

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

---

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ  
ЗАВЕДЕНИЙ

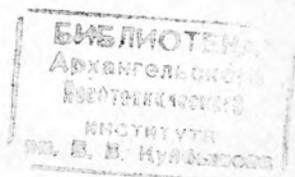
---

*Лесной журнал*

ГОД ИЗДАНИЯ СЕМНАДЦАТЫЙ

2

1974



## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

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

---

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

Выходит 6 раз в год.

© ИВУЗ, «Лесной журнал», 1974.

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

---

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ  
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 2.  
(Год издания семнадцатый)

---

Сдан в набор 1/III 1974 г. Подписан к печати 20/V 1974 г. 1974 г. Форм. бум. 70X108<sup>1/16</sup>.  
Печ. л. 15,4 + 2 вкл. Физ. печ. л. 11. Уч.-изд. л. 15,76. Тираж 2400.  
Сл. 00756. Заказ 3095. Цена 1 руб.

---

Типография им. Скляпина, г. Архангельск, Набережная **В. И. Ленина**, 86.

## СЛАВНЫЙ ЮБИЛЕЙ И НОВЫЕ ЗАДАЧИ НАУКИ

(К 250-летию Академии наук СССР)

28 января (8 февраля по новому стилю) 1724 года по указу Сената в России была основана Академия наук (ныне, с 1925 года, Академия наук СССР), которой предопределялась значительная роль в организации научной жизни государства.

При Академии наук были созданы исследовательские учреждения, в них велась большая экспериментальная работа, к участию в ней были привлечены выдающиеся ученые того времени. Первоначально Академия наук играла роль и высшего учебного заведения для подготовки научной смены академиком.

Академией наук внесен огромный вклад во все отрасли научного знания, в том числе и в развитие наук о лесе.

Еще первый русский академик М. В. Ломоносов проявил значительный интерес к проблемам рационального использования лесов, их сбережения, к изучению природы леса, высказал ценные мысли о подготовке специалистов лесного дела в России. По инициативе М. В. Ломоносова были снаряжены первые экспедиции по изучению природных ресурсов страны.

Наибольшее развитие наука получила после Великой Октябрьской социалистической революции.

В апреле 1918 г. В. И. Ленин в своем «Наброске плана научно-технических работ» наметил обширную программу исследований. Ведущая роль в этой работе отводилась Академии. «Академии наук, начавшей систематическое изучение и обследование естественных производительных сил России, — писал В. И. Ленин, — следует немедленно дать от Высшего Совета Народного Хозяйства поручение образовать ряд комиссий из специалистов для возможно более быстрого составления плана реорганизации промышленности и экономического подъема России»\*.

Руководствуясь этими положениями В. И. Ленина, Академия значительно расширила научные исследования, направленные на решение важнейших народнохозяйственных проблем.

Неуклонное возрастание роли науки в период коммунистического строительства, усложнение ее задач, рост сети научных учреждений и расширение масштабов научных исследований потребовали дальнейшего улучшения организации науки в стране. В этих целях были осуществлены важнейшие мероприятия, направленные на совершенствование организации научных исследований. На Академию наук СССР возложена разработка важнейших научных проблем. Академия наук

\* В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 36, с. 228—232.

СССР включает сейчас около 250 научных учреждений. К началу 1974 г. в системе Академии наук СССР работало более 150 тыс. человек, в том числе свыше 40 тыс. научных сотрудников.

В постановлении ЦК КПСС «О 250-летнем юбилее Академии наук СССР» высоко оценена роль советских ученых, внесших «весомый вклад в дело индустриализации страны, социалистического преобразования сельского хозяйства, осуществление пятилетних планов». Ученые Академии наук СССР обогатили отечественную и мировую науку выдающимися открытиями в физике и математике, в области космических исследований, в науке о Земле, в химии, биологии, общественных науках.

Ныне, в эру научно-технической революции, наука стала непосредственной производительной силой. Выросли масштабы и значимость и лесной науки.

В нашей стране получили развитие все отрасли лесной науки. В настоящее время научные лесобиологические, лесохозяйственные, лесотехнические, лесоэкономические, агролесомелиоративные и другие проблемы, связанные с лесом, разрабатываются в системе Академии наук СССР, Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук им. В. И. Ленина, республиканских академий, отраслевых научно-исследовательских учреждений и лесных высших учебных заведений страны. Лесные научные учреждения в Академии наук СССР представлены Институтом леса и древесины Сибирского отделения АН СССР (Красноярск), Лабораторией лесоведения АН СССР (Москва), Институтом леса Карельского филиала АН СССР (Петрозаводск); кроме того исследования по лесоведению ведутся в лабораториях научных центров и филиалов АН СССР (Уральский и Дальневосточный научные центры, Коми филиал АН СССР и др.), а также в научных институтах Академии наук СССР и союзных республик, занятых проблемами ботаники, географии и т. п.

В целом по стране около ста научно-исследовательских учреждений, вузов и факультетов ведут научные исследования по вопросам, связанным с лесом. В различных отраслях лесной науки и лесного образования занято более 15 тыс. научных работников, в том числе около 4 тыс. кандидатов и 300 докторов наук и профессоров.

Решаются важные народнохозяйственные проблемы — повышения продуктивности лесов, их возобновления, использования леса как фактора окружающей среды, ускорения технического прогресса в лесозаготовительной промышленности, в области обработки и переработки древесины, создания новых материалов.

Деятельность многих ученых, работающих в вузах, традиционно связана с участием их в разработке научных проблем, решаемых академиями наук. Наша высшая школа всегда являлась одним из важнейших источников пополнения состава Академии наук СССР и других академий. Не являются исключением и лесные вузы.

Большая часть творческой жизни Героя социалистического труда акад. В. Н. Сукачева прошла в Лесотехнической академии. Там же работали известные почвоведы академики К. К. Гедройц и И. В. Тю-

рин, крупнейший лесной физиолог, член-корреспондент Академии наук СССР Л. А. Иванов, в Ленинградской лесотехнической академии продолжает работать член-корреспондент Академии наук СССР Н. И. Никитин — виднейший специалист в области химии древесины и целлюлозы. Подобные примеры можно привести по академиям наук УССР, БССР, Грузинской ССР и др.

Профессора и преподаватели центральных и периферийных вузов принимали активное участие в организации и развитии научно-исследовательских учреждений АН СССР. Акад. В. Н. Сукачев был основателем и директором Института леса АН СССР, профессор М. Е. Ткаченко организовал и возглавлял лабораторию лесоводства в этом Институте; Архангельский лесотехнический институт еще в тридцатых годах способствовал организации лесного сектора в составе Северной базы АН СССР — первого научного учреждения АН СССР (преемника б. Полярной комиссии Академии наук) на периферии; позднее при активном участии одного из профессоров этого института был создан Институт леса и лесохимии АН СССР (ныне Архангельский институт леса и лесохимии Гослесхоза СССР). В Ленинграде стали традиционными творческие связи ученых Лесотехнической академии им. С. М. Кирова и Ботанического института АН СССР им. В. Л. Комарова. В Красноярске установлены деловые контакты между учеными Института леса и древесины СО АН СССР и Сибирского технологического института МВО РСФСР. Профессора Московского лесотехнического института и ряда других лесных вузов совместно с учеными Академии наук СССР и ВАСХНИЛ принимают активное участие в рассмотрении и решении крупных народнохозяйственных проблем, связанных с лесом и его многосторонним использованием.

Вузы нашей страны выполняют огромную самостоятельную научно-исследовательскую работу, в том числе по различным лесным проблемам. Здесь сосредоточена наибольшая часть ученых, выполняется значительный объем работ как по госбюджету, так и по хоздоговорным темам. Ученые лесотехнических вузов внесли большой вклад в создание лесозаготовительных машин и механизмов, в экономику и технологию лесозаготовительного производства, производств по обработке и переработке древесины, разработку систем рубок, научных основ лесовосстановления, повышения продуктивности леса, в изучение природы лесов различных регионов страны; заслуживают признания теоретические разработки в области лесоведения и лесоводства, лесной патологии, лесохимии, лесного транспорта и многих других областях лесного дела.

В вузах имеются особо благоприятные условия для проведения комплексных исследований, так как здесь работают ученые разных специальностей; к решению лесных проблем можно привлечь и специалистов смежных дисциплин, проводить поиски на стыке наук. Эти возможности необходимо шире использовать. В особенности необходим комплексный, биогеоценотический, экосистемный подход к лесу, как сложному природному объекту, многостороннее значение которого все

более широко раскрывается в наше время; с этим связана и необходимость разработки комплексного получения и использования различных продуктов леса.

В настоящее время все большее внимание привлекает проблема наиболее полного и рационального использования не только древесины, но и всей лесной фитомассы; особую актуальность при этом приобрела задача промышленного использования коры, получаемой при окорке. Еще многое предстоит сделать в области использования отходов, получаемых при обработке и переработке древесины.

За последние годы большую озабоченность широкой общественности вызвали явления ухудшения окружающей среды — загрязнение атмосферы, воды, почвы. Использование леса, являющегося важнейшей составной частью биосферы, — как природного стабилизирующего фактора, — актуальнейшая современная проблема, в комплексном решении которой лесные вузы должны принять самое непосредственное участие. Здесь требуется научная разработка как мероприятий по охране природы, так и других путей повышения эффективности защитных влияний леса.

Для решения научных и производственных лесных проблем заслуживает большого внимания разработка и применение новых научных методических подходов, соответствующих современному уровню науки, например, системного анализа, моделирования и пр.

Необходимо дальнейшее расширение и углубление кооперирования лесных вузов не только с научно-исследовательскими учреждениями, но и с производственными предприятиями, что ускорит внедрение результатов исследований.

Ответственную задачу выполняют лесные вузы в области подготовки научных кадров различных отраслей лесной науки, в том числе и для академических учреждений.

Качество этой подготовки необходимо всемерно улучшать. Любовь к науке, первые навыки исследований закладываются еще в студенческие годы. Эта сторона требует особого внимания профессоров и преподавателей; их роль в привитии студентам таких качеств огромна.

Многие известные деятели лесной науки свои первые шаги в науку сделали в студенческих научных кружках, руководимых профессорами Г. Ф. Морозовым, Г. Н. Высоцким, М. Е. Ткаченко, В. Н. Сукачевым, М. Н. Римским-Корсаковым и др. Выросшие в настоящее время научные студенческие общества (НСО) ведут большую исследовательскую и конструкторскую работу; расширять и углублять эту работу, создавать для нее необходимые условия — почетная задача вузовских коллективов.

Отмечая 250-летие Академии наук СССР, выполняя задачи, поставленные XXIV съездом КПСС, ученые со свойственным им чувством ответственности приумножат славные традиции прошлого и добьются новых успехов в развитии научного и технического прогресса в нашей стране.

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 634.0.221 : 634.0.23

## РУБКИ УХОДА И ИХ РОЛЬ В ЛЕСОВОСТАНОВЛЕНИИ

М. С. ЧЕРНОБРОВЦЕВ

Воронежский лесотехнический институт

Лесоводственные меры ухода за лесом, — неразрывное звено в комплексе процесса лесовосстановления. Их недооценка, как правило, приводит к печальным последствиям: смене пород и гибели культур. В области лесовосстановления важнейшей задачей следует считать повышение производительности труда, которое может быть достигнуто путем приспособления технологии рубок ухода и лесных культур к имеющимся средствам механизации и химизации.

По плану девятой пятилетки намечается в лесах СССР вырубить сплошными лесосеками около 12 млн. га. На площади ежегодных сплошных рубок в 2,4 млн. га предусматривается посадка и посев леса на 1,2 млн. га, сохранение подроста — на 0,8—0,9 млн. га, остальная часть будет оставлена для естественного возобновления. К таким огромным планам лесовосстановления надо добавить работы по реконструкции малоценных осиновых и березовых молодняков. Ни одно из упомянутых мероприятий не может быть успешным без применения лесоводственных мер ухода. Недооценка ухода, как правило, приводит к печальным последствиям. Так, в Шиповском лесном массиве лесоустройством 1950 г. было выявлено 4929 га культур дуба, из них 46% погибших и неудовлетворительных. Наибольший процент гибели культур падает на 1900—1910 гг. и 1930—1940 гг. [2]. В Хоботовском лесопромхозе Тамбовской области за 70 лет (с 1880 г. по 1950 г.) были созданы культуры сосны на площади 2792 га [1]. По данным лесоустройства 1950 г., из них сохранилось только 12%.

В послевоенные годы на территории ЦЧЭР было создано около 140 тыс. га культур сосны в основном на почвах из-под сельскохозяйственного пользования. Однако из-за отсутствия прочисток нынешнее состояние их внушает ряд опасений. Несмотря на высокую первоначальную густоту (10—17 тыс. посадочных мест на 1 га), они ни разу не подвергались прочисткам. В результате за последние годы резко снизился прирост, возникла большая пожарная опасность и в ближайшее время можно ожидать возникновения в них благоприятных условий для появления корневой губки. Большие площади этих культур оказались заселенными основным подкорным клопом.

Основная причина гибели культур — невозможность обеспечения надлежащего ухода, связанная с недостатком рабочей силы и отсутствием механизации рубок ухода в молодняках. Однако даже в такой зоне интенсивного лесного хозяйства, какой является центрально-черноземная область, средние фактические выходы рубящей массы с 1 га в 1967 г. на осветлениях составили всего 3,7 м<sup>3</sup> и на прочистках 5,8 м<sup>3</sup>, что в несколько раз меньше реально возможного и допустимого по состоянию насаждений. Не менее важна роль рубок ухода в молодняках и при реконструкции малоценных насаждений, которую, как правило, проводят в насаждениях I—II классов возраста и, чаще всего,

методом прорубки коридоров и последующего введения в них культур [4]. По данным Ворошиловского леспромхоза (Шипов лес), для полного обеспечения реконструкции молодняка осины потребовалось провести за 17 лет пять прочисток и затратить 90—100 чел.-дн. В Теллермановском леспромхозе в молодых культурах дуба, созданных посевом после сплошной рубки осинника, за 19 лет потребовалось выолнить четыре ухода и вырубить  $112 \text{ м}^3$  с  $1 \text{ га}$ , затратив на это 100 чел.-дн. Только в результате такого интенсивного ухода было создано почти чистое дубовое семенное насаждение взамен малоценного осинника. Таковы реальные затраты труда на реконструкцию. Они значительно превышают те нормативы на рубки ухода в молодняках, которыми располагают в данное время лесхозы. Поэтому при проектировании размеров затрат на рубки ухода в молодняках и на работы по реконструкции необходимо исходить из реальных экономических условий в данном хозяйстве. О состоянии лесного фонда ЦЧО можно судить по данным Министерства лесного хозяйства РСФСР на 1 января 1967 г. [6] (табл. 1).

Таблица 1

Секция	Покрытая лесом площадь, тыс. га				
	молодняки	средневозрастные	приспевающие	спелые	всего
Сосновая	194,9	49,2	20,0	14,2	278,3
Дубовая					
высокоствольная	115,0	61,1	9,5	6,4	192,0
низкоствольная	147,5	163,2	38,8	13,8	363,3
Прочие твердолиственные	14,4	9,6	1,9	1,4	27,3
Мягколиственная	61,2	36,2	42,3	26,6	166,3
Ольховая	19,9	7,5	10,5	6,0	44,1
Всего	552,9	326,7	123,2	68,4	1071,3

Дореволюционное лесное хозяйство в ЦЧО оставило нам огромную площадь сплошных вырубок, возобновившихся в основном вегетативным путем, в том числе со сменой пород. Из табл. 1 видно, что почти половина (48%) площади дубрав представлена молодняками, по высокоствольному дубовому хозяйству этот процент достигает 60, по хвойному (сосна) — 70.

В лесном фонде ЦЧЭР значителен удельный вес насаждений с полнотой 0,3—0,5 (15%), не менее 2/3 площади малополнотных насаждений представлено молодняками.

Пониженные товарные качества, изреженность порослевых дубрав, недостаточная их производительность и значительная площадь молодняков, в основном порослевого происхождения, или культур, заглушаемых малоценными мягколиственными породами, — все это позволяет сделать вывод о решающей роли рубок ухода за лесом. Замена порослевых дубняков пониженной производительности в боровых условиях произрастания сосной, восстановление основных ценных пород на площадях лесовосстановительных рубок и сплошных рубок главного пользования, на которых произошла смена пород, уход за лесными культурами, наконец, реконструкция малоценных молодняков, — все эти мероприятия неотделимы от проведения рубок ухода и преследуют общую цель — борьбу с нежелательной сменой пород.

Существовавший до сих пор уровень лесного хозяйства с ориентацией на ручной труд не позволял расширить до требуемого размера работы по реконструкции насаждений. Если создание лесных культур

в настоящее время в значительной степени механизировано, то производительность труда на рубках ухода в молодняках остается еще на крайне низком уровне. Поэтому в цикле лесовосстановления создан разрыв между производством культур и последующим лесоводственным уходом за ними, что и приводит к большому отпаду и даже гибели культур. Иногда перевод лесных культур в лесной фонд делается преждевременно, часто вслед за прополкой, и хорошая приживаемость культур считается достаточным основанием для такого перевода. Между тем даже смыкание культур еще не всегда гарантирует дальнейшую их сохранность вследствие заглушения быстрорастущими породами-спутниками. Поэтому процесс лесовозобновления нельзя разрывать на две части: посадку (посев) и лесоводственный уход.

Одна из основных задач лесного хозяйства — повышение производительности труда. В области лесовосстановления и рубок ухода оно может быть достигнуто благодаря следующим мероприятиям.

1. Существующую технологию создания лесных культур необходимо изменить, предусмотрев возможности механизации. Для этого надо смело пойти на увеличение ширины междурядий до 2,8—3,0 м. Это создаст условия для прохождения как почвообрабатывающих механизмов, так и машин для трелевки и вывозки деревьев. Исключенные составляют дубовые культуры, где необходимы узкие междурядья и введение подгоночных пород («шубы» для дуба). Расширение междурядий облегчит и борьбу с вредителями также механизированными методами. Возражения против этой меры обычно сводятся к тому, что расширение междурядий способствует увеличению сбегу стволов, повышению сучковатости деревьев и замедляет очищение их от сучьев. Однако рекомендуемое увеличение ширины междурядий очень незначительно, и некоторое его отрицательное влияние в известной степени будет компенсировано сокращением расстояния между сеянцами в ряду, а смыкание рядов отодвинется не более чем на 5 лет. Практика рубок ухода в загущенных 12—15-летних сосновых культурах, в которых вырубался полностью каждый четвертый ряд, показала, что в результате этих рубок прогалины шириной 2,5—3,0 м полностью смыкались через 5—7 лет, и восстанавливалась нормальная полнота. Опыт создания культур сосны в центральных областях РСФСР, где уже несколько десятков лет практиковалась ширина междурядий 2,6—3,0 м с числом посадочных мест 6—7 тыс. шт. на 1 га, подтверждает правильность нашего предложения. П. И. Дементьев [3] указывает, что старые (40—67-летние) культуры в Московской области закладывали с междурядьями 3,2—2,4 м; в настоящее время у них прекрасный вид, стволы имеют хорошую форму и нормально очищены от сучьев. Поэтому он рекомендует ширину междурядий 2,8—3,0 м, удобную для проезда машин. В известном Поречском лесничестве Московской области К. Ф. Тюрмер [8] практиковал ширину междурядий 2,4—2,9 м и густоту культур 4,5—5,1 тыс. шт. на 1 га. Лучшие образцы этих культур, достигавшие 110-летнего возраста, созданы именно этим методом и имеют запасы до 1000 м<sup>3</sup> на 1 га.

Н. П. Телегин [7] и И. С. Мелехов [5], описывая технологию рубок ухода, также отмечают, что лесоводы Скандинавии ориентируются на густоту лесных культур 2—2,5 тыс. шт. на 1 га.

2. Использование химических методов борьбы с нежелательной древесной растительностью — также большой резерв в уходе за составом насаждений. Способы применения арборицидов при уходе за молодняками достаточно четко разработаны нашими научно-исследовательскими организациями и проверены на производстве. В условиях интенсивного лесного хозяйства, когда лесные участки перемежаются с сель-

скохозяйственными посевами и расположены вблизи населенных пунктов, хорошо зарекомендовал себя базальный метод уничтожения мягколиственных пород путем инъекции арборицидов в ствол или даже обмазывания коры ствола кольцом шириной 10—20 см. Опыт показал весьма высокую эффективность этого метода. В связи с отсутствием необходимости в рубке и трелевке деревьев затраты труда сокращаются в 5—10 раз по сравнению с прежней технологией ухода.

3. Необходимо повысить интенсивность выборки массы на рубках ухода. Увеличение выходов в 2—3 раза, а в листовенно-хвойных молодняках еще более (вплоть до вырубки всей лиственной части) приведет к соответствующему повышению производительности труда на этих видах рубок ухода, предотвратит смену пород, устранит гибель культур и резко повысит лесоводственную ценность рубок ухода, а в конечном итоге их экономическую значимость.

Указанные мероприятия направлены на повышение производительности труда в лесном хозяйстве. Их реализация позволит решить проблему рабочей силы, недостаток которой тормозит интенсификацию лесного хозяйства и улучшение качества наших лесов.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. И. В. Воронин, М. А. Куликов. Анализ хозяйственной деятельности лесхозов. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1972. [2]. Б. П. Горбунов. Опыт соустройства ценных лесных массивов. Гослесбумиздат, 1954. [3]. П. И. Деметьев. Опыт работы Бронницкого лесничества. М.—Л., 1954. [4]. Д. И. Дерябин. Рубки ухода в лесах СССР. М.—Л., 1972. [5] И. С. Мелехов, И. К. Иевинь, Я. К. Матузанис. Вопросы рубок ухода в Скандинавии. Журн. «Лесное хозяйство» № 2, 1970. [6]. Министерство лесного хозяйства. Технико-экономический обзор деятельности по Гослесхозу за 1967 г. М., 1969. [7]. Н. П. Телегин. Лесовосстановление в Швеции. М., 1973. [8]. К. Ф. Тюрмер. 50 лет лесохозяйственной практики. М., 1891.

Поступила 14 декабря 1973 г.

УДК 634.948:631.4

## О ВОЗДЕЙСТВИИ ИСКУССТВЕННЫХ ДУБОВО-СОСНОВЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ НА ПОЧВУ В РАЙОНЕ МАЛОГО ПОЛЕСЬЯ УССР

М. Т. ГОНЧАР, В. И. ПАРПАН

Львовский сельскохозяйственный институт

Приводятся данные о физико-химическом составе почв под чистыми сосновыми, дубовыми и смешанными сосново-дубовыми искусственными фитоценозами в разных лесорастительных условиях Малого Полесья УССР. Делается вывод о полезности примеси дуба к сосне, так как увеличивается количество гидролизующего азота, фосфора, калия, кальция, магния, рН водной и солевой вытяжек. Подчеркивается положительная роль лещины.

Вопросу изучения почвообразующей и почвоулучшающей роли дуба и сосны посвящены многочисленные работы ([4], [6], [7], [9], [11] и др.). О влиянии смешанных дубово-сосновых насаждений на эти процессы упоминается в литературе [2], [3], однако эти сведения относятся к другим геоботаническим районам.

В настоящем сообщении приводятся сравнительные данные о воздействии дубовых, сосновых и оптимальных или близких к ним по составу [8] дубово-сосновых фитоценозов на дерново-подзолистые песчаные и легкосуглинистые почвы в наиболее распространенных типах

Таблица 1

№ ассоциация*	Ассоциация, тип лесорастительных условий, место произрастания	Состав насаждения	Средний возраст, лет	Полнота	Класс бонитета	Средние		Запас на 1 га, м <sup>3</sup>
						диаметр, см	высота, м	
1	Сосняк-черничный (В <sub>3</sub> ), Нестеровское лесничество Нестеровского лесхоззага	9,8С	70	0,82	I	33,8	24,6	369
		0,2Д	40—60		III-IV	15,9	12,5	8
2	Сосняк дубово-черничный (В <sub>3</sub> ), там же	7,5С	65	0,45	I	33,4	23,0	172
		2,5Д	40—60	0,35	III-IV	16,7	14,5	56
3	Сосняк лещиновый (С <sub>2</sub> ), Радеховское лесничество Радеховского лесхоззага	9,8С	86	0,74	Ia	45,4	30,2	498
		0,2Д	86	0,02	I	25,4	23,6	11
4	Дубняк лещиновый (С <sub>2</sub> ), там же	9Д	70—86	0,67	I	28,5	26,1	293
		1С	86	0,07	Ia	46,1	29,7	31
5	Сосняк дубово-лещиновый (С <sub>2</sub> ), там же	6С	86	0,49	Ia	45,9	29,9	329
		4Д	86	0,46	I	29,0	27,0	224
6	Сосняк лещиново-кисличный (С <sub>3</sub> ), Великомоштовское лесничество Нестеровского лесхоззага	10С	82	0,70	Ia	34,8	28,8	415
7	Дубняк лещиново-недотроговый (СД <sub>3</sub> ), там же	10Д	83	0,85	I—Ia	36,0	27,4	434
8	Сосняк дубово-лещиново-недотроговый (СД <sub>3</sub> ), там же	5,3С	83	0,42	Ia	35,1	28,1	268
		4,7Д	83	0,48	Ia	37,4	27,8	238

\* В дальнейшем вместо полного названия ассоциации будем приводить цифровые ее значения или индексы типов лесорастительных условий.

лесорастительных условий в районе Малого Полесья (Львовская область) — табл. 1.

Сравниваемые пробные площади расположены в непосредственной близости в пределах одного таксационного выдела, поэтому морфологическое строение профилей почв почти одинаково. Различие состоит в незначительном варьировании мощности лесной подстилки и некоторых подгоризонтов почв. Для примера приведем краткое описание некоторых почв.

Сосняк дубово-черничный (В<sub>3</sub>). Почва дерново-среднеподзолистая, песчаная на флювиогляциальных отложениях.

A <sub>0</sub>	0—5 см	Лесная подстилка бурая, оторфованная, трехслойная.
A <sub>1</sub> '	5—19 см	Темно-серый, комковато-пороховатый, песчаный.
A <sub>1</sub> ''	18—31 см	Серый с палевым оттенком, пороховатый, песчаный.
A <sub>2</sub>	31—49 см	Светло-серый, белесоватый, пороховатый, песчаный.
B	49—98 см	Палево-ржавый с железистыми конкрециями, песчаный.
C	98—110 см	Флювиогляциальные песчаные отложения.

Сосняк дубово-лещиновый (С<sub>2</sub>). Почва дерново-слабоподзолистая, песчаная с глинистой прослойкой на флювиогляциальных отложениях.

A <sub>0</sub>	0—2 см	Лесная подстилка темно-коричневая, трехслойная.
A <sub>1</sub> '	2—16 см	Серый, комковато-пороховатый, песчаный.
A <sub>1</sub> ''	16—27 см	Светло-серый с палевым оттенком, пороховато-комковатый, песчаный.
B <sub>1</sub>	27—62 см	Светло-палевый, пороховатый, песчаный.
B <sub>2</sub>	62—111 см	Светлый, пороховатый, песчаный.
B <sub>3</sub>	111—162 см	Буровато-ржавый, ореховато-призматический, легкий суглинок.
C	162—170 см	Флювиогляциальные песчаные отложения.

Сосняк дубово-лещиново-недотроговый (СД<sub>3</sub>). Почва дерново-слабо-подзолистая, глееватая, легкосуглинистая на лёссовидной карбонатной породе.

A <sub>0</sub>	0— 2 см	Лесная подстилка темно-коричневая, трехслойная.
A' <sub>I</sub>	2— 27 см	Серый, зернисто-комковатый легкий суглинок.
A'' <sub>I</sub>	27— 48 см	Серый, комковато-зернистый легкий суглинок.
BC <sub>gl</sub>	48— 82 см	Ржавый, к низу оглеенный, комковато-призматический средний суглинок.
C <sub>k gl</sub>	92— 95 см	Лёссовидный, карбонатный, оглеенный суглинок.

№ ассоциации	Генетический горизонт	Глубина взятия образца, см	Гумус, %	Азот, %	рН	
					H <sub>2</sub> O	KCl
1	A' <sub>I</sub>	7—17	2,87	0,056	4,05	3,10
	A'' <sub>I</sub>	22—32	1,61	0,056	4,60	4,00
	A <sub>2</sub>	40—50	0,27	0,040	4,80	4,69
	B	60—78	0,26	0,028	5,00	4,74
	B	78—98	0,26	0,017	4,96	4,44
2	A' <sub>I</sub>	5—15	3,28	0,089	4,45	4,11
	A'' <sub>I</sub>	20—30	1,67	0,045	4,65	4,25
	A <sub>2</sub>	37—47	0,23	0,028	4,82	4,04
	B	56—75	0,23	0,022	5,35	4,60
	B	75—95	0,23	0,017	5,41	4,00
3	A' <sub>I</sub>	3—13	2,29	0,067	4,16	3,26
	A'' <sub>I</sub>	15—25	0,65	0,062	4,59	3,90
	B <sub>1</sub>	38—48	0,26	0,045	5,40	4,56
	B <sub>2</sub>	60—73	0,21	0,040	6,05	4,79
	B <sub>3</sub>	73—100	0,10	0,022	6,30	5,37
4	B <sub>3</sub>	100—160	0,37	0,017	6,55	5,04
	A' <sub>I</sub>	2—12	2,81	0,378	5,60	4,54
	A'' <sub>I</sub>	16—27	1,51	0,054	5,34	4,21
	B <sub>1</sub>	40—50	0,21	0,029	6,24	4,92
	B <sub>2</sub>	61—72	0,21	0,020	6,36	4,84
5	B <sub>2</sub>	72—100	0,40	0,017	6,50	5,11
	B <sub>3</sub>	100—160	0,44	0,017	5,84	4,20
	A' <sub>I</sub>	2—12	2,06	0,070	5,65	4,54
	A'' <sub>I</sub>	16—27	0,78	0,045	5,34	4,45
	B <sub>1</sub>	40—50	0,27	0,045	6,44	5,35
6	B <sub>2</sub>	60—72	0,27	0,034	6,35	4,90
	B <sub>2</sub>	72—100	0,27	0,022	6,43	5,00
	B <sub>3</sub>	100—160	0,36	0,017	6,00	4,40
	A' <sub>I</sub>	3—13	2,23	0,089	4,65	3,85
	A'' <sub>I</sub>	15—22	1,61	0,034	5,00	4,20
7	B <sub>1</sub>	25—35	0,73	0,022	5,20	4,45
	B <sub>2</sub>	38—73	0,41	0,022	5,61	4,67
	B <sub>2</sub>	75—108	0,21	0,011	5,50	4,79
	A' <sub>I</sub>	1—11	3,69	0,101	5,38	4,46
	A'' <sub>I</sub>	24—34	1,09	0,034	5,78	4,26
8	B <sub>gl</sub>	44—71	1,06	0,028	5,86	4,37
	B <sub>gl</sub>	71—80	0,49	0,017	7,90	7,29
	A' <sub>I</sub>	2—12	3,55	0,089	5,16	4,02
	A'' <sub>I</sub>	27—37	1,04	0,062	5,15	4,00
	B <sub>gl</sub>	48—72	0,94	0,028	5,95	4,16
	B <sub>gl</sub>	72—80	0,74	0,011	6,75	5,70

На каждой пробной площади почвенные образцы отбирали из 2—3 шурфов по генетическим горизонтам, а слой 0—10 см в 20-кратной повторности.

Физико-химические анализы выполняли в трехкратной повторности по общепринятой методике [1]. Средние данные показаны в табл. 2. Механический состав почв определяли пипеточным методом с подготовкой проб по М. М. Качинскому (результаты в связи с громоздкостью не приводятся).

Как видно из табл. 2, почвы под исследуемыми фитоценозами относятся к кислым и сильнокислым, о чем свидетельствуют показатели рН водной и солевой суспензий. Во всех лесорастительных условиях (В<sub>3</sub>, С<sub>2</sub>, С<sub>3</sub>, СД<sub>3</sub>), под дубовыми с лещиной (пробные площади 4, 7), дубово-сосновыми (проба 2) и с примесью лещины (пробы 5, 8) на-

Таблица 2

обменные катионы, мг-экв на 100 г почвы				Степень ненасыщенности, %	мг на 100 г почвы		
Н гидролитическая	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	сумма		гидролизуемый азот	подвижный фосфор	обменный калий
9,8	0,8	0,2	10,8	90,7	1,2	0,94	3,4
7,7	0,6	0,2	8,5	90,5	1,2	0,81	3,0
2,0	0,3	0,2	2,5	80,0	1,2	0,44	1,6
1,1	0,4	0,2	1,7	64,7	—	0,65	2,6
1,5	0,6	0,2	2,3	65,2	—	0,48	2,0
6,1	1,2	0,4	7,7	79,2	1,8	0,90	4,0
3,1	0,8	0,2	4,1	75,6	1,6	0,60	2,0
2,0	0,6	0,2	2,8	71,4	1,3	0,81	1,2
0,9	0,6	0,2	1,7	52,9	—	0,69	4,0
1,7	2,8	0,8	4,3	39,5	—	0,69	5,8
6,7	1,4	0,3	8,4	79,7	1,1	2,28	3,4
3,3	0,8	0,2	4,3	75,0	1,1	3,93	1,6
2,0	0,5	0,2	2,7	74,0	1,1	6,28	1,6
2,0	0,6	0,2	2,8	71,4	1,1	7,83	1,6
0,7	0,8	0,2	1,7	41,1	—	5,50	2,0
1,2	10,4	2,4	14,0	8,5	—	19,44	15,0
4,0	1,8	1,0	6,8	58,8	3,4	2,90	6,2
2,8	1,0	0,3	4,1	68,2	1,7	2,75	2,6
1,1	0,6	0,2	1,9	57,8	1,2	2,73	3,0
1,0	0,5	0,3	1,8	55,5	1,1	5,50	3,0
0,7	0,7	0,1	1,5	46,6	1,1	3,93	2,0
4,3	5,3	2,5	12,1	35,5	0,6	21,02	15,0
2,8	2,8	0,4	6,0	46,6	2,8	3,00	4,0
1,8	1,0	0,2	3,0	60,0	2,3	2,93	1,6
1,0	1,0	0,4	2,4	40,1	1,7	10,28	1,6
1,0	1,0	0,5	2,5	40,0	1,1	15,55	1,6
0,8	0,6	0,2	1,6	50,0	1,1	13,00	1,2
2,5	5,6	1,2	8,3	30,0	0,6	24,30	10,4
4,9	4,9	1,2	11,0	44,5	3,5	2,13	4,4
3,5	2,5	0,8	6,8	51,4	2,3	1,75	3,4
2,3	1,0	0,2	3,5	65,7	1,7	3,50	3,0
0,9	0,6	0,2	1,7	52,9	—	6,25	2,6
1,0	0,6	0,2	1,8	55,5	—	5,10	1,6
5,7	1,0	1,0	13,7	41,6	3,4	12,80	31,0
3,9	7,4	0,5	11,8	33,0	2,3	12,80	10,4
3,3	22,6	1,0	26,9	11,2	1,7	6,29	30,4
0,5	27,6	0,6	28,7	1,7	1,7	16,10	23,4
6,3	4,4	1,2	11,9	52,9	3,5	5,70	18,8
4,7	5,8	1,1	11,6	40,5	1,3	23,05	11,8
3,3	14,4	1,4	19,1	17,2	0,6	13,85	24,8
0,8	20,4	1,6	22,8	3,5	0,6	30,05	22,0

саждениями прослеживается заметное увеличение рН водной и солевой суспензий, по сравнению с чистыми сосновыми (проба 1) и сосновыми с подлеском лещины (пробы 3, 6) насаждениями. Еще заметнее раз-

ница в катионообменной способности почв. В составе обменных катионов кроме кальция и магния значительное место занимает Н-ион. Поэтому почвы под чистыми сосняками в меньшей степени насыщены основаниями. Правда, лещиновый подлесок несколько нивелирует эту разницу (проба 6). Полученные данные подтверждают выводы исследователей о способности дуба [4], [7], [10] и лещины [5], [12] подщелачивать почву и улучшать ее катионообменную способность по кальцию и магнию.

Обращает на себя внимание то, что в сосняке дубово-лещиновом степень ненасыщенности основаниями и кислотность почв несколько ниже, а сумма  $\text{Ca}^{++}$  и  $\text{Mg}^{++}$  выше, чем под сосняком лещиновым и дубняком лещиновым. Аналогичные данные получены Л. Г. Богашовой [3] для Воронежской области.

Отмечено, что количественное накопление гумуса превалирует в дубовых и дубово-сосновых насаждениях по сравнению с сосновыми. Та же тенденция прослеживается и по общему азоту, особенно в слое почвы 0—10 см.

Определенный интерес представляют данные о подвижных формах питательных веществ в почвах под насаждениями различного состава (табл. 3).

Таблица 3

Тип лесорастительных условий	Состав насаждения	Запас подвижных форм питательных веществ в слое 0—70 см (в числителе—кг/га абс. сухой почвы, в знаменателе—%)				
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg
B <sub>3</sub>	9,8C0,2Д	$\frac{94}{100}$	$\frac{75}{100}$	$\frac{267}{100}$	$\frac{984}{100}$	$\frac{260}{100}$
		$\frac{112}{119}$	$\frac{85}{113}$	$\frac{333}{124}$	$\frac{1727}{175}$	$\frac{328}{126}$
C <sub>2</sub>	9,8C0,2Д	$\frac{115}{100}$	$\frac{608}{108}$	$\frac{200}{100}$	$\frac{1530}{100}$	$\frac{273}{100}$
		$\frac{172}{149}$	$\frac{330}{54}$	$\frac{369}{184}$	$\frac{1768}{115}$	$\frac{465}{170}$
C <sub>3</sub>	6С4Д	$\frac{218}{189}$	$\frac{937}{154}$	$\frac{225}{112}$	$\frac{2939}{192}$	$\frac{507}{185}$
		$\frac{125}{108}$	$\frac{503}{82}$	$\frac{335}{167}$	$\frac{3384}{221}$	$\frac{544}{199}$
CD <sub>3</sub>	10Д	$\frac{242}{100}$	$\frac{1040}{100}$	$\frac{2462}{100}$	$\frac{26989}{100}$	$\frac{1032}{100}$
		$\frac{177}{73}$	$\frac{1554}{149}$	$\frac{2050}{83}$	$\frac{17437}{64}$	$\frac{1590}{154}$

Анализируя таблицу, можно заключить, что примесь дуба к сосне значительно улучшает подвижность питательных веществ. Так, в сосняке дубово-черничном под влиянием дуба количество легко гидролизуемого азота увеличилось на 19%; фосфора — на 13%; калия — на 24%; кальция — на 75%; магния — на 26% по сравнению с сосняком-черничником. Такая же картина прослеживается и по другим типам лесорастительных условий. Отмечено, что в сосняке дубово-лещиновом (ассоциация 5) количество азота, фосфора, кальция, магния в лесчаной дерново-слабоподзолистой почве аккумулируется больше, чем в дубняке и сосняке лещиновых. На почвах легкосуглинистых глееватых этот перелес отмечен по фосфору и магнию по сравнению с дубовым цено-

зом. Наблюдается абсолютное увеличение почти всех названных элементов по мере нарастания трофности почв.

Приведенные материалы позволяют сделать вывод о том, что в районе Малого Полесья на дерново-подзолистых почвах, во влажной субори и свежем сугрудке следует стремиться к восстановлению смешанных дубово-сосновых насаждений. По сравнению с чистыми сосновыми ценозами такие насаждения положительно влияют на лесорастительные свойства почв. По некоторым показателям, в частности, по содержанию подвижных форм азота, фосфора, калия (для  $B_3$ ), кальция и магния в почвах, сосняки дубово-черничные и дубово-лещиновые предпочтительнее чистых сосняков и дубняков, почвы под ними более насыщены основаниями и менее кислые. Положительна роль примеси лещины. На дерново-слабоподзолистых легкосуглинистых глееватых почвах дубняк лучше смешанного дубово-соснового насаждения воздействует на почву. Поэтому при создании лесных культур в таких условиях дуб черешчатый должен быть эдификатором, а сосна — субэдификаторной породой.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Е. В. Аринушкина. Руководство по химическому анализу почв. Изд. МГУ, 1970. [2]. В. В. Бабенко. Вплив чистих та змішаних насаджень на ґрунтоутворення в свіжих суборах та сугрудках Полісся України. Наукові праці УСГА, 47, 1971. [3]. Л. Г. Богашева. О почвоулучшающей роли смешанных хвойно-лиственных насаждений. Научные доклады высшей школы, № 2, 1958. [4]. М. Т. Гончар, Я. П. Одинак. Вплив дуба і сосни на ґрунт в лісокультурах вологого сугрудка. Наукові праці Львівського сільськогосподарського інституту, т. 42, 1972. [5]. С. О. Золотарьов. Оптимальні ґрунтові умови для росту сосни. Наукові праці лісогосподарського факультету УАСГА «Лісівництво та лісорозведення», т. 16, Київ, 1960. [6]. С. В. Зонн. Влияние леса на почвы. Изд. АН СССР, М., 1954. [7]. Д. Д. Лавриненко. Наукові основи підвищення продуктивності лісів Полісся України. Вид. УА СГН, Київ, 1960. [8]. Я. П. Одинак. Взаимоотношения сосны и дуба в насаждениях равнинных лесов Западных областей УССР. Автореферат кандидатской диссертации, Львов, 1969. [9]. П. С. Погребняк. Сосново-дубовые культуры. Журн. «В защиту леса» № 2, 1938. [10]. П. С. Погребняк, А. І. Зражевський, В. І. Словіковський. До питання про походження реакції лісової підстилки. Праці інституту лісівництва АН УРСР, т. III, 1952. [11]. Н. П. Ремезов. О роли леса в почвообразовании. Журн. «Почвоведение» № 12, 1953. [12]. А. П. Утенкова. Процесс минерализации листьев дуба и сопутствующих ему пород. Труды Воронежского университета, 1956.

Поступила 16 ноября 1973 г.

УДК 634.0.232

### КУЛЬТУРЫ ЕЛИ К. Ф. ТЮРМЕРА НА ТЕРРИТОРИИ СМОЛЕНСКО-МОСКОВСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

М. Д. МЕРЗЛЕНКО

Московский лесотехнический институт

Культуры ели, созданные К. Ф. Тюрмером в прошлом веке, в настоящее время представляют собой 70—90-летние высокопроизводительные насаждения. В кислочниковом типе леса их запас на 17% превышает запасы естественных ельников Московской области. Максимальная продуктивность отмечена при густоте посадки 2500 шт./га

Во второй половине XIX в. на землях, принадлежавших графу Уварову, расположенных в западной части Московской губернии, лесоводом К. Ф. Тюрмером было заложено свыше 2000 га лесных культур хвойных пород, среди них и чистые еловые. Эти культуры в настоящее время имеют возраст 70—90 лет и представляют интерес как для науч-

Показатели	Величина показателей по лесничествам и кварталам					
	Порецкое лесничество Уваровского ЛПХ			Симбуховское лесничество Верецкого ЛПХ		Тюмеровское лесничество Медынского ЛПХ, 61
	145	97	59	34	14	
Тип ельника	Кисличник	Кисличник	Черничник	Кисличник	Кисличник	Кисличник
Возраст, лет	84	84	89	70	69	67
Размещение, м	Бессистемн.	2,0×1,25	3,8×1,8	1,7×1,65	1,6×1,6	4,0×1,0
Количество деревьев на 1 га, шт.						
высаженных	Нет данных	4000	1462	3570	3960	2500
сохранившихся	705	553	392	1070	936	845
Сохранность, %	—	13,8	26,8	30,0	23,6	33,8
Средняя высота, м	24,5	27,6	27,4	23,5	25,3	28,0
Средний диаметр, см	23,5	27,8	29,2	22,6	22,7	27,7
Полнота	0,7	0,8	0,7	1,1	0,9	1,1
Запас стволовой древесины, м <sup>3</sup> /га	377	480	381	531	473	637
Распределение деревьев, %, по ступеням толщины, см						
12	16	—	—	7	13	8
16	17	11	7	22	20	10
20	22	19	10	24	24	16
24	20	16	17	26	22	18
28	11	20	25	13	12	16
32	10	19	18	7	8	24
36	4	11	13	1	1	7
40	—	4	5	—	—	1
44	—	—	2	—	—	—
48	—	—	1	—	—	—
52	—	—	1	—	—	—
56	—	—	1	—	—	—
Класс бонитета	II	I	I	I	I	Ia
Число стволов, шт./га*	951	674	537	975	1017	803
Сумма площадей сечений, м <sup>2</sup> /га*	38,5	39,9	37,0	37,9	38,7	43,1
Запас стволовой древесины, м <sup>3</sup> /га*	509	586	522	483	515	607
Распределение деревьев, %, по классам Крафта*						
I	35	54	63	43	28	79
II	31	14	19	23	24	11
III	23	16	10	22	20	7
IV	8	11	8	9	11	2
V	3	5	—	3	17	1

ного обоснования типов лесных культур и способов лесовосстановления, так и для подведения результатов опыта создания и выращивания культур, а также для суждения об их успешности, то есть производительности.

Лесное хозяйство на землях графа Уварова имело лесопольное направление: посадку лесных культур проводили после нескольких лет сельскохозяйственного пользования (посевов ржи, ячменя, овса, клевера, льна). Это было важным средством борьбы с сорной растительностью. Прямо на лесокультурной площади устраивали питомники из зольных гряд. Гряды высотой 18 см насыпали из свежей золы, смешанной с землей, плотно утрамбовывали, после чего засевали. Сеянцы ели, выращенные на зольных грядах, имели густую корневую систему. Посадку производили в конце весны в плужные гребни под сажальный кол Тюрмера. Высаживали 3-летний посадочный материал. Посадочные места засыпали землей, смешанной с золой от сжигания дров, дернины и костей. Уход за культурами в первые годы их жизни заключался в рыхлении и прополке в междурядьях и рядах. Во избежание повреждений корневой системы почву вокруг растений рыхлили и оставляли защитную зону в 30—40 см, очищая ее от сорных растений. До смыкания культур траву в междурядьях скашивали. Своевременно выполняли санитарные и проходные рубки [1], [2], [4], [6], [7].

На территории Смоленско-Московской возвышенности, которая по геоботаническому районированию СССР [3] выделена в округ Московско-Смоленской моренной гряды, в чистых культурах ели, созданных К. Ф. Тюрмером, летом 1969 г. экспедицией института «Союзгипролесхоз» был заложен обычным перечислительным методом ряд пробных площадей\* размером от 0,2 до 0,5 га, с числом деревьев на каждой не менее 200 шт. Тип условий местопроизрастания  $C_{2-3}$ . Почвы дерново-подзолистые среднесуглинистые на тяжелом суглинке. Посадки культур рядовые. Полноты колеблются в пределах 0,7—1,1 (определены по местным таблицам хода роста В. Б. Козловского и В. М. Павлова). Запасы варьируют в пределах 377—637  $m^3/га$  (табл. 1).

Как видно из таблицы, К. Ф. Тюрмер создавал культуры различной густоты и различного размещения. Самыми высокопроизводительными оказались культуры ели Тюрмеровского лесничества Медынского ЛПХ в кисличниковом типе леса. Они сохранились лучше, чем более густые культуры К. Ф. Тюрмера в Симбуховском лесничестве Верейского ЛПХ, в которых резко выражен процесс дифференциации и произошло более интенсивное самонзреживание.

О высокой производительности чистых культур ели свидетельствуют данные, приведенные к полноте 1,0. Запасы этих культур превышают запасы естественных древостоев Московской области. Так, 84-летние культуры ели, произрастающие в квартале 97 Порецкого лесничества, имеют запас на 17% больше, чем 90-летний естественный ельник. Наиболее высокопроизводительны культуры ели, произрастающие в кисличниковом типе леса; культуры ели в ельнике-черничнике имеют меньший запас, но все же на 7% больше, чем естественный 90-летний ельник (486  $m^3/га$  по таблицам В. Б. Козловского и В. М. Павлова). Преобладают культуры I класса бонитета.

Для изучения роста 84-летних культур ели I класса бонитета было взято по способу пропорционально-ступенчатого представительства 12 модельных деревьев, и статистическими методами выполнен анализ древесных стволов по возрастным периодам. Наименьшая дифферен-

\* Работа проведена под непосредственным руководством канд. сельскохозяйственных наук М. В. Рубцова.

циация по высоте и по диаметру наблюдается в возрасте деревьев 30—70 лет. По сравнению с естественными древостоями Московской области средние диаметры культур выше: в 20 лет на 35%, в 40 лет на 31%, в 60 лет на 10%. Средние высоты культур превышают средние высоты естественных насаждений на 32% в 20 лет, на 24% в 40 лет, на 13% в 60 лет и на 9% в 80 лет. Интересно отметить, что 20—50-летние культуры ели имели Iа класс бонитета, что свидетельствует о наилучшем росте ели в этом возрасте.

Как показал анализ моделей, у молодых деревьев резко увеличился средний прирост по высоте; кульминация наблюдалась в 20 лет. Наиболее сильно он возрастал у деревьев ели I класса роста по Крафту. Деревья V класса роста по Крафту запаздывали в развитии; у них кульминация среднего прироста по высоте наступала к 30-летнему возрасту. С дальнейшим повышением возраста уменьшался средний прирост по высоте у деревьев всех классов роста и развития. Кульминацию среднего прироста по высоте можно объяснить тем, что культуры в первые годы жизни максимально использовали условия произрастания, а дальнейшее уменьшение среднего прироста по высоте связано с началом плодоношения деревьев. Деревья IV и V классов по Крафту — это в основном деревья, имевшие в молодом возрасте минимальный прирост по высоте. Поэтому для формирования высокопроизводительных древостоев необходимо уже с 10-летнего их возраста рубить при рубках ухода отставшие в росте деревья.

В культурах ели от 52 до 90% деревьев ели относятся к I и II классам роста и развития по Крафту, что указывает на наиболее полное использование елью условий произрастания. Как установлено В. П. Тимофеевым [5], деревья высших классов роста — I и II — в течение всего вегетационного периода растут дольше и быстрее, то есть у них больше продолжительность роста и значительно больший прирост, чем у деревьев низших классов роста (III и IV и особенно V). Этим можно объяснить высокую производительность культур, что и подтверждается посадками ели Тюрмеровского лесничества, где деревья ели I и II классов по Крафту составляют 90% от общего количества деревьев в культурах, которые при полноте 1,1 достигли запаса 637 м<sup>3</sup>/га.

На территории Смоленско-Московской возвышенности ель при правильном размещении применительно к соответствующим условиям местопроизрастания и особенно в кисличниковом типе леса, густоте посадки около 2500 шт./га, своевременном проведении лесокультурных уходов и рубок ухода может создавать высокопроизводительные насаждения. Ель следует шире внедрять в лесные культуры в благоприятных условиях произрастания зоны смешанных лесов, где она является ценной лесообразующей и быстрорастущей породой.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ю. Е. Булыгин. Образцы лесных культур Поречья. Доклады ТСХА, вып. 83, 1963. [2]. Ю. Е. Булыгин. Столетний опыт и направление будущего лесоразведения в Поречье. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук, ТСХА, М., 1964. [3]. Геоботаническое районирование СССР. Труды комиссии по естественноисторическому районированию СССР, т. II, вып. 2, изд. АН СССР, М.—Л., 1947. [4]. Г. Ф. Морозов. Очерки по лесокультурному делу. Гослесбумиздат, М.—Л., 1950. [5]. В. П. Тимофеев. Природа и насаждения лесной опытной дачи ТСХА за 100 лет. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1965. [6]. К. Ф. Тюрмер. Из практики лесоразведения в Поречьяском имении графа Уварова. «Лесной журнал» вып. 1, 3, 1873. [7]. К. Ф. Тюрмер. Пятьдесят лет лесохозяйственной практики. М., 1891.

УДК 631.847

## ПРИМЕНЕНИЕ АЗОТОБАКТЕРА ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ СЕЯНЦЕВ СОСНЫ

Н. С. ВЕДЕНЯПИНА

Волгоградский сельскохозяйственный институт

А. П. БАДАНОВ

ВНИАЛМИ

Рассматривается эффективность применения предпосевной обработки семян сосны азотобактером. Изучено влияние азотобактера, триходермина-1 и микоризной земли при их применении отдельно и в комплексе на всхожесть, отпад от полегания, рост и микоризацию сеянцев.

При выращивании сеянцев сосны в условиях степных лесопитомников мы сталкиваемся со значительными трудностями, обусловленными слабым естественным микоризообразованием у высокомикотрофных растений и большими потерями от инфекционного полегания в связи с высокой зараженностью почв фитопатогенными грибами. Одним из агротехнических мероприятий, испытанных нами в питомнике Нижне-Чирского мехлесхоза Волгоградской области, явилось применение азотобактера для предпосевной обработки семян. В некоторых опытах эта мера сочеталась с внесением в посевные строчки микоризной почвы и биопрепарата триходермин-1.

Опыты проводили в 1969—1970 гг. Почва питомника черноземовидная супесь с высоким содержанием глинистых частиц; гумуса в пахотном горизонте 1,8%; рН = 7,8. Характеристика метеорологических условий 1969 и 1970 гг. представлена на рис. 1 и 2. Пробные площадки размером 2 м<sup>2</sup> заложены в 3—4-кратной повторности. Семена замачивали в суспензии азотобактера непосредственно перед посевом. Микоризную землю, взятую в средневозрастном сосновом насаждении, вносили в посевные бороздки в количестве 0,1 кг на 1 пог. м, триходермина,

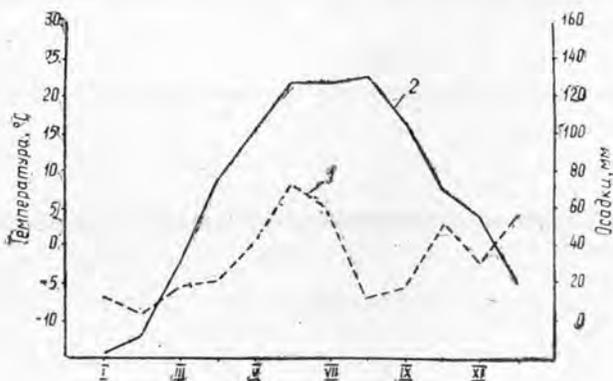


Рис. 1. Среднemesячная температура воздуха (1) и количество осадков (2) в 1969 г. (по данным Нижне-Чирской метеостанции).

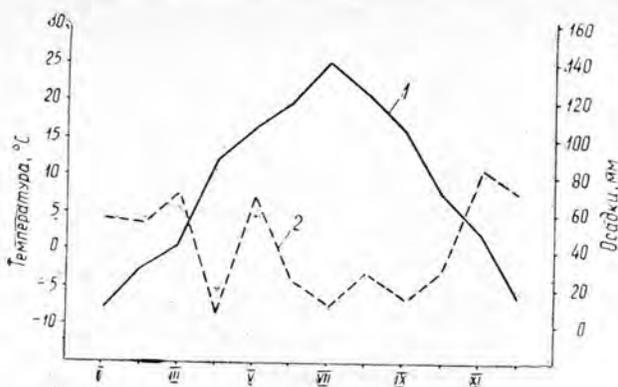


Рис. 2. Среднемесячная температура воздуха (1) и количество осадков (2) в 1970 г. (по данным Нижне-Чирской метеостанции).

предварительно измельченный до размеров частиц не более 0,25 мм, — из расчета 1 г на 1 м<sup>2</sup>.

Грунтовую всхожесть определяли в процентах от числа высевных семян, послевсходовый отпад — в процентах от числа полученных всходов. Микоризность сеянцев оценивали по трехбалльной шкале\*. Средний балл микоризности указан в пересчете только на микоризные сеянцы. Средние размеры и вес сеянцев получены путем измерения у 100 растений каждой повторности.

Результаты опыта 1969 г. представлены в табл. 1, из которой видно, что обработка семян азотобактером значительно повышает грунтовую всхожесть. Это объясняется, прежде всего, уменьшением довсходового отпада проростков от полегания (возбудитель *Fusarium solani*).

В вариантах с применением азотобактера всходы имели более яркую окраску хвои, чем контрольные, появлялись на 1—2 дня раньше и более дружно. Особенно хорошие результаты отмечались при совместном применении азотобактера и микоризной почвы. Видимо, азотобактер антагонистичен по отношению к фузариуму и, кроме того, благоприятно влияет на микробиоценоз почвы и развитие растений. Сеянцы получают более развитыми и устойчивыми к полеганию, в последующем они более интенсивно растут и к концу первого года превосходят контрольные по высоте на 17%, а по диаметру на 30%;

Таблица 2

Вариант	Прирост за второй вегетационный период		Размеры двухлетних сеянцев		Количество микоризных сеянцев, %	Процент стандартных сеянцев
	по высоте, см	по диаметру, мм	высота, см	диаметр, мм		
Контроль	3,4	1,7	9,1	2,4	36	63
Внесение микоризной почвы	7,1	2,5	13,8	3,6	76	91
Обработка семян азотобактером	5,6	2,5	12,6	3,4	50	88
Микоризная почва + азотобактер	6,5	3,0	14,8	4,1	83	96

\* Н. М. Шемаханова. Микотрофия древесных пород. Изд. АН СССР, 1962.

Таблица 1

Вариант	Грунтовая всхожесть, %	Послевсходовый отпад, %	Сохранность семян, шт./пог.м	Высота сеянцев, см	Диаметр корневой шейки, мм	Процент микоризных семян	Балл микоризности
Контроль	29,3±1,2	13,7±0,9	63	5,7±0,15	0,69±0,02	21	1,79
Внесение микоризной почвы	31,0±1,0	12,4±1,1	69	6,7±0,10	1,05±0,03	55	2,65
Обработка семян азотобактером	41,4±1,1	13,0±1,1	89	7,0±0,12	0,91±0,05	23	2,14
Микоризная почва+азотобактер	41,8±1,6	12,3±1,3	92	8,3±0,09	1,14±0,03	64	2,64
<i>P</i> , %	1,2	3,6	1,6	1,4	2,2		
<i>HCP</i> <sub>05</sub>	1,8	1,9	6	0,4	0,08		

Таблица 3

Вариант	Грунтовая всхожесть, %	Послевсходовый отпад, %	Сохранность семян, шт./пог.м	Средняя высота сеянцев, см	Средний диаметр корневой шейки, мм	Процент микоризных семян	Средний балл микоризности
Контроль	20,7±0,7	36,3±1,9	30	7,0±0,04	1,00±0,007	27	1,9
Микоризная почва	26,7±0,3	34,3±0,2	44	7,7±0,04	1,20±0,009	60	2,7
Азотобактер	37,2±1,5	28,7±1,3	66	8,2±0,04	1,19±0,019	35	2,1
Микоризная почва+азотобактер	45,6±1,8	24,3±1,3	86	8,6±0,06	1,23±0,014	65	2,7
Триходермин	43,1±1,6	18,7±1,3	88	8,0±0,09	1,20±0,024	41	2,4
Азотобактер+триходермин	55,8±1,9	12,3±0,9	123	8,1±0,10	1,24±0,007	49	2,4
Азотобактер+триходермин+микоризная почва	62,3±2,6	10,1±0,2	140	9,0±0,23	1,43±0,015	72	2,8
<i>P</i> , %	3,3	6,1	2,8	3,1	1,5		
<i>HCP</i> <sub>05</sub>	4,9	3,3	3	0,8	0,04		

отмечался их больший вес (в 1,5—2 раза) и лучшее развитие корневой системы.

Положительная роль азотобактера проявляется не только в улучшении роста сеянцев и увеличении их сохранныости, но и в усилении интенсивности микоризообразования.

Большого внимания заслуживает и тот факт, что более высокий темп роста сеянцев в вариантах с азотобактером сохраняется и на второй год (табл. 2). Это связано с лучшим развитием сеянцев в первый год, а также с определенным изменением микробиологической обстановки в зоне ризосферы корней. В конечном счете многогранная роль азотобактера проявилась в увеличении выхода стандартных сеянцев.

В 1970 г. опыты были продолжены. Азотобактер применялся также в сочетании с триходермином (табл. 3) и дал аналогичные результаты. Совершенно очевидны его стимулирующее действие на рост сеянцев, благоприятное влияние на микоризацию, определенный защитный эффект от фузариоза. Так же, как и в 1969 г., совместное применение азотобактера с микоризной почвой более эффективно, чем применение только азотобактера или только микоризной почвы.

Как видно из табл. 3, особенно большое влияние на оздоровление сеянцев оказало одновременное внесение триходермина с микоризной почвой по фону обработанных азотобактером семян. Почти такой же эффект обнаруживается и в варианте с применением триходермы и обработкой семян азотобактером.

Триходерма резко увеличивает сохранность всходов по сравнению с азотобактером, главным образом, за счет снижения послевсходовой гибели проростков. Видимо, ее антагонистическое действие по отношению к фузариуму сильнее и продолжительнее, чем у азотобактера.

Интересно, что даже внесение одной микоризной почвы благоприятствует оздоровлению сеянцев, не говоря о большой ее роли в процессе микоризации.

Сильное оздоравливающее действие в варианте с применением азотобактера, триходермы и микоризной почвы связано, в первую очередь, с прямым подавлением фитопатогенных грибов триходермой и азотобактером. Кроме того, значительную роль играет факт изменения микробиоценоза почвы при таком радикальном вмешательстве, поскольку вместе с азотобактером и триходермой вносится определенная «порция» других микроорганизмов, находящихся в микоризной земле. Все это благоприятно влияет не только на сохранность, но и на рост и микоризацию сеянцев.

Сказанное позволяет рекомендовать широкое применение культуры азотобактера при выращивании сеянцев сосны в лесных питомниках.

Поступила 11 ноября 1973 г.

УДК 595.764.1

## ОВИЦИДНОЕ ДЕЙСТВИЕ БОВЕРИНА НА ВОСТОЧНОГО МАЙСКОГО ХРУЩА

В. В. МАРТЫНЕНКО

Марийский политехнический институт

Изложены результаты полевых и лабораторных исследований овицидного действия боверина на восточного майского хруща. Установлено псевдоовицидное действие изучаемого биопрепарата на вредителя. Выявлено овицидное действие бластоспор, получаемых при глубинном культивировании патогена на промышленных питательных средах. Сделан вывод о высокой восприимчивости отрождающихся из яиц личинок восточного майского хруща к боверину, внесенному в почву, и целесообразности использования этого биопрепарата в условиях лесных биоценозов.

Рост очагов восточного майского хруща (*Melolontha hippocastani* Fabr.), наблюдавшийся в лесах Среднего Поволжья, особенно в последнее десятилетие, — результат разрушения ценотических связей в лесных биогеоценозах вследствие дефектов антропоической деятельности, игнорировавшей биологические и экологические особенности вредителя [3], [4], [8]. Применение биопрепарата боверина на основе грибов рода *Beauveria* Vuillemin против восточного майского хруща не представляет опасности для лесных биоценозов, так как эти патогены способны становиться членами биоценоза и самостоятельно размножаться в нем [5].

Эпизоотический характер заболеваний, вызываемый возбудителем белой мюскардины восточного майского хруща грибом *Beauveria tenella* (Del.) Siem., и высокая смертность вредителя в природных мюскардинных очагах, где гибель за 3 года одной генерации майского хруща составляла 57,8—76,8%, свидетельствуют о потенциальных возможностях использования этого патогена [7]. Исследования последнего времени были посвящены изучению восприимчивости личиночных, куколочной и имагинальной фаз восточного майского хруща [1], [2].

Овицидное действие мюскардинного гриба *B. tenella* на хруща оставалось неизученным, так как при проведении исследований естественных эпизоотий в мюскардинных очагах заболеваний вредителя не встречается пораженных яиц.

В связи с отсутствием в отечественной литературе данных о восприимчивости яиц восточного майского хруща к различным патогенным стадиям мюскардинных грибов, получаемых при глубинном культивировании грибных патогенов промышленным способом, наши опыты были заложены с целью экспериментального выяснения овицидного действия боверина на майского хруща на основе бластоспор и конидиоспор гриба *B. tenella*.

Восприимчивость яиц восточного майского хруща к боверину изучали путем затравливания биопрепаратом почвы в шести полевых боксах размером 1×1×2 м, представляющих собой сетчатые покрытия, надетые на березы высотой 2 м. Жуков, собранных в летний период во время дополнительного питания, размещали в сетчатые боксы, где выкармливали листьями ежедневно сменяемых ветвей березы. Боксы представляли собой садки глубиной 30 см из металлической мелкоячеи-

стой сети. Опыты ставили в полевых и лабораторных условиях. В полевых условиях применяли боверин на основе конидиоспор гриба (титр биопрепарата 5 млрд. клеток на 1 г, наполнитель каолин). Порекадно учитывали процент погибших яиц, отродившихся личинок перво-леток и личинок, погибших от мюскардиноза. В лабораторных опытах использовали 8—10-дневные яйца майского хруща. Ежедневно почву из сетчатых садков, находящихся в боксах, вытряхивали, кладки яиц помещали в стерильную почву в чашки Коха и содержали до использования в опытах при температуре от +4 до +5°C. Инфицировали яйца индивидуально с помощью микродозатора, нанося споровую суспензию по 0,001 мл на хорион яйца. Дозу спор изменяли путем десятикратных разведений споровой суспензии, которую получали шуттелированием культуры гриба в колбах со стерильной дистиллированной водой в течение 2 час. В опытах использовали штамм гриба *B. t.*<sub>(к)</sub> выделенный из пораженной куколки восточного майского хруща. Опыты, проведенные в природных условиях по испытанию овицидного действия штамма *B. t.*<sub>(к)</sub> дали следующие результаты (табл. 1).

Таблица 1

Вариант	Гибель яиц, %	Гибель личинок перво-леток, %, после обработки яиц на день учета			
		20-й	30-й	40-й	50-й
Боверин 1,5 г/м <sup>2</sup>	0,0	0,0	38,0	81,9	100,0
" 2,8 г/м <sup>2</sup>	0,0	0,0	42,3	93,8	100,0
" 5,6 г/м <sup>2</sup>	4,3	0,0	78,2	98,2	100,0
Контроль	0,0	0,0	2,1	10,2	16,4

Данные таблицы свидетельствуют о низкой гибели яиц восточного майского хруща (4,3%) в природных условиях при обработке воздушными конидиоспорами почвы, где откладывались яйца. Гигротермические условия в период постановки опытов были близки к оптимальным: относительная влажность на поверхности почвы колебалась в пределах 62—96%, среднесуточная температура составляла около 18°C с максимумом 28—30°C и минимумом 6—8°C выше нуля. Высокая влажность воздуха благоприятствует росту и споруляции энтомопатогенных грибов, но на прорастание спор на покровах насекомого не оказывает существенного влияния, поскольку вокруг насекомого образуется тонкий воздушный слой, насыщенный водяными парами. Если учесть, что влажность почвенной воздуха выше, чем на поверхности почвы, то для инфицирования преимагинальных фаз майского хруща, гигротермические условия были достаточно благоприятными.

В наших опытах наблюдалась высокая смертность вышедших из яиц личинок перво-леток (до 100%), отмечавшаяся во всех трех повторностях опыта. Высокая восприимчивость к боверину отродившихся личинок перво-леток майского хруща подтверждает выводы А. А. Евлаховой [6] о наличии ингибирующих или стимулирующих компонентов эпикуткулы и влиянии ее возраста на восприимчивость насекомых.

Другая причина, обуславливающая высокую восприимчивость перво-леток майского хруща, по нашему мнению, — слабая защитная реакция организма личинок после их отрождения из яиц, о чем свидетельствует низкий процент фагоцитов гемолимфы (табл. 2).

Гематологические исследования перво-леток на 10-й день после отрождения и перелинявших личинок одно-леток майского хруща позволили выявить у них 6 типов гемоцитов: пролейкоциты, макро-нуклеоци-

Таблица 2

Тип гемоцитов	Соотношение гемоцитов личинок восточного майского хруща, %	
	у десятидневных перелеток	у перелинявших однолеток
Эноцитонды	11,90	1,80
Пролейкоциты	19,11	1,35
Макронуклеоциты	14,29	3,15
Микронуклеоциты	—	2,73
Фагоциты веретенновидные	7,12	3,58
Фагоциты неверетенновидные	26,21	52,70
Эозинофилы	21,38	19,83
Мертвые клетки	—	14,86

Примечание. Эноцитонды и фагоциты веретенновидные у личинок перелеток майского хруща не обнаружены.

ты, микронуклеоциты, эозинофилы (с белковыми включениями), фагоциты (неверетенновидные) и эноцитонды (выделительные клетки, адсорбирующие мочевую кислоту). В табл. 2 приведены гемограммы личинок восточного майского хруща, из которых видно, что количество фагоцитов у перелинявших однолеток в период активного питания резко возрастает и вызывает повышение сопротивляемости организма насекомых.

Полная обработка результатов опыта по Блису и Финни (пробит-анализ) позволила установить для применявшегося биопрепарата величину СК-50 = 3,793 г/м<sup>2</sup> почвы. Доверительные пределы СК-50 при 5%-ном уровне значимости ( $P = 0,05$ )  $\bar{m} \pm t_{s, \alpha} \bar{m} = 2,579 \pm 0,23086$ , нижний предел СК-50 = 2,229 г/м<sup>2</sup>, верхний предел СК-50 = 6,449 г/м<sup>2</sup>.

Отсутствие в отечественной литературе данных об овицидных свойствах бластоспор гриба *B. tenella*, получаемых при глубинном культивировании патогена в ферментерах, побудило нас заложить опыты в лабораторных условиях. Для инфицирования яиц использовали суспензию бластоспор гриба, выращенного в погруженной культуре в питательной среде, применяемой в лаборатории микробиометода УкрНИИЗРа для выращивания гриба *B. bassiana* (кукурузный экстракт — 2%, меласса — 6%,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  — 0,2%,  $\text{MgSO}_4$  — 0,05%, вода — 91,75%). После 72 час культивирования титр суспензии бластоспор составлял  $25,0 \cdot 10^6$  клеток в 1 мл. Доза бластоспор на одно яйцо составляла от  $0,75 \cdot 10^6$  до  $0,00075 \cdot 10^6$  клеток. Данные о гибели насекомых приведены в табл. 3.

Таблица 3

Доза патогена на 1 яйцо	Гибель яиц, %	Гибель перелеток, % от числа отродившихся личинок, после обработки яиц на день учета				
		7-й	15-й	20-й	25-й	30-й
Бластоспоры 75 000	53,3	3,7	52,1	100,0	100,0	100,0
" 7 500	44,7	5,1	52,6	100,0	100,0	100,0
" 750	35,9	3,5	41,1	78,7	81,9	96,4
Контроль (вода)	19,8	3,4	13,3	14,8	14,8	14,8

Как видно из данных табл. 3, в лабораторных условиях наблюдалась гибель яиц, инфицированных бластоспорами (35,9—53,3% при 19,8% в контроле). При этом мы отмечали, что яйца восточного майского хруща приобретали розовый цвет, затвердевали и покрывались

мицелием гриба; эмбриональное развитие зародыша после изменения цвета яиц прекращалось.

Наряду с этим отмечался иной путь гибели насекомых: яйца после заражения бластоспорами постепенно приобретали темный цвет, зародыш развивался медленно, оболочки яиц сморщивались, личинки гибли до выхода из яйца.

В результате проведенных опытов установлено, что гибель яиц в почве, обработанной воздушными конидиоспорами гриба *B. tenella*, во время лета майского хруща незначительна. Особого внимания, на наш взгляд, заслуживает высокая восприимчивость перволеток восточного майского хруща на ранних фазах развития, то есть псевдоовицидное действие боверина.

Образование в местах внесения в почву боверина мюскардинных очагов заболевания майского хруща, длительное сохранение их и диссеминация патогена в соседние биотопы выгодно отличают условия применения данного биопрепарата в лесных биогеоценозах, которые в отличие от интенсивных агрофитоценозов, где боверин уже находит применение, сохраняются на протяжении десятилетий, что позволяет возбудителям белой мюскардины снижать численность вредителя в течение длительного времени.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. И. С. Аверкиев. Основные проблемы и задачи микробиологической борьбы с майскими хрущами. Журн. «Микробиология», т. 34, вып. 2, 1965. [2]. И. С. Аверкиев, В. И. Охотников, Г. Г. Эрская. Опыт микробиологической борьбы с майским хрущом. Труды IX Международного конгресса по микробиологии, Тезисы докладов, М., 1966. [3]. А. И. Воронцов. Экологические основы современной системы мероприятий по борьбе с майским хрущом. Материалы к научно-техническому совещанию 17—20 августа 1971 г., Пушкино, 1971. [4]. А. И. Воронцов. Теоретические основы интегрированной борьбы с вредителями сосновых культур. Материалы Всесоюзного совещания по вопросу вредителей и болезней сосновых молодяков, Каунас, 1969. [5]. А. А. Евлахова. Перспективы использования энтомопатогенных грибов в биологической борьбе с вредными насекомыми. Журн. «Микология и фитопатология», т. 5, вып. 2, 1971. [6]. А. А. Евлахова. Микозы вредных насекомых. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук, Л., 1969. [7]. В. И. Охотников. Роль патогенных микроорганизмов в изменении численности майского хруща в разных экологических условиях. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук, Л., 1967. [8]. П. А. Положенцев. Об интегрированной борьбе с восточным майским хрущом. Материалы к научно-техническому совещанию 17—20 августа 1971 г., Пушкино, 1971.

Поступила 2 ноября 1973 г.

УДК 634.0.582

## К ВОПРОСУ О ВЫБОРЕ СПОСОБА МОНТАЖА УТОЧНЕННЫХ ФОТОСХЕМ

В. П. ПОЛЯКОВ

Воронежский лесотехнический институт

♦ Анализ результатов исследования показал, что точность измерений длин отрезков и площадей по фотосхемам, составленным способом «предварительного» монтажа, в 1,3—1,5 раза выше, чем по фотосхемам «свободного» монтажа. Поэтому предварительный монтаж может быть рекомендован при устройстве лесов по I разряду точности.

При лесоустройстве в качестве плановой основы широко используют уточненные фотосхемы. Их, как правило, составляют из гиростабилизированных аэроснимков, приведенных к заданному масштабу по

показаниям радиовысотомера и статоскопа, пользуясь при этом способами «свободного» или «предварительного» монтажа. При первом способе аэроснимки монтируют непосредственно на жесткой основе, совмещая начальные направления и одноименные контурные точки. При втором способе аэроснимки монтируют предварительно в пределах маршрута на подложенной полосе восковки, совмещая начальные направления и связующие точки. Затем связующие и центральные точки перекальвают на восковку. Изготовленные таким образом восковки предварительного монтажа аэроснимков каждого маршрута укладывают на жесткую основу так, чтобы связующие точки между маршрутами совпали. Если они не совпадают, находят положение с наименьшим расхождением. Далее по переколотым на основу точкам аэроснимки монтируют так же, как и при изготовлении фотопланов.

Неизученность вопроса о точности фотосхем, составленных данными способами, ограничивала возможность их использования в качестве плановой основы при устройстве лесов по I разряду, когда требуются планы масштаба 1 : 10 000 повышенной точности. Мы теоретически обосновали точность фотосхем и выполнили экспериментальные работы.

При способе свободного монтажа относительная ошибка  $\sigma_l$  изображения длины линии  $l = b \cdot n$  на фотосхеме может быть выражена зависимостью, аналогичной формуле проф. В. Ф. Дейнеко [2]

$$\sigma_l = \frac{\sqrt{\delta_h^2 + \delta_a^2 + \delta_H^2 + \delta_t^2 + \delta_m^2}}{b \sqrt{n}}$$

Если принять

$$\sqrt{\delta_h^2 + \delta_a^2 + \delta_H^2 + \delta_t^2 + \delta_m^2} = \delta,$$

тогда

$$\sigma_l = \frac{\delta}{b \sqrt{n}}, \quad (1)$$

где

$n$  — количество аэроснимков, пересекаемых линией измерения;

$b$  — базис фотографирования аэроснимков в масштабе фотосхемы;

$\delta_h, \delta_a, \delta_H, \delta_t, \delta_m$  — величины искажения фотоизображения, вызываемые соответственно рельефом местности, остаточным углом наклона стабилизированных аэроснимков, ошибками определения высоты фотографирования, процесса приведения аэроснимков к масштабу и совмещения контурных точек в процессе их монтажа.

При способе предварительного монтажа фотосхем ошибка  $\sigma_l$  отрезков, располагающихся в продольном направлении, должна уменьшиться в  $\sqrt{2}$  раз, так как окончательное положение на основе связующей точки и, следовательно, каждого аэроснимка принимают как среднее из двух независимых определений, осуществляемых в процессе предварительной укладки на восковках каждого маршрута. Поэтому относительная ошибка  $\sigma_{lx}$  фотоизображения длин линий данного направления будет определяться формулой

$$\sigma_{lx} = \frac{\delta}{b_x \sqrt{2} \sqrt{n}} = \frac{0,71\delta}{b_x \sqrt{n}}. \quad (2)$$

Восковки предварительного монтажа в поперечном направлении соединяют между собой по совокупности связующих точек. Для совме-

щения достаточно двух связующих точек, поэтому избыточное их количество  $i$  будет уменьшать ошибку  $\sigma_l$  в  $\sqrt{\frac{i}{2}}$  раз. При расчетах следует принимать пять общих точек на длину планшета, так как при глазомерном совмещении двух смежных восковок увеличение числа точек практически не уменьшит ошибку. Учитывая эти положения, относительную ошибку  $\sigma_y$ , изображения длины отрезка на фотосхеме в поперечном направлении следует находить по формуле

$$\sigma_{ly} = \frac{\delta}{b_y \sqrt{n} \sqrt{\frac{i}{2}}} = \frac{0,63\delta}{b_y \sqrt{n}}. \quad (3)$$

На точность измерений вычерченных на фотосхеме отрезков (планшетных рамок, кварталных просек и т. д.) будут влиять ошибки  $\sigma_0$ , опознавания их концов на аэроснимке в период полевых работ и  $\sigma_l$  последующего переноса точек на фотосхему. При совместном влиянии ошибок  $\sigma_l$ ,  $\sigma_0$  и  $\sigma_t$  точность измерения отрезка может быть выражена как ошибка функции, то есть

$$\sigma = \pm \sqrt{\sigma_l^2 + \sigma_0^2 + \sigma_t^2} \quad (4)$$

Ошибка  $\sigma_{s_1}$  изображения площади контура, согласно исследованиям проф. С. В. Белова [1], может быть выражена через ошибку  $\sigma_l$  стороны планшета (квартала) и определена по формулам: для контура прямоугольной формы

$$\sigma_{s_1} = \pm \sqrt{\sigma_{l_1}^2 + \sigma_{l_2}^2}; \quad (5)$$

квадратной

$$\sigma_{s_1} = \pm \sqrt{2} \sigma_l = \pm 1,41 \sigma_l. \quad (6)$$

На точность определения площади контура фотосхемы влияет также погрешность  $\sigma_{s_2}$  применяемого способа вычисления площади. Принимая  $\sigma_{s_1}$  и  $\sigma_{s_2}$  за случайные и независимые величины, среднюю квадратическую ошибку  $\sigma_s$  вычисления площади контура по фотосхеме можно вычислить по формуле

$$\sigma_s = \pm \sqrt{\sigma_{s_1}^2 + \sigma_{s_2}^2}. \quad (7)$$

В формулах (4) — (7) для соблюдения сизмеримости ошибки следует выражать в относительных единицах.

По выведенным формулам были вычислены ожидаемые ошибки измерений длин линий и площадей для опытных фотосхем масштаба 1 : 10 000 (табл. 1).

Аэрофотосъемку для данных фотосхем выполняли в масштабе 1 : 10 000, с фокусным расстоянием фотоаппарата 200 мм и форматом аэроснимков 18 × 18 см. Превышения точек местности в пределах одного аэроснимка составляли не более ±14 м. Согласно нашим исследованиям, ошибки  $\sigma_0$  для отрезков на опытном полигоне оказались равными с предельным значением ±0,73 мм, а  $\sigma_l$  была приравнена к точности графических построений (±0,28 мм). Ошибка  $\sigma_{s_2}$  была вычислена по формуле проф. А. В. Маслова [3] при 4-кратном обводе контура планиметром и оказалась равной для площади планшетов 0,18%, для площади кварталов 0,25%. Экспериментальные ошибки получены сопоставлением результатов измерений по фотосхемам с данными, вычис-

Таблица 1

Вид измерений	Ошибки измерений, %		
	вычисленные		экспериментальные средние квадратиче- ские
	предельные	средние квадратиче- ские	
Планшетных рамок	0,74	0,37	0,42
	0,51	0,26	0,27
Квартальных просек длиной, м	1,42	0,71	0,85
	1100	1,05	0,64
600	2,60	1,30	—
	1,93	0,97	—
Площадей	1,06	0,53	0,72
	планшетов	0,74	0,37
кварталов	2,99	1,50	1,29
	2,21	1,11	0,90

Примечание. В числителе ошибки измерений по фотосхемам свободного монтажа; в знаменателе — предварительного.

ленными по координатам теодