачиваемая пуансоном на изгиб пакета шпона,

$$A = EI\theta \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}, \quad (14)$$

где  $n$  — число слоев шпона в пакете.

С учетом формулы (7) можно записать

$$R_i = r_i + \frac{h}{1 - \cos \frac{\theta}{2}} \quad (15)$$

либо приближенно кривизну пакета шпона, до которой он изгибается пуансоном, можно определить по формуле

$$\frac{1}{R} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i} = \frac{n}{R_0}, \quad (16)$$

где  $R_0$  — средний радиус кривизны пакета шпона.

Тогда формула для работы  $A_1$

$$A_1 = \frac{EI\theta^2}{R_0}. \quad (17)$$

Работа сил полезных сопротивлений при перемещении пуансона

$$A_{п.с} = \int_0^f Q(f) df, \quad (18)$$

где  $Q(f)$  — функция изменения сопротивления движению пуансона при изгибе пакета шпона; или усилия, с которым пуансон изгибает пакет шпона;  
 $f$  — стрела прогиба пакета шпона.

Среднее значение работы сил полезных сопротивлений

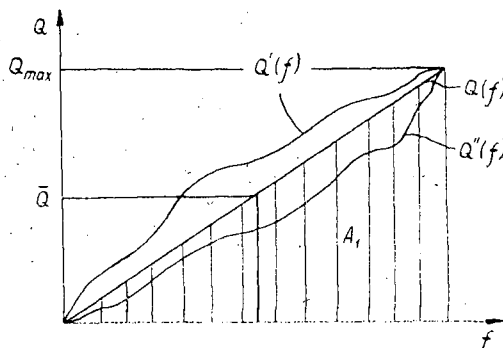


Рис. 4.

$$\bar{A}_{п.с} = \int_0^f Q(f) df = \bar{Q} \int_0^f df = \bar{Q}f, \quad (19)$$

где  $\bar{Q}$  — среднее усилие, развиваемое пуансоном.

Поскольку вид функции  $Q(f)$  неизвестен, то в первом приближении будем полагать, что  $Q$  изменяется по прямой (рис. 4). Тогда

$$\bar{Q} = 0,5Q_{max}$$

или

$$Q_{max} = 2\bar{Q}. \quad (20)$$

Среднее значение силы  $Q$  определяем из соотношения

$$A_{п.с} = A_1.$$

После подстановки получаем

$$\bar{Q} = \frac{EI\theta n}{R_0 f} \quad (21)$$

здесь  $I$  — момент инерции сечения листа шпона

$$I = \frac{b\delta^3}{12}. \quad (22)$$

Подставляя значение  $I$  из формулы (22) в (21), получаем искомую величину — среднее усилие, развиваемое пуансоном,

$$\bar{Q} = \frac{Eb\delta^3\theta n}{12R_0 f}, \quad (23)$$

где  $E$  — модуль упругости шпона вдоль волокон, кгс/см<sup>2</sup>;

$b$  — ширина пакета шпона, см;

$\delta$  — толщина листа шпона, см;

$\theta$  — угол, рад.

Пример. Изгибается пакет шириной  $b = 50$  см, состоящий из 19 листов березового шпона толщиной  $\delta = 1,15$  мм. Центральный угол изгиба пакета  $\theta = 82^\circ = 1,43$  рад. Стрела прогиба  $f = 40$  см. Радиус криволинейной части пуансона  $r = 3,5$  см.

Каждая упругая линия листа шпона может перемещаться в полосе шириной  $h = 0,5$  см, если все остальные листы прижаты друг к другу. Необходимо определить усилие, развиваемое пуансоном.

По формуле (15) определим радиус кривизны  $R_i$

$$R_i = r_i + \frac{h}{1 - \cos \frac{\theta}{2}}$$

Расчеты сводим в табл. 1.

По формуле (16) определим кривизну

$$\frac{1}{R} = \sum_{i=1}^{19} \frac{1}{R_i} = \frac{n}{R_0} = \frac{19}{6,547} = 2,90 \text{ 1/см.}$$

Таблица 1

$n$	$r_i$	$R_i$	$\frac{1}{R_i}$	$n$	$r_i$	$R_i$	$\frac{1}{R_i}$	
0	3,500	—	—	10	4,650	6,670	0,150	
1	3,615	5,635	0,178	11	4,765	6,785	0,148	
2	3,730	5,750	0,174	12	4,880	6,900	0,145	
3	3,845	5,865	0,171	13	4,995	7,015	0,142	
4	3,960	5,980	0,168	14	5,110	7,130	0,140	
5	4,075	6,095	0,165	15	5,225	7,245	0,138	
6	4,190	6,210	0,161	16	5,340	7,360	0,136	
7	4,305	6,325	0,158	17	5,455	7,475	0,134	
8	4,420	6,440	0,156	18	5,570	7,590	0,132	
9	4,535	6,525	0,153	19	5,685	7,705	0,129	
							$\sum_{i=1}^{19} \frac{1}{R_i} = 2,878.$	

Полученные результаты практически одинаковы.  
Среднее значение силы  $Q$  определяем по формуле (23)

$$\bar{Q} = \frac{151 \cdot 10^3 \cdot 50 \cdot 0,115^3 \cdot 1,43 \cdot 19}{12 \cdot 6,547 \cdot 40} = 95,5 \text{ кгс.}$$

Максимальное усилие, которое должен развивать пуансон,

$$Q_{\max} = 2\bar{Q} = 191 \text{ кгс.}$$

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Костриков П. В., Богатырев Р. А., Черноуцан М. А. Исследования давления прессования гнотоклеевых блоков в гидравлических прессформах с эластичной передачей давления. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1972, № 2. [2]. Федосьев В. И. Сопротивление материалов. М., «Наука», 1972.

УДК 621.923.02 : 674/001.5

### ИЗНОС АБРАЗИВНЫХ ЗЕРЕН ПРИ ШЛИФОВАНИИ ДРЕВЕСИНЫ

М. А. КЛЕЙНЕР, И. Г. НАЗАРЕНКО

Ленинградская лесотехническая академия, ВНИИАШ

Приведены результаты исследования характера и закономерностей износа и затупления абразивных зерен при работе по дереву.

С целью исследования характера и закономерностей износа и затупления абразивных зерен при работе по дереву была создана экспериментальная установка на базе токарного станка типа 161 АМ (рис. 1). Резание производили единичными абразивными зернами электрокорунда нормального и карбида кремния зеленого. Из фракции 400 под микроскопом отбирали зерна, по форме напоминающие пирамиду с углом при вершине  $\epsilon \approx 90^\circ$ . Абразивные зерна приклеивали клеем БФ-4 основанием пирамиды на металлический конусный держатель.

Для удержания конуса с зерном было изготовлено приспособление рычажного типа, позволяющее прижать зерно к поверхности барабана с различным усилием за счет нагружения рычага. Точность балансировки системы обеспечивалась за счет часовых осей и агатовых подшипников.

Для проведения опытов был изготовлен специальный барабан из алюминия  $\varnothing 280$  мм и шириной 130 мм. Поверхность барабана оклеивали березовым шпоном. К вращающемуся барабану зерно прижималось за счет нагружения рычага, которое в различных опытах менялось от минимальной нагрузки (20—40 г), когда начинается резание древесины, до критической нагрузки (80—100 г), когда абразивное зерно

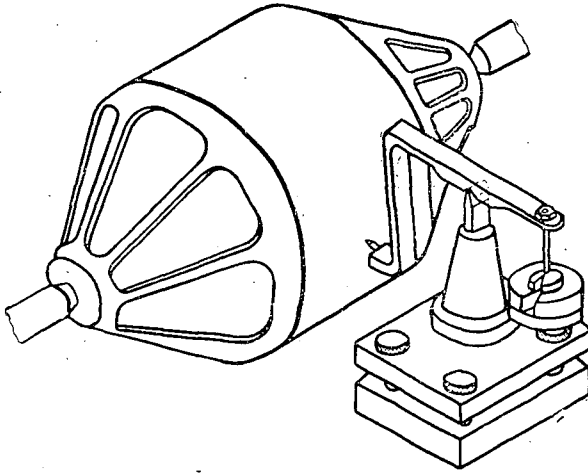


Рис. 1. Схема установки для работы единичным абразивным зерном.

разрушается. Зерно царапало березовый шпон до момента прекращения образования стружки.

Чтобы сравнить изменение геометрии и формы зерна, зерна вместе с конусным держателем зарисовывали до работы, а также через каждые 200 и 500 м прохождения

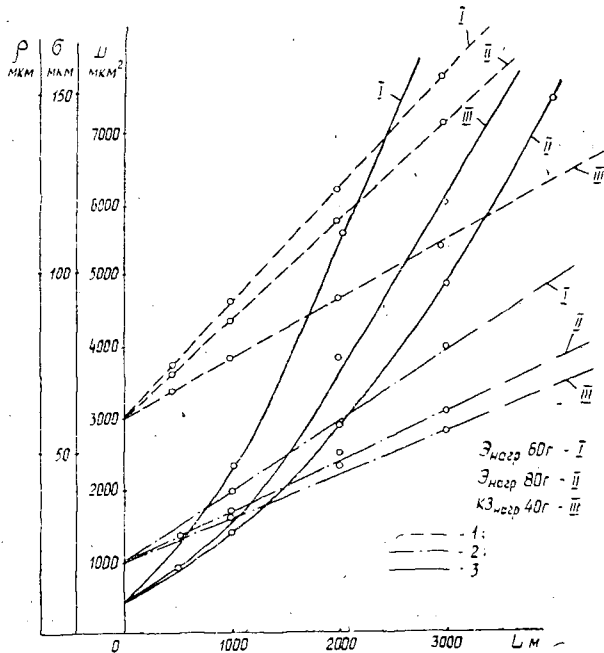


Рис. 2. Зависимости характеристик радиуса закругления углов при вершине зерен электрокорунда и карбида кремния зеленого от пройденного пути при шлифовании древесины.

1 — величина радиусов закругления; 2 — стохастическая линия; 3 — линия изменения дисперсии.



дения-царапания поверхности шпона единичным зерном. Зарисовку производили при помощи инструментального микроскопа с проектором. Коэффициент увеличения  $K_{ув} = 50,8$ , точность замера 2%.

По выполненным рисункам измеряли следующие геометрические параметры: высоту абразивного зерна  $H$ , радиус закругления режущей вершины абразивного зерна  $\rho$ . Для каждого абразивного зерна были определены изменения его высоты  $\Delta H$  и радиуса закругления  $\Delta \rho$  на протяжении всего пути, пройденного данным зерном.

Анализ полученных данных показал, что существуют два вида износа абразивных зерен: истирание, при котором высота абразивных зерен постепенно уменьшается, а радиус закругления вершины режущего угла неуклонно увеличивается, и макро-разрушение, при котором высота абразивного зерна резко снижается и радиус закругления вершины режущего угла, как правило, также уменьшается.

В данной статье рассмотрены закономерности изменения радиуса закругления режущей вершины абразивного зерна по мере износа в процессе резания древесины (закономерности изменения высоты зерна были изучены нами ранее\*).

При статистической и математической обработках опытных данных построены графики изменения величины  $\rho$  (рис. 2): математического ожидания; среднеквадратического отклонения  $\sigma$ ; дисперсии  $D$ .

Анализ полученных графиков позволил сделать следующие выводы.

1. Среднеарифметическое значение радиуса закругления режущей вершины абразивного зерна прямо пропорционально пройденному пути, т. е. уравнение регрессии имеет вид

$$\bar{\rho} = \bar{\rho}_0 + bL. \quad (1)$$

Для каждой серии опытов были рассчитаны коэффициенты и получены следующие уравнения:

а) электрокорунд, нагрузка 60 г

$$\bar{\rho} = 60 + 0,033L; \quad (1a)$$

коэффициент корреляции  $r = 0,52$ ;

б) электрокорунд, нагрузка 80 г

$$\bar{\rho} = 60 + 0,029L; \quad (1б)$$

коэффициент корреляции  $r = 0,64$ ;

в) карбид кремния, нагрузка 40 г

$$\bar{\rho} = 60 + 0,018L; \quad (1в)$$

коэффициент корреляции  $r = 0,40$ .

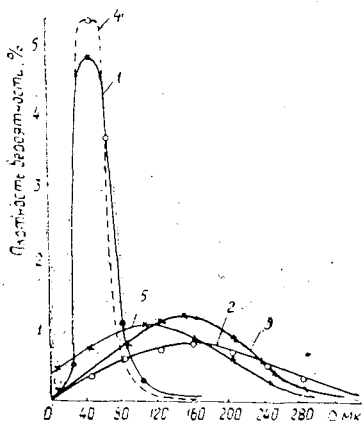


Рис. 3.

1 — Э40 до начала работы; 2 — Э40 при  $P = 60$  г после 3000 м пути; 3 — Э40 при  $P = 80$  г после 3000 м пути; 4 — К340 до начала работы; 5 — К340 при  $P = 40$  г после 3000 м пути.

\* Клейнер М. А. Исследование характера и степени затупления абразивных зерен при шлифовании древесины. — «Труды ВНИИАША», № 15, М., «Машиностроение», 1974, с. 115—118.

При увеличении нагрузки коэффициент  $b$  в уравнении (1б) уменьшился по сравнению с уравнением (1а). Это объясняется повышением роли макроразрушения в износе зерна.

2. Среднеквадратическое отклонение  $\sigma$  математического ожидания радиуса закругления вершины угла абразивного зерна прямо пропорционально пройденному пути, т. е. уравнение стохастической линии имеет вид:

$$\sigma = \sigma_0 + CL \quad (2)$$

и соответственно уравнение линии дисперсии

$$D = (D_0 + CL)^2. \quad (3)$$

Следовательно, закон распределения радиуса закругления режущих вершин в процессе работы меняется.

Если первоначальное распределение радиусов закругления режущих вершин удовлетворительно описывается законом Пирсона, то в процессе работы абразивных зерен оно все более приближается к закону нормального распределения

$$f(\rho) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\rho - m_\rho)^2}{2\sigma^2}}$$

На рис. 3 приведены кривые распределения зерен электрокорунда и карбидакремния радиусу закругления режущей вершины до начала работы и через 3000 м пути, пройденного при резании древесины.

В результате проведенных исследований износа единичных абразивных зерен электрокорунда и карбида кремния зеленого при шлифовании древесины впервые получены зависимости изменения радиуса закругления режущих вершин от пройденного пути. Сравнение этих зависимостей может быть использовано в качестве одного из аргументов при выборе абразивного материала.

УДК 634.0.824.7

## ВЛИЯНИЕ ВЗАИМНОГО НАПРАВЛЕНИЯ ВОЛОКОН НА ПРОЧНОСТЬ КЛЕЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ДРЕВЕСИНЫ

В. Н. ВОЛЫНСКИЙ

Архангельский лесотехнический институт

Установлено, что прочность клеевых соединений массивной древесины при двухстороннем раскалывании в случае перекрестного склеивания примерно вдвое ниже, чем при параллельном направлении волокон. Зависимость выражается простой формулой.

Взаимное направление волокон в склеиваемых элементах — существенный фактор, поскольку на практике приходится иметь дело с искусственным и природным косослоями, а также со склеиванием элементов под различными углами. Влияние этого фактора на прочность клеевых соединений изучено лишь при скалывании вдоль волокон [1, 3, 4]. В клеевом соединении наряду с касательными напряжениями в условиях переменной влажности могут возникать опасные напряжения отрыва поперек волокон, поэтому важно знать, в какой мере взаимное направление волокон влияет на прочность соединений при двухстороннем раскалывании. Этот метод, регламентированный ГОСТом 14348—69 [2], наилучшим образом позволяет дублировать картину напряжений, возникающих в клеевом соединении древесины при изменении ее влажности.

В эксперименте использовали древесину сосны и клеи марок ПВА (поливинилацетатная дисперсия) и КБ-3 (фенол-формальдегидный холодного отверждения). Перед изготовлением образцов сосновую доску сечением 23×150 мм строгади до толщины 20 мм и распиливали по схеме, указанной на рис. 1. Угол наклона волокон брали в градации 0° (продольное склеивание), 30, 60 и 90° (поперечное склеивание). Склеивание проводили в механическом прессе при комнатной температуре и давлении  $4 \pm 1$  кгс/см<sup>2</sup>. После полного отверждения клея заготовки обрабатывали до толщины 20 мм и раскалывали на образцы для испытаний на раскалывание клиньями по ГОСТу 14348—69.

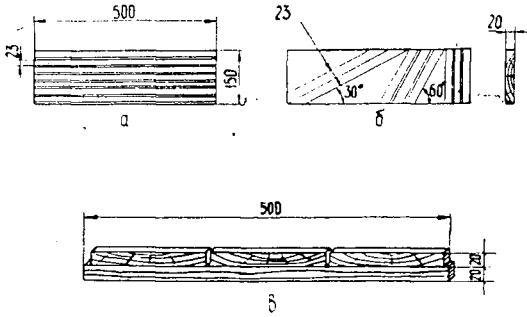


Рис. 1. Схема изготовления образцов для испытаний.

а, б — раскрой досок на заготовки для склеивания; а — клееная заготовка для раскроя на образцы.

Испытание проводили на машине FM-500 при скорости сближения клиньев — 30 мм/мин. Показатель прочности образцов рассчитывали по формуле

$$\sigma = \frac{3,73 P_{max}}{lh}, \quad (1)$$

где  $P_{max}$  — максимальное усилие на клин, кгс;  
 $lh$  — площадь клеевого шва, см<sup>2</sup>;

3,73 — коэффициент, учитывающий разложение сил при действии клина и равный  $\text{ctg} \frac{\alpha}{2}$  (угол клина  $\alpha = 30^\circ$ ).

Результаты испытаний представлены в табл. 1 и на рис. 2. Отметим, что разрушение образцов во всех случаях происходило в зоне клеевого соединения, а раскалывания по годовым слоям не наблюдалось.

Таблица 1

**Прочность клееных образцов с различным направлением волокон древесины в склеиваемых поверхностях**

Угол между направлением волокон, град	Марка клея	Статистические показатели				
		М кгс/см <sup>2</sup>	$\pm \sigma$ кгс	$\pm m$ кгс	$\pm v\%$	$p\%$
0	ПВА	53,2	4,74	1,38	8,90	2,00
30	"	36,2	2,57	0,83	7,10	2,30
60	"	33,9	2,92	0,98	8,60	2,90
90	"	29,0	3,07	1,01	10,50	3,50
0	КБ-3	47,4	8,54	3,02	18,00	6,40
30	"	29,3	1,67	0,56	5,70	1,90
60	"	25,6	3,15	1,05	12,30	4,10
90	"	23,9	3,51	1,13	14,70	4,90

Опыты показали, что с увеличением угла между волокнами древесины характер снижения прочности одинаков для обоих клеев. При перекрестном склеивании прочность образцов примерно вдвое ниже, чем при продольном. Для эластичного клея ПВА снижение прочности несколько ниже, чем для жесткого КБ-3.

Полученные графики (рис. 2) описываются эмпирической формулой

$$\sigma_\alpha = \frac{\sigma_0}{1 + a \sin \alpha}, \quad (2)$$

здесь  $\sigma_0$  — прочность при продольном склеивании, т. е. при угле между направлением волокон  $\alpha = 0^\circ$ ;

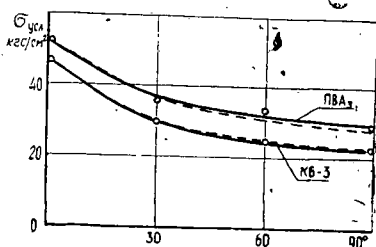
$\sigma_\alpha$  — прочность при угле  $\alpha$ ;

$a$  — эмпирический коэффициент, равный 0,9 для ПВА и 1,0 для КБ-3.

При скалывании вдоль волокон аналогичная зависимость имеет вид [1, 3]

$$\tau_\alpha = \frac{\tau_0}{1 + \left( \frac{\tau_0}{\tau_{90}} - 1 \right) \sin^2 \alpha}, \quad (3)$$

Рис. 2. График зависимости прочности образцов от угла между направлением волокон в склеиваемых поверхностях.



где  $\tau_0$  — сопротивление скалыванию вдоль волокон;  
 $\tau_{90}$  — сопротивление скалыванию поперек волокон.

По данным Далоча [3], при перекрестном склеивании прочность соединений на коллагеновом клее составляет для сосны 21%, для бука 39% от прочности при параллельном расположении волокон. Это сравнение показало, что при отрыве поперек волокон снижение прочности соединений в зависимости от исследованного фактора меньше, чем при скалывании вдоль волокон. Проведенный эксперимент показал также, что метод скалывания можно использовать для контроля прочности соединений в клееной продукции, характерной перекрестным склеиванием (например, паркетные доски).

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Ашкенази Е. К. Прочность анизотропных древесных и синтетических материалов. М., 1966, с. 38. [2]. ГОСТ 14348—69. Древесина клееная. Метод испытания на раскалывание соединения элементов на гладкую фугу. [3]. Далоча Г. О прочности склеивания древесины в зависимости от взаимного расположения волокон в сопрягаемых поверхностях. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1958, № 6. [4]. Отливанчик А. Н. Исследование свойств клеев для мебельного производства. Дис. на соиск. ученой степени канд. техн. наук. М., 1951.

УДК 634.0.864

### КИСЛОРОДНО-СОДОВАЯ АКТИВАЦИЯ ШЛАМ-ЛИГНИНА БАЙКАЛЬСКОГО ЦК

М. И. ЧУДАКОВ, Л. М. КИРПИЧЕВА, М. Б. ИВАНОВА,  
Ю. И. ЧЕРНОУСОВ, Ю. М. ФЕДОТОВ, Р. Ф. УХАНОВ

Ленинградский технологический институт ЦБП

Показана перспективность проведения окисления шлам-лигнина кислородом воздуха в щелочной среде после его предварительной обработки серной кислотой.

Ранее\* было показано, что использование шлам-лигнина Байкальского ЦК в качестве реагентов для бурения обеспечивает высокий экономический эффект, позволяющий не только полностью окупить затраты на его обработку, но и частично покрыть затраты на очистку сточных вод. Установлено также, что наличие в шлам-лигнине до 50—60% активного ила отрицательно влияет на его свойства.

При окислительной модификации шлам-лигнина улучшение его качества объясняется частичным удалением ила в процессе обработки (табл. 1).

В связи с этим была исследована возможность гидролитического расщепления активного ила при его обработке серной кислотой при повышенных температурах.

Сотрудниками ВНИИБа было показано, что обработка шлам-лигнина серной кислотой, позволяющая улучшить его флокулирующую способность и уплотнить осадок, дает возможность регенерировать до 65% солей алюминия, расходуемых при химической очистке сточных вод Байкальского ЦК.

\* Чудаков М. И., Сухарев С. С., Иванова М. Б. Использование шлам-лигнина при бурении нефтяных и газовых скважин. — «Целлюлоза, бумага и картон». Реф. инж. М., 1975, № 21 (ВНИПИЭИлеспром).

Таблица 1

Изменение растворимости активного ила  
в щелочи после модификации

Вид обработки	Выход продукта, %	Растворимость в 10%-ном NaOH, %
Окисление азотной кислотой	42,0	12,3
„ перекисью водорода	86,0	14,0
Воздушно-содовое окисление	—	12,9
Кислородно-содовое „	—	13,5
Исходный продукт	100,0	10,4

Изучение органической части гидролизата показало наличие в нем аминокислот. При принятом способе гидролиза в раствор переходит до 20% белковых веществ активного ила, пригодных для дальнейшей переработки.

Представляло определенный интерес изучить влияние предварительной кислотной обработки шлам-лигнина на его дальнейшее поведение.

При решении проблемы использования шлам-лигнина в качестве реагента для бурения прежде всего необходимо было повысить его растворимость в щелочи, увеличить его химическую активность и усилить поверхностно-активные свойства. Способность тиолигнина, как и других видов лигнина, растворяться в щелочах зависит от содержания фенольных и карбоксильных групп. Этими функциональными группами, образующимися дополнительно при различных методах окислительной обработки, характеризуется степень активации шлам-лигнина, эффект его действия как реагента для бурения.

Из различных методов окислительной модификации шлам-лигнина наиболее перспективно окисление его кислородом в щелочной среде. Для этого смесь шлам-лигнина с углекислым натрием выдерживали в токе кислорода при температуре 98°C.

Анализ продуктов реакции показал, что с увеличением расхода  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  от 5 до 30% растворимость шлам-лигнина в щелочах повышается и наиболее заметно в интервале расхода  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  от 10 до 20% (табл. 2).

Таблица 2

Влияние расхода  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  на растворимость окисленного шлам-лигнина

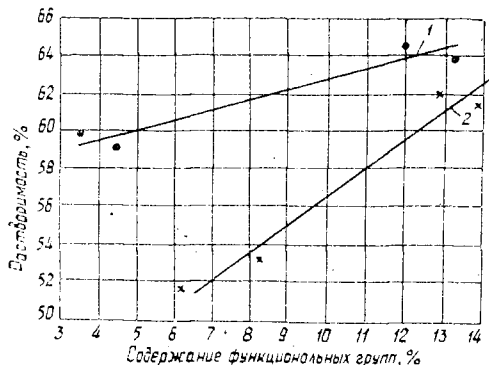
Расход $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , %	Растворимость в 10%-ном NaOH, %	Зольность, %
0	34,5	17,4
	40,3	13,1
5	40,6	13,3
	52,8	14,2
10	58,0	18,9
	51,8	14,7
20	64,8	19,7
	62,5	15,9
30	64,0	20,5
	61,8	16,5

Примечание. В числителе данные для исходного шлам-лигнина; в знаменателе — после обработки серной кислотой.

Определение содержания кислых функциональных групп в образцах окисленного шлам-лигнина (ОШЛ) подтвердило их ответственность за растворимость ОШЛ в щелочах (рис. 1). Следует отметить, что количество кислых групп в ОШЛ, прошед-

Рис. 1. Влияние суммарного содержания функциональных групп на растворимость окисленного шлам-лигнина в 10%-ном NaOH.

1 — для образца, не обработанного серной кислотой; 2 — для образца, прошедшего предварительную обработку серной кислотой.



шем кислотную обработку, возрастает более резко; это указывает на удаление примесей нелигнинного характера.

Изучение возможности сокращения продолжительности обработки за счет увеличения температуры окисления до 120—140°C показало, что при этом получают продукты, близкие друг к другу по растворимости и содержанию функциональных групп, которые могут быть оценены как равноценные.

Таблица 3

Номер образца	Режим обработки			Параметры раствора		
	Расход $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , %	Температура, °C	Продолжительность, ч	Удельный вес, г/см <sup>3</sup>	Растекаемость, см	
					$S_1$	$S_3$
3	20	98	10	0,97	19	—
4	30	98	10	1,05	17	—
5	20	120	8	1,26	18	17
6	20	140	6	1,02	19	16

При изготовлении суспензий оказалось, что хорошо распускаются в воде только образцы, полученные при расходе  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  выше 20%. Режимы обработки и параметры исходных растворов шлам-лигнина приведены в табл. 3, из данных которой видно, что все растворы имеют близкие величины растекаемости  $S_1$  и мало структурируются в течение времени ( $S_3$  — через 3 мин).

Таблица 4

Номер образца	$S_1$	$S_3$	$S_1$	$S_3$	$S_1$	$S_3$	Срем. р-ра	$S_{\text{смеси}}$
	для смеси шлам-лигнина с глинистым раствором при соотношении							
	1 : 1		3 : 1		1 : 3			
3	21	19	20	15	18	16	17	21
4	18	15	—	—	—	—	—	—
5	18	14	19	13	17	13	18	20
6	19	13	19	13	17	14	13	10

В табл. 4 приведены данные влияния режима обработки шлам-лигнина на растекаемость глинистых и цементных смесей. Для испытаний были приготовлены смеси шлам-лигнина с глинистым и цементным растворами.

Из представленных данных видно, что окисленный шлам-лигнин в целом обладает разжижающим действием и не вызывает коагуляции глинистых и цементных растворов.

Результаты исследований показали, что шлам-лигнин, окисленный по предлагаемому методу, может быть использован в качестве основного материала при разработке буферной жидкости с регулируемыми параметрами.

## НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

УДК 634.0.561.24.061.3

III ВСЕСОЮЗНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
ПО ДЕНДРОКЛИМАТОЛОГИИ

В Архангельске 4—6 июля 1978 г. проходила III Всесоюзная конференция «Дендроклиматические исследования в СССР». Конференция состоялась в период напряженного созидательного труда советского народа по выполнению решений XXV съезда КПСС и планов десятой пятилетки, в дни, когда на июльском (1978 г.) Пленуме ЦК КПСС намечались магистральные пути дальнейшего развития сельского хозяйства. Все это налагало большую ответственность на участников конференции, так как все понимали необходимость принципиального, делового обсуждения поставленных проблем и скорейшего внедрения полученных результатов в практику.

Дендроклиматология — сравнительно молодая наука — в настоящее время переживает период интенсивного развития как в области теоретических и фундаментальных исследований, так и в прикладных вопросах и направлениях (лесное хозяйство, охрана природы, климатология и астрофизика).

Первая и вторая конференции по дендроклиматологии были проведены соответственно в 1968 и 1972 гг. в Вильнюсе и Каунасе на базе первой в стране специализированной Дендроклиматохронологической лаборатории Института ботаники АН Литовской ССР. В соответствии с планом всесоюзных научных конференций, на Архангельский лесотехнический институт было возложено проведение III Всесоюзной конференции «Дендроклиматические исследования в СССР». Организации и проведению конференции активно содействовали Архангельский областной и городской комитеты партии, Областной исполнительный комитет Совета народных депутатов.

По составу участников конференция была весьма представительной: два академика (Л. А. Кайрюкшис и И. С. Мелехов) и два члена-корреспондента АН СССР и ВАСХНИЛ (И. А. Терсков и Н. И. Казимиров), около 40 докторов и кандидатов наук. Ряд интересных и содержательных докладов был сделан молодыми учеными. В конференции приняли участие 50 ученых из вузов, более 40 — из НИИ АН СССР, более 20 — из отраслевых НИИ, а также работники лесного хозяйства. Работа конференции широко освещалась в печати, по радио и телевидению.

На шести заседаниях за три дня заслушано 80 докладов, сообщений и фиксированных выступлений. Многие из них иллюстрировались слайдами, образцами и графическими материалами. По количеству представленных докладов особенно активными среди вузов были Архангельский, Московский лесотехнический институты, Ленинградская лесотехническая академия и Львовский лесотехнический институт.

Доклады подразделялись на шесть тематических разделов: общетеоретические и региональные проблемы дендроклиматологии, методические вопросы дендроклиматологии, сезонный прирост и факторы среды, годичный прирост и факторы среды, дендроклиматологические вопросы лесозащиты, практические и прикладные вопросы дендроклиматологии.

Программа конференции была составлена таким образом, что участники могли прослушать все представленные доклады.

Акад. АН Литовской ССР, председатель Комиссии по дендроклиматологическим исследованиям АН СССР Л. А. Кайрюкшис подвел основные итоги развития дендроклиматологии в нашей стране, отметив определенные успехи. В частности, признанием успехов советских дендроклиматологов может служить тот факт, что материалы двух предыдущих конференций были переведены Оксфордским университетом на английский язык. Далее Л. А. Кайрюкшис охарактеризовал современное состояние и развитие дендроклиматологии в Северной Европе. Он отметил, что за последние 10—15 лет наблюдается быстрый рост числа исследователей-дендроклиматологов, открываются новые лаборатории. Особое внимание обращается на прикладные вопросы и проблемы дендроклиматологии.

На пленарном заседании с программным докладом выступил акад. И. С. Мелехов. Он убедительно показал, что исследователи-дендроклиматологи в процессе изучения годичных колец извлекают далеко не всю содержащуюся в них информацию. Необходимо развивать работы по изучению динамики формирования годичного слоя на протяжении сезона вегетации, анатомической структуры, ранней и поздней древесины, шире применять точные и современные методы и приборы. Тонкое изучение структуры годичных слоев — это вопрос не только теоретический. От соотношения

элементов ранней и поздней древесины зависит ее качество, что необходимо учитывать при разработке мероприятий по повышению продуктивности древостоев.

Докт. биол. наук Г. Б. Гортинский охарактеризовал состояние исследований по динамике годичного прироста на северо-востоке европейской части СССР. Работы здесь начаты в 1968 г. Они особенно интенсифицировались к 1974 г. К настоящему времени полностью обработано 90 пробных площадей. Получены и выражены в математической форме причинные зависимости годичного прироста древесины ели и сосны от факторов среды. Выявленные закономерности уже используются в практических целях для расчета и прогнозирования эффективности лесосошения в Архангельской области и Коми АССР.

В методическом разделе особенно важным и интересным был совместный доклад чл.-корр. АН СССР И. А. Терскова и канд. биол. наук Е. А. Ваганова, где были приведены преимущественно новые данные об изучении внутренней структуры годичного слоя с помощью современных физических методов. Актуальное практическое значение имеют работы, результаты которых освещены в серии докладов латышских ученых (докт. биол. наук И. Я. Лиены, канд. с.-х. наук П. П. Залитиса), успешно применяющих дендроклиматические методы для учета эффективности лесохозяйственных мероприятий.

Сезонный прирост и факторы, его определяющие, сейчас интенсивно изучаются на Урале (канд. биол. наук Р. С. Зубарева и инж. В. М. Горячев), в Карелии (мл. научн. сотр. И. Т. Кищенко и др.), в Коми АССР (канд. биол. наук К. С. Бобкова и мл. научн. сотр. Э. П. Галенко) и Архангельской области (канд. с.-х. наук Д. А. Усова и др.).

В последние годы для анализа годичного прироста широко используются долгосрочные дендрошкалы. Такие шкалы созданы в Дендроклиматохронологической лаборатории (г. Каунас). Здесь в содружестве с учеными Физико-технического института им. А. Ф. Иоффе (г. Ленинград) в рамках проблемы «Астрофизические явления и радиоуглерод» выявляется содержание радиоактивных изотопов ( $^{14}\text{C}$ ) в годичных кольцах. На основании этих данных можно установить даты различных астрофизических явлений в прошлом. Литовскими исследователями изучены также закономерности изменчивости прироста хвойных по профилю Карпаты — Мурманск.

В дендрохронологическом отношении большое значение имеет «Новгородская шкала», созданная учеными Института археологии АН СССР. Долгосрочные шкалы, являющиеся основой для научных прогнозов, созданы также в Институте экологии УНЦ АН СССР (г. Свердловск) и в Институте леса АН Киргизской ССР.

На конференции впервые были рассмотрены лесопатологические и антропогенные факторы как причины, влияющие на прирост. Эти доклады (проф. О. А. Катаев с соавторами, докт. с.-х. наук Г. В. Стадницкий, проф. С. В. Шевченко, канд. с.-х. наук А. М. Бортник и др.) подчеркивают большую прикладную значимость дендроклиматических исследований.

Особенно перспективен дендроклиматологический метод при изучении вопросов охраны природы, например при определении норм антропогенной нагрузки в рекреационных лесах или при установлении допустимых границ промышленного воздействия. Все эти вопросы нашли отражение в докладах и сообщениях (докт. биол. наук С. А. Дыренков, мл. научн. сотр. С. Н. Савицкая и др.). Ряд докладов был посвящен результатам гидролесомелиорации, оценке ее лесоводственной эффективности с помощью методов дендроклиматологии (канд. с.-х. наук В. К. Константинов с соавт., асп. В. Н. Евдокимов).

В целях дальнейшего углубления научных исследований в области дендроклиматохронологии и более успешной реализации их результатов и достижений науки в разных отраслях народного хозяйства конференция приняла развернутые рекомендации.

1. Расширить научно-исследовательские работы в данной отрасли науки, увязывая их с комплексными планами промышленно-хозяйственного освоения крупных регионов страны. Сосредоточить внимание научных и производственных организаций на повышении эффективности внедрения достижений дендроклиматологической науки в производственную практику.

2. Сосредоточить внимание исследовательских организаций и подразделений на разработке методов прогнозирования циклических изменений климата, на выявлении результатов хозяйственных мероприятий в целях оптимального районирования и объективной оценки экономической эффективности.

Обратить внимание на важность изучения природных процессов астрофизического, географического и биологического характера по распространенности стабильных радиоактивных изотопов в дендрохронологически датированных образцах на временной шкале тысяча — десять тысяч лет. Просить Научный совет «Космические лучи» при Президиуме АН СССР расширить теоретические и методологические исследования стабильных изотопов (дейтерия, углерода  $^{13}\text{C}$ , кислорода  $^{18}\text{O}$ ), содержащихся в годичных слоях деревьев и являющихся индикаторами температуры прошлого — одного из показателей изменения климата.



3. Одобрить деятельность Комиссии по дендроклиматологическим исследованиям. Считать и впредь главной задачей Комиссии организацию всесоюзных и узких специализированных совещаний, конференций и дискуссий специалистов, координацию планов научно-исследовательских работ, представление дендрохронологической и дендроклиматической науки в СССР и за рубежом.

4. Призвать участников конференции и всех ученых, работающих в этой области, способствовать укреплению созданного Комиссией централизованного банка дендрохронологической информации Советского Союза, важнейшей задачей которого является сбор, каталогизация, машинная обработка, надежное хранение информации по годичным кольцам деревьев и обеспечение всеобщей доступности этой информации.

5. Просить Гослесхоз СССР совместно с заинтересованными научными учреждениями страны приступить к учету и паспортизации эталонных древесных насаждений — ценных высоковозрастных объектов, необходимых для проведения дендроклиматологических исследований: исключить их из активных лесохозяйственных мероприятий и планов рубок главного пользования.

6. Усилить внимание к дендроклиматологическим исследованиям в лесных и иных родственных учебных заведениях Минвуза СССР, в научно-исследовательских организациях и Академиях наук союзных республик, предусмотрев, в частности, введение в планы НИР соответствующих разработок на уровне важнейшей тематики, исходя из конкретных задач, решаемых в глобальном и региональном аспектах.

7. В целях планомерного изучения закономерных циклических и аperiodических явлений методами дендроклиматологии и дендрохронологии с одновременным изучением причинных закономерностей динамики годичного прироста основных лесобразующих древесных пород, произрастающих в СССР, конференция считает целесообразным и просит организовать отраслевые или проблемные лаборатории:

а) в Архангельском лесотехническом институте по линии МВ и ССО РСФСР;

б) в Институте экологии растений и животных по линии УНЦ АН СССР.

8. Просить Министерство высшего и среднего специального образования СССР, Академию наук СССР, а также союзно-республиканские академии и учреждения обеспечить подготовку высококвалифицированных научных кадров по экологии растений, дендроклиматологии, дендрохронологии как по линии аспирантуры, так и соискательства с привлечением к исследованиям наиболее одаренных и способных выпускников лесотехнических и биологических вузов.

9. Просить Государственный комитет по науке и технике Союза ССР, Госплан СССР, Государственный комитет по гидрометеорологии и контролю природной среды, а также заинтересованные отраслевые комитеты и министерства обеспечить финансирование теоретических и прикладных исследований по дендроклиматологии.

10. Рекомендовать проектным институтам лесного хозяйства, в частности институтам Союзгипролесхоз и Гипролестранс, в/о Леспроект более широко использовать данные дендроклиматологии при проектировании предприятий лесного хозяйства и лесной промышленности, освоении ряда крупных регионов страны, учитывая возможные воздействия промышленных эмиссий, урбанизации, промышленного строительства на состояние и продуктивность потенциальных лесосырьевых баз.

11. Отметить необходимость систематической публикации материалов по дендроклиматологии, особенно монографического характера, по Северу европейской части СССР, Сибири и Дальнему Востоку, обратив на это внимание прежде всего издательства «Лесная промышленность»; одобрить издание тематических сборников по дендроклиматологии. Просить Государственный Комитет Союза ССР по печати и издательство «Лесная промышленность» опубликовать труды III Всесоюзной конференции.

12. Конференция считает, что советским дендроклиматологам необходимо вступить в международный союз годичных колец и в международный банк дендрохронологических данных на правах коллективного члена, прежде всего, в лице Дендроклиматологической комиссии.

Четвертую дендроклиматологическую конференцию намечено провести в 1981 г. в одном из городов Урала или Сибири.

И. М. Боховкин,  
Г. Б. Гортинский,  
Г. В. Стадницкий

Архангельский лесотехнический институт

## КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

УДК 634.0.3 : 658.2.016.4

## ПОЛЕЗНАЯ КНИГА \*

Рецензируемая книга состоит из тринадцати глав. В ней освещен ряд вопросов, начиная с характеристики комплексных лесопромышленных предприятий и кончая вопросами кадров, социально-бытовых условий и структуры управления производством. Широко и многопланово рассмотрена деятельность четырех опытных леспромхозов ЦНИИМЭ: Крестецкого, Оленинского, Мостовского и Гузерипильского, а также его филиалов — Уральского, Тюменского, Иркутского и Хабаровского. Таким образом, в книге К. И. Вороницына отражен опыт работы леспромхозов всего Советского Союза. Достаточно полно показана многолетняя творческая деятельность больших коллективов инженерно-технического персонала, рабочих и служащих опытных леспромхозов, работа известных бригадиров, мастеров, Героев Социалистического Труда передовых леспромхозов Минлеспрома СССР.

Рассмотрим кратко некоторые главы.

В III главе «Лесомелиорация. Сочетание строительства осушительных и дорожных сетей» приведены примеры расчетов протяженности и размеров лесосушительных канав. Это вполне оправдано, так как впервые в Крестецком ЛПХ за ряд лет построена широкая сеть канав в сочетании с дорожной сетью, в результате получены практические выводы о значительном удешевлении строительства дорог.

Автор привел положительные и отрицательные стороны лесомелиорации, но не дал четких рекомендаций, направленных на сохранение природного равновесия. В заключении говорится, что к этим работам нужно подходить осторожно и дифференцированно по каждому участку, с учетом конкретных условий, этого не было сделано в Крестецком ЛПХ, в результате на осушенных землях не стало травы, ягод, птиц, пересохла ручьи, нарушились сложившиеся веками условия жизни.

Остался не раскрытым вопрос, где, как и при каких условиях проводить лесосушительные работы в сочетании со строительством дорог, чтобы эффект от удешевления строительства не был отрицательным.

Глава IV «Лесовозные дороги и комплекты дорожных машин» заканчивается вопросом о новых схемах транспортного освоения лесных массивов, но почему-то не отмечены особые условия лесозаготовки в горных лесах (Кавказ, Закарпатская Украина и др.), в частности, использование для целей транспорта канатных установок. Этим вопросом занимался Кавказский филиал ЦНИИМЭ и нашел положительное решение. Ничего не сказано о перспективах использования УЖД, которые в ряде леспромхозов перешли в число дорог сезонного действия.

В главе IX «Технологические процессы лесозаготовок с применением новой техники» следовало сказать подробнее о ленточно-пильном станке, который безуспешно применяется на Гузерипильском ЛПХ.

Подробно написана глава X «Прогрессивные формы организации труда на лесозаготовках», связанная с постановлением ЦК КПСС «Об опыте работы Томского, Тюменского и Вологодского обкомов КПСС по мобилизации коллективов предприятий на повышение эффективности лесозаготовительного производства». Здесь рассмотрены вопросы организации лесосечных работ укрупненными комплексными бригадами с использованием опыта бригад Героев Социалистического Труда Н. А. Коурова, П. В. Попова и др., особенности лесосечных работ при вахтовом методе, устройстве мастерских участков и создание запаса древесины на погрузочных пунктах в лесу и на нижних складах. Автор правильно поступил, не указав величину этих запасов в процентах от годового объема вывозки, так как этот объем устанавливается в зависимости от многих местных условий.

Не все основные показатели работы опытных леспромхозов проанализированы в сопоставлении со средними по лесозаготовительным предприятиям Минлеспрома СССР. Так, например, в табл. 24 себестоимость вывозки 1 м<sup>3</sup> км в опытных леспромхозах в 2—3 раза ниже, чем по Минлеспрому, а ведь люди (водители автопоездов), машины и дороги в обычных леспромхозах такие же, и нельзя это объяснить только плохим состоянием дорог.

Книга богато иллюстрирована, в ней много таблиц, но некоторые из них перегружены излишними цифрами. Большинство рисунков высокого качества, однако есть и неудачные (рис. 12, 29, 34). Следует отметить и хорошее внешнее оформление книги.

\* Вороницын К. И. Комплексные лесопромышленные предприятия (опыт работы леспромхозов ЦНИИМЭ). М., «Лесная промышленность», 1977, 288 с.

Рецензируемая книга должна быть переиздана как весьма полезная не только для работников лесной промышленности и лесного хозяйства, но и для всех категорий учащихся этих отраслей народного хозяйства. Жаль, что тираж этой интересной и полезной книги сравнительно мал.

М. М. Корунев

Уральский лесотехнический институт

УДК 632.93 : 634.0.232.311.3(049.3)

## ПО ПОВОДУ ОДНОГО ОБЗОРА

Методам повышения урожая семян на лесосеменных участках и плантациях посвящен недавно опубликованный обзор Ю. П. Ефимова и В. М. Белобородова\*. Необходимость такого обзора для лесного хозяйства сегодня, в условиях резкой интенсификации лесосеменного дела, трудно переоценить. Однако публикации подобного рода должны нести производству точную объективную современную информацию о текущем состоянии вопроса, об имеющихся новых достижениях науки. Рассматриваемый обзор этим требованиям явно не удовлетворяет. Если рассмотреть, например, раздел, касающийся вопросов защиты семян на семенных участках, то можно заключить, что его содержание совершенно не соответствует положению дел, содержит ряд ошибочных положений и просто нелепостей (с. 24—27).

Авторы не только демонстрируют незнание литературы, но и искажают содержание тех работ, которые случайно оказались в поле их зрения. Например, на с. 25 указывается, что для защиты ПЛСУ и плантаций в период заморозков следует создавать дымовой полог при помощи шашек Г-17. Но шашки Г-17 представляют собой устройства для химической защиты. Действующим веществом в них является гексахлоран. Они так и называются: «шашки гексахлорановые». Применять их на открытых пространствах вообще не рекомендуется, и тем более недопустимо создавать с их помощью дымовой полог, способный отравить воздух на больших пространствах. Так что такая рекомендация (ссылки авторы, естественно, не делают) направлена на нарушение правил техники безопасности и охраны среды.

Несколькими строчками ниже приводится фраза: «Образ жизни, биология вредителей генеративных органов изучены слабо, что часто исключает возможность применения кишечно-контактных ядов». (При этом делается ссылка на статью В. Е. Климova и др., напечатанную в журнале «Лесное хозяйство».) Эта фраза ошибочна. Авторам неизвестно, что за последние 7 лет в СССР защищено 10 диссертационных работ и опубликовано более 150 статей, книг и брошюр по вопросам биологии вредителей репродуктивных органов. ЛенНИИЛХом, ДальНИИЛХом, Брянским технологическим институтом, ВНИИПАНХом, СибНИИЛПом выпущены специальные рекомендации и инструкции по защите семян ели, сосны, лиственницы. Биологическое обоснование защиты разработано со всей тщательностью. Если же все эти работы являются, по мнению авторов, неверными, то об этом прямо надо и написать. Но чтобы об этом написать, надо, как минимум, быть специалистом, профессионалом.

Далее. Из цитированного текста следует, что роль скоро биология не изучена, то... трудно применять контактно-кишечные яды. А другие, выходит, можно? На деле же именно потому, что биология вредителей хорошо изучена сегодня, исследователи и отказались от применения кишечно-контактных ядов. А в упомянутой авторами работе В. Е. Климova и др. на с. 52 написано совершенно другое. Дальше. Подавление насекомых-конобионтов невозможно вовсе не из-за их ухода в диапаузу. Просто это подавление не нужно. Все, писавшие в последние годы по данному вопросу, считают, что в семенном хозяйстве вообще нужна не борьба с насекомыми, а защита конкретного урожая.

Затем следует неверная рекомендация относительно машин, применяемых для защиты семенных участков. В работах тех авторов, на которых ссылаются авторы обзора, ни одна из названных ими машин (за исключением аэрозольных генераторов) не рекомендуется для этих обработок. Более того, агрегат ТОЛ-1 просто не допускается. На с. 26 читателю сообщают, что применение биологических препаратов для защиты семян невыгодно из-за их дороговизны. Ссылок, правда, опять нет. Однако из имеющейся литературы известно, что биопрепараты не применяются не из-за дороговизны (они немногим дороже ядохимикатов), а потому, что они обладают кишечно-контактным действием, и насекомые, питающиеся внутри шишек, им не доступны. Верно и утверждение, что на ПЛСУ и плантациях мало распространены грибные заболевания. Общеизвестно и отмечено в публикациях, что еловые шишки, например, в ряде случаев на 15—20% поражаются грибами-ржавчинниками.

\* Ефимов Ю. П., Белобородов В. М. Методы повышения урожая семян на лесосеменных участках и плантациях. М., Изд-во ЦБНТИ Гослесхоза СССР, 1977.

Обращает на себя внимание случайный подбор литературы, причем не только по вопросам, касающимся защиты семян. Авторы ссылаются, например, на двадцатидвухлетней давности работу Д. Я. Гиргидова о семенных участках сосны. Зачем? Только за последние 5—7 лет Д. Я. Гиргидовым (одним и с учениками) выпущен ряд новых интересных работ по лесосеменному хозяйству, опубликованных, кстати, не в узковедомственных изданиях, а в журнале «Лесное хозяйство», в издательстве «Лесная промышленность». Эти публикации подводят итог работы большой группы ученых, им возглавлявшейся.

Не думаем, чтобы рецензируемый обзор принес существенную пользу производству, и ЦБНТИ в данном случае явно поспешило с его изданием.

Г. В. Стадницкий

Архангельский лесотехнический институт

УДК 674-41 (08)

## МОНОГРАФИЯ ПО ВОПРОСАМ ОГНЕЗАЩИЩЕННОСТИ ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ \*

Рецензируемая монография посвящена разработке основных аспектов создания и производства огнезащищенных древесных плит. В книге 6 глав. Основное внимание в ней сосредоточено на механизме образования и направлениях модификации древесноволокнистых плит фосфорсодержащими антипиренами. Впервые приведены обстоятельные исследования химических и физико-химических превращений компонентов древесного комплекса в присутствии огнезащитных систем. Автор использует современные методы исследования, в частности, хроматографию, рентгеноструктурный анализ, ИК-спектроскопию, термогравиметрию, калориметрию, пирометрию и др.

Особенно следует отметить термомеханические исследования. Классический метод модифицирован применительно к условиям работы с древесным волокном. Согласно разработанной методике, значения температурных переходов фиксируются при реализации остаточных напряжений в предварительно запрессованных препаратах. Была установлена правомочность такой модификации. В результате получены интересные данные по температурам размягчения отдельных компонентов древесного волокна и влиянию различных модификаций на эти значения. Оказалось, что между минимально необходимой температурой прессования древесноволокнистых плит и температурой размягчения древесных волокон существует вполне определенная связь. Этот вывод имеет практическое значение для обоснования технологического режима изготовления разрабатываемых древесноволокнистых плит.

Отметим хроматографические исследования, дополняющие представления о механизме огнезащитного действия. Снижение в присутствии антипирена температуры начала терморазложения приводит к изменению его характера; вследствие дегидратации увеличивается выход воды и угольного остатка, резко сокращается количество летучих органических продуктов, происходит их перераспределение. Всесторонние сгневые испытания подтверждают справедливость теоретических положений и эффективность разработанных автором огнезащитных составов различного назначения. Факт активного участия огнезащитных систем в процессах образования древесноволокнистых плит был направленно использован автором при разработке плит с различными заданными свойствами: сверхтвердых, облегченных, утолщенных. Перспективны огнезащищенные плиты дифференцированной плотности. Их технологии и свойствам посвящен специальный раздел. Автор показал целесообразность и необходимость комплексного подхода к снижению горючести древесных материалов с учетом механизма образования их структуры, химических превращений компонентов. Он обосновал эффективность совмещения модификации и изготовления древесноволокнистых плит. Универсальность этого подхода подтверждена на следующих древесных материалах: древесностружечных плитах, картоне, бумаге для бумажнослонистых пластинок, торфяных плитах, древесине для клееных конструкций.

Рецензируемая монография может быть положительно оценена как по новизне подхода, так и по научным и практическим полученным автором результатам и, безусловно, полезна для специалистов не только в области древесных плит, но и смежных областей, а также для студентов и аспирантов.

\* Леонович А. А. Теория и практика изготовления огнезащищенных древесных плит. Л., Изд-во Ленингр. ун-та, 1978. 176 с.

Б. Д. Богомолов

Архангельский лесотехнический институт

## ЮБИЛЕИ

## НИКОЛАЙ ДМИТРИЕВИЧ НЕСТЕРОВИЧ

(к 75-летию со дня рождения)

25 июня 1978 г. исполнилось 75 лет со дня рождения и 50 лет производственной, педагогической, общественной и научной деятельности заслуженного деятеля науки БССР, лауреата Государственной премии БССР, профессора, доктора биологических наук, академика АН БССР, заведующего лабораторией, древесных растений Института экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича АН БССР Николая Дмитриевича Нестеровича, известного советского ботаника-дендролога крупного специалиста в области систематики, интродукции и биологии древесных растений.

Родился Николай Дмитриевич в дер. Енцы Кормянского района Гомельской области в бедной крестьянской семье. Свою трудовую деятельность он начал в 1926 г. помощником лесничего Хойникского лесничества, после окончания Гомельского лесного техникума. Любовь к природе, стремление к знаниям привели Николая Дмитриевича в Белорусскую сельскохозяйственную академию на лесной факультет. После окончания вуза (1931 г.) он был рекомендован на научную работу и назначен заведующим Ленинским учебно-опытным лесничеством и одновременно ассистентом кафедры лесоводства. В 1936 г. он успешно защищает кандидатскую диссертацию «Гибридизация тополей».

До начала Великой Отечественной войны Николай Дмитриевич ведет научные исследования в Центральном Ботаническом саду (ЦБС) АН БССР, работая ученым секретарем, старшим научным сотрудником, заведующим отделом дендрологии. Он принимает непосредственное участие в устройстве Ботанического сада. Свои научные исследования сосредоточивает на интродукции древесных растений и работах по созданию коллекций этих растений в Ботаническом саду.

Великая Отечественная война прерывает научную деятельность Н. Д. Нестеровича. Ученый-патриот находится в рядах Советской Армии. Политбоец коммунистического батальона, младший политрук, парторг батальона, парторг полка, старший инструктор политотдела дивизии, майор Н. Д. Нестерович от Курско-Орловской дуги и до Берлина шел 1285 дней тяжелыми фронтовыми дорогами, освобождая Орел, Брянск, Гомель, родную деревню Енцы. Участвовал в боях на территории Германии и при взятии Берлина.

Демобилизовавшись в 1946 г., он возвращается к прерванной научной работе в ЦБС АН БССР, а затем переходит в Институт биологии АН БССР (ныне Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича АН БССР), где занимает должность заведующего отделом дендрологии, заместителя директора по научной части, и. о. директора. Он быстро вырастает в крупного исследователя в области интродукции и акклиматизации деревьев и кустарников, разрабатывает теоретические и практические вопросы по внедрению в лесное хозяйство и зеленое строительство республики новых технически ценных, быстрорастущих и декоративных видов древесных растений.

Результаты исследований опубликованы в книгах: «Технически ценные древесные породы, внедряемые в леса БССР» (1949); «Акклиматизация древесных растений в зеленом строительстве и лесном хозяйстве БССР» (1950); «Вьющиеся древесные растения для зеленого строительства БССР» (1951); «Деревья и кустарники для зеленого строительства БССР» (1952); «Шишки и семена хвойных пород Белорусской ССР» (1953) и др.

Научно-исследовательскую работу Н. Д. Нестерович совмещает с преподавательской деятельностью. В течение 1948—1952 гг. он читает курс лекций по лесным культурам в Белорусском лесотехническом институте.

В 1954 г. в Ботаническом институте им. В. Л. Комарова АН СССР Николай Дмитриевич успешно защитил докторскую диссертацию «Плодоношение интродуцированных древесных растений и перспективы их разведения в БССР». В 1955 г. Н. Д. Нестеровичу присуждается звание профессора, в 1956 г. он избирается действительным членом АН БССР.

В дальнейшем Н. Д. Нестерович продолжает свои обширные исследования по обогащению флоры Белоруссии новыми ценными в хозяйственном отношении видами растений, уделяя особое внимание разработке приемов и методов внедрения экзотов в лесное хозяйство и зеленое строительство республики. Полученные результаты были

обобщены в трехтомном труде «Интродуцированные деревья и кустарники в БССР» (1959—1961).

Следующим этапом работ Н. Д. Нестеровича было углубленное изучение экологии древесных и кустарниковых растений: отношение к влажности и кислотности почвы, к свету, температуре, изучение морфологических и анатомических особенностей древесных растений. Итоги этих комплексных исследований опубликованы Николаем Дмитриевичем и его учениками в шести монографических работах: «Отношение древесных растений к влажности и кислотности почв» (1966); «Плоды и семена лиственных древесных растений» (1967); «Влияние света на древесные растения» (1969); «Рост древесных растений и кислотность почв» (1970); «Древесные растения и влажность почвы» (1972); «Биология древесных растений» (1975).

Научные труды Н. Д. Нестеровича, как создателя белорусской дендролого-экологической школы, получили широкое признание и высокую оценку крупнейших специалистов страны. За цикл работ по изучению морфологических, биологических и физиологических особенностей древесных растений Н. Д. Нестерович с группой сотрудников в 1976 г. удостоен почетного звания лауреата Государственной премии БССР.

Н. Д. Нестеровичем опубликовано свыше 170 научных работ, в том числе 14 монографий. За большие заслуги в развитии биологической науки и подготовке кадров в 1967 г. Н. Д. Нестеровичу было присвоено звание заслуженного деятеля науки БССР.

Научную работу Н. Д. Нестерович успешно сочетает с большой организаторской деятельностью. На протяжении 13 лет (1956—1969 гг.) он бесменно исполнял обязанности академика секретаря Отделения биологических наук АН БССР, в 1969—1973 гг. работал вице-президентом АН БССР.

Член КПСС с 1927 г. Н. Д. Нестерович всю свою трудовую и научную деятельность связал с комсомольской, партийной и общественной работой. В АН БССР он неоднократно избирался членом партийного комитета, заместителем секретаря, секретарем парткома. Н. Д. Нестерович дважды был избран членом Минского горкома КПСС и трижды депутатом Исполнительного комитета трудящихся Советского района г. Минска. Он был ответственным редактором журнала «Известия АН БССР» (сер. биологических наук). В настоящее время является заместителем главного редактора журнала «Доклады АН БССР» и членом редколлегии Белорусской советской энциклопедии, состоит членом ученых советов ряда институтов, членом редколлегий многих научных изданий, членом Президиума республиканского общества «Охраны природы», членом ряда научных проблемных советов АН БССР.

Большой вклад внес Николай Дмитриевич в дело подготовки научных кадров. Под его руководством защищено 13 диссертаций.

Для Николая Дмитриевича, как человека, характерна отзывчивость, доброжелательность, скромность и простота в обращении, редкое человеческое обаяние и высокое чувство долга.

Плодотворная и многогранная научная деятельность белорусского ученого, его боевые заслуги в период Великой Отечественной войны высоко оценены Партией и Правительством. Он награжден орденами Ленина, Октябрьской Революции, Красной Звезды, Отечественной войны I и II степени, «Знак Почета», восемью медалями, в том числе двумя «За боевые заслуги» и медалью «За взятие Берлина», а также тремя почетными грамотами Президиума Верховного Совета БССР.

Н. Д. Нестерович и сейчас полон творческих замыслов, успешно продолжает активную научную и общественную деятельность.

Желаем ему крепкого здоровья, бодрости, многих лет жизни и дальнейших творческих успехов!

**В. И. Парфенов, А. А. Новикова,  
Л. В. Кравченко, Л. И. Рахтеенко**

Институт экспериментальной ботаники  
им. В. Ф. Купревича АН БССР.

## СОДЕРЖАНИЕ

### ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

<i>И. С. Мелехов.</i> Выдающийся деятель лесной науки (к 100-летию со дня рождения М. Е. Ткаченко) . . . . .	3
<i>В. А. Бодров.</i> Полезащитное значение лесомелиоративных насаждений в УССР . . . . .	11
<i>Г. А. Харитонов.</i> Влияние удобрений на соотношение надземной и подземной части древесных саженцев . . . . .	19
<i>Н. Н. Соколов.</i> Рост и продуктивность сосновых древостоев по старым пашням . . . . .	22
<i>Н. А. Коновалов, С. А. Мочалов.</i> Смолопродуктивность различных морфологических форм ели сибирской на Среднем Урале . . . . .	25
<i>В. Б. Лукьянец.</i> Содержание аминокислот в желудях различных видов и климатипов дуба . . . . .	29
<i>Т. М. Бродович.</i> Акклиматизация и адаптация дугласии тиссолистной в лесных насаждениях запада УССР . . . . .	33
<i>Г. И. Голутвин.</i> Пассивный период в цикле развития боярышницы . . . . .	36
<i>Б. Е. Власов.</i> Прохождение элементарных частиц через листья деревьев . . . . .	40

### ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

<i>Ф. Н. Кустов.</i> Методика расчета устойчивости бесстыкового узкоколейного пути в кривых при пространственном изгибе рельсо-шпальной решетки . . . . .	44
<i>С. И. Морозов.</i> Об аппроксимации силы сопротивления поперечному перемещению рельсо-шпальной решетки . . . . .	49
<i>Я. И. Шестаков, С. Ф. Орлов, О. М. Ведерников.</i> Тяговый класс и энергонасыщенность лесных колесных подборочно-транспортных машин . . . . .	55
<i>В. В. Соловьев.</i> К вопросу исследования напряженного состояния ортогонально анизотропных дорожных конструкций, имеющих слабые прослойки . . . . .	59
<i>И. С. Нартов, Е. И. Ханкин.</i> Пути снижения динамических нагрузок в механизмах лесных погрузчиков . . . . .	64

### МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

<i>Я. М. Ширяев, Е. К. Николаев, Н. А. Нохрина.</i> Исследование влияния обработочных рисков на напряжения межзубовых впадин ленточных пил . . . . .	68
<i>А. И. Смольяков.</i> Касательные напряжения в парах трения прессованная древесина — металл и влияние на них различных смазок . . . . .	70
<i>Ю. И. Цой, М. С. Мовний.</i> Смачиваемость модифицированной древесины и ее влияние на адгезию . . . . .	72
<i>Ю. М. Зельдин, А. Д. Лазарева.</i> Влияние влажности оснований и клеевых прослоек на показатели древесных пластиков в покрытиях полов . . . . .	76
<i>И. З. Токман.</i> О выборе оптимальной толщины горизонтальных щитовых элементов мебели . . . . .	80
<i>В. И. Королев.</i> К вопросу об акустической константе древесины . . . . .	84

### ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

<i>А. И. Киприанов, Т. И. Прохорчук, С. М. Крутов, Т. А. Рябова.</i> Исследование состава фенолкарбонновых кислот сульфатного щелока от варки березовой древесины . . . . .	88
<i>Н. М. Ришес, О. К. Завьялова, М. Я. Зарубин, Т. С. Дергачева.</i> Исследование химического состава побочного продукта II степени синтеза ди(м-ксилил)пропеновой кислоты — заменителя канифоли . . . . .	91
<i>Л. А. Миловидова, Г. А. Пазухина.</i> Изучение основных закономерностей растворения лигнина и углеводов березовой древесины в процессе содово-сульфитной варки . . . . .	96
<i>М. М. Яблоновская, Н. А. Дугышева, Б. Д. Богомолов, Г. В. Яблоновский, С. П. Артюхов.</i> Определение температуры размягчения и стеклования сульфатного лигнина . . . . .	101
<i>Л. И. Бельчинская, В. А. Шамаев, Н. И. Попова.</i> Определение лигнина, оставшегося после модификации его мочевиной, вольтамперометрическим методом на графитовом электроде . . . . .	103

- С. В. Добрынин, А. Т. Пашкова, В. В. Добрынина. Химическая сушка лиственничных пиломатериалов для производства клееных деревянных конструкций . . . . . 106
- В. И. Крупенский, Т. В. Долгая. Комплексообразование алюминия (III), индия (III) и галлия (III) с ксилозой и глюкозой . . . . . 110
- Ю. Г. Хабаров, Г. Ф. Прокишин, И. М. Боховкин. Устройство для быстрого размола небольших количеств сухих материалов . . . . . 113

### КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ

#### И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

- С. С. Лебедев, Д. М. Гайдукевич. Разрешающая способность захватного приспособления . . . . . 115
- В. В. Амалицкий. Модель технологической долговечности оборудования . . . . . 120
- Д. Л. Дудюк. Анализ статистических параметров потоков требований . . . . . 123

### ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

- А. П. Петров. Система показателей для оценки эффективности использования и воспроизводства лесных ресурсов. (На примере комплексных лесных предприятий) . . . . . 127
- Т. А. Кислова. О характере проявления экономического эффекта лесохозяйственных мероприятий . . . . . 132
- В. И. Рогачев. Оценка экономической эффективности применения древесластмассовых композиций в узлах трения . . . . . 136
- А. И. Левша, В. Ю. Лось, В. Н. Холопов. Экономическая оценка применения лесовозных автопоездов с комбинированным оборудованием . . . . . 139

### КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

- В. М. Еремич, С. В. Сивак. О влиянии географического положения на анатомическую структуру коры лиственницы даурской . . . . . 143
- Л. Н. Толкачев. О составлении таблиц объемов маломерных стволов . . . . . 145
- Л. Е. Астрологова. К вопросу об урожайности черники в сосняке черничном средней подзоны тайги . . . . . 148
- Г. А. Крылов, В. В. Колядов, Н. В. Соколов. Сб эффективности зачистки сучьев в роторных окорочно-зачистных станках . . . . . 151
- П. В. Костриков, Р. А. Богатырев. Определение усилия, развиваемого пуансоном при эластичном способе прессования гнотоклееных элементов . . . . . 153
- М. А. Клейнер, И. Г. Назаренко. Износ абразивных зерен при шлифовании древесины . . . . . 158
- В. Н. Волынский. Влияние взаимного направления волокон на прочность клееных соединений древесины . . . . . 161
- М. И. Чудаков, Л. М. Кирпичева, М. Б. Иванова, Ю. И. Черноусов, Ю. М. Федотов, Р. Ф. Уханов. Кислородно-содовая активация шлам-лигнина Байкальского ЦК . . . . . 163

### НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

- И. М. Боховкин, Г. Б. Гортинский, Г. В. Стадницкий. III Всесоюзная конференция по дендроклиматологии . . . . . 166

### КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

- М. М. Корнуев. Ценная книга . . . . . 169
- Г. В. Стадницкий. По поводу одного обзора . . . . . 170
- Б. Д. Богомолов. Монография о теории и практике изготовления огнезащитных древесных плит . . . . . 171

### ЮБИЛЕИ

- В. И. Парфенов, А. А. Новикова, Л. В. Кравченко, Л. И. Рахтеенко. Николай Дмитриевич Нестерович (к 75-летию со дня рождения) . . . . . 172



## CONTENT

### FORESTRY

<i>I. S. Melekhov</i> . Distinguished man of forest science (to hundredth anniversary M. E. Tkachenko) . . . . .	3
<i>V. A. Bodrov</i> . Field-protective importance of meliorative forest plantations in Ukraine . . . . .	11
<i>G. A. Kharitonov</i> . Influence of fertilizers on correlation of the above and under ground part of woody transplants . . . . .	19
<i>N. N. Sokolov</i> . Growth and productivity of pine stands on the plough-lands . . . . .	22
<i>N. A. Kononov, S. A. Mochalov</i> . The gum-productivity of different morphological forms of <i>Picea obovata</i> Ledb. in the middle Urals . . . . .	25
<i>V. B. Lukyanets</i> . Contents of aminoacids in the acorns of different species and climatetypes of oak . . . . .	29
<i>T. M. Brodovich</i> . Acclimatization and adaptation of Douglas fir in forest plantations of the west of Ukraine . . . . .	33
<i>G. I. Golutvin</i> . The passive period in the circle of the development of <i>Aporia crataegi</i> . . . . .	36
<i>B. E. Vlasov</i> . Passing the elementary particles through tree leaves . . . . .	40

### FOREST EXPLOITATION

<i>F. N. Kustov</i> . Method of calculating stability of jointless narrow-gauge railway in curves at spartial bending of rail-sleeper grating . . . . .	44
<i>S. I. Morozov</i> . On approximation of resistance force to transversal movement of rail-sleeper grating . . . . .	49
<i>Ja. I. Shestakov, S. F. Orlov, O. M. Vedernikov</i> . Haulage class and power saturation of forest wheeled skidding vehicles . . . . .	55
<i>V. V. Soloviev</i> . Investigation of stressed state of orthogonally anisotropic road constructions with weak layers . . . . .	59
<i>P. S. Nartov, E. I. Khankin</i> . Ways of decreasing dynamic loads in forest loader's mechanisms . . . . .	64

### MECHANIKAL TECHNOLOGY AND WOODSCIENCE

<i>Ja. M. Shiryaev, E. K. Nicolaev, N. A. Nokhrina</i> . Investigation of the influence of scratches occuring in sharpening teeth of band sans upon their strength . . . . .	68
<i>A. I. Smolyakov</i> . Tangent strains in friction couples of pressed wood — metal and the influence of different lubricants upon them . . . . .	70
<i>Ju. I. Tsoy, M. S. Mounin</i> . Wettability of modified wood and its influence on adhesion . . . . .	72
<i>Ju. M. Zeldin, A. D. Lazareva</i> . Influence of moisture content of glue layers and bases upon the wood plastics factors in floor coafings . . . . .	76
<i>I. Z. Tokman</i> . On the choice of optimum thickness of horizontal furniture shield elements . . . . .	80
<i>V. I. Korolev</i> . On acoustic constant of wood . . . . .	84

### CHEMICAL WOODWORKING

<i>A. I. Kiprianov, T. I. Prokhorchuk, S. M. Krutov, T. A. Ryabova</i> . Studies of the components of phenolcarbon acids in sylphat liquor left after cooking birch wood . . . . .	88
<i>N. M. Rishes, O. K. Zavyalova, M. Ja. Zarubin, T. S. Dergacheva</i> . The research of II stage by product chemical compound of di (m-xylyl) propionic acid synthesis as a substitute of resin . . . . .	91
<i>L. A. Mil'ovidova, G. A. Pazukhina</i> . Studing the basic regularities of dissolving lignin and carbo-hydrates of birch wood in the process of soda-sulphite cooking . . . . .	96
<i>M. M. Jablonovskaya, N. A. Dutysheva, B. D. Bogomolov, G. V. Jablonovsky, S. P. Artyukhov</i> . Determination of sulphate lignin softening and glass transition temperature . . . . .	101
<i>L. I. Belchinskaya, V. A. Shamaev, N. I. Popova</i> . Determination of lignin left after modifying in with urea by voltamperometric method on graphite electrode . . . . .	103

## Content

S. V. Dobrynin, A. T. Pashkova, V. V. Dobrynina. Chemical drying of larch sawngoods for production of glued wooden structures . . . . .	106
V. I. Krupensky, T. V. Dolgaya. The complexing of Al (II), In (III) and Ga (III) with xylose and glucose . . . . .	110
Ju. G. Khabarov, G. F. Prokshin, I. M. Bokhovkin. The device for rapid grinding small amounts of dry materials . . . . .	113

### COMPLEX MECHANIZATION AND AUTOMATION OF PRODUCTION PROCESSES

S. S. Lebed, D. M. Gaidukevitch. Resolving ability of a log-clamping device . . . . .	115
V. V. Amalitsky. The model of equipment technological durability . . . . .	120
D. L. Duduyak. The analysis of sta istic characteristics of demand flows . . . . .	123

### ECONOMICS AND ORGANIZATION OF PRODUCTION

A. P. Petrov. The system of indicators for economic appraisal of effectiness of forest resources utilization and reproduction . . . . .	127
T. A. Kistlova. On the character of displaying economic effect of the forestry activities . . . . .	131
V. I. Rogachev. The evaluation of economical efficiency of the application of wood-plastic compositions in friction joints . . . . .	136
<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">A. I. Levsha</span> , V. Ju. Los, V. N. Kholopov. Economical valuing of the application of the timber-carrying motor with combined equipment . . . . .	139

### SHORT REPORTS AND EXCHANGE OE EXPERIENCE

V. M. Eremin, S. V. Sivak. On the influence of geographical position on the anatomical structure of <i>Larix dahurica</i> Turcz. . . . .	143
L. N. Tolkachev. On compiling the tables of small-sized stems volumes . . . . .	145
L. E. Astrologova. On the yielding of <i>Vaccinium myrtillus</i> L. in bilberry pine stand of middle taiga subzone . . . . .	148
G. A. Krylov, V. V. Kolyadov, N. V. Sokolov. On the efficiency of clearing braeches in rotary peeling and clearing machines . . . . .	151
P. V. Kostrikov, R. A. Bogatyrev. Determination of effort developed of pua-son at elastic method pressetion bent- glued elements . . . . .	153
M. A. Kleiner, I. G. Nazarenko. Wearability of abrasive grains in wood grinding . . . . .	158
V. N. Volynsky. Influence of reciprocal grains direction on the strength of wood glue bonds . . . . .	161
Al. I. Chudakov, L. M. Kirpicheva, M. B. Ivanova, Ju. I. Chernousov, Ju. M. Fedolov, R. F. Ukhanov. The oxygen and soda activation of slag-lignin at the Baikal Celluloze plant . . . . .	163

### SCIENTIFIC CONFERENCES AND DELIBERATIONS

I. M. Bokhovkin, G. B. Gortinsky, G. B. Stadnitsky. III All-Union conference on dendroclimatology . . . . .	166
---	-----

### CRITIQUE AND BIBLIOGRAPHY

M. M. Korunov. The useful book . . . . .	169
G. V. Stadnitsky. For reason of one riew . . . . .	170
B. D. Bogomolov. Monography on question of fire-protective wooden materials . . . . .	171

### JUBILEE

V. I. Parfenov, A. A. Novikova, L. V. Kravchenko, L. I. Rakhtenko. N. D. Nesterovich is 75 . . . . .	172
--	-----

Цена 1 руб.

**Подписывайтесь  
на журнал на 1979 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, отдельные номера журнала высылаются наложенным платежом.

Адрес редакции: 163007, Архангельск-7, Набережная В. И. Ленина, 17, АЛТИ, «Лесной журнал».

## К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

Рукописи статей принимаются редакцией по рекомендации соответствующих кафедр высших учебных заведений.

Статьи, представляемые в журнал, не должны превышать 6—7 страниц машинописного текста. Статьи, превышающие указанный объем, к рассмотрению не принимаются. Статьи библиографического характера должны быть не более 3 страниц. В заглавии статьи указываются ее название, инициалы и фамилия автора (или авторов) на русском и английском языках и полное наименование того учреждения, в котором проделана описываемая в статье работа. Рукописи направляются в редакцию в двух отчетливо оформленных экземплярах на хорошей бумаге, перепечатанные на машинке через два интервала на одной стороне листа. На листе должно быть не более 30 строк, а в строке не более 60 знаков. С левой стороны листа оставляется чистое поле шириной в 30 мм. Все страницы рукописи должны быть пронумерованы. На полях рукописи необходимо карандашом указать места рисунков и цифровых таблиц, если последние прилагаются к статье на отдельных листах. Иностранные слова должны быть вписаны на машинке или разборчиво чернилами от руки.

Особое внимание должно быть обращено на аккуратное написание индексов и показателей степени. Следует делать ясное различие между заглавными и строчными буквами. Во избежание недоразумения заглавные буквы следует подчеркивать двумя черточками снизу, а строчные — двумя черточками сверху. Особенно это касается таких букв, как: *V* и *v*, *S* и *s*, *O* и *o*, *K* и *k*, *U* и *u*, *C* и *c*. Необходимо самое серьезное внимание обращать на аккуратное вписывание схожих по начертанию букв:

это наименование можно давать только сокращенно.

При ссылке в тексте статьи на работы других авторов следует в скобках указывать фамилию автора и год издания его работы. Упоминания имен иностранных авторов даются в русской транскрипции, ссылки на иностранные работы — на том языке, на котором они опубликованы. В случае приведения цитаты необходимо указать, откуда она взята (автор, название работы или номер тома, год издания, страницы).

Список литературы должен содержать лишь цитируемые в тексте статьи работы и, наоборот, все упоминаемые в тексте работы должны быть помещены в списке литературы. В списке указываются фамилия и инициалы автора, название работы, журнал, в котором она опубликована (для книг — место издания и издательство), год издания, № журнала и страницы. Название журнала, в котором опубликована упоминаемая в списке литературы работа, дается полностью. Ссылка на неопубликованные работы не допускается.

Рукопись должна быть тщательно выверена, подписана автором и иметь визу руководителя кафедры: должны быть написаны дата отправки рукописи, полное имя и отчество автора, его ученое звание и степень, а также служебный и домашний почтовый адреса и номера телефонов.

Иллюстрации (не более трех) представляются в двух экземплярах. Они должны быть пригодны для фотографического воспроизведения (фотографии должны быть четкими, чертежи необходимо делать черной тушью пером на ватмане, теги на рисунках — при помощи точек или штрихов).

На обратной стороне рисунка должны быть указаны автор, номер рисунка, дата и место его выполнения, а также наименование учреждения, в котором он выполнен.

приложены  
к статье  
авторам  
с требова-  
ми и более

изводить со-  
тиснения руко-  
вторам, как

10 оттисков  
публикаций  
ника).

05  
И-332

# ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ

4

---

1978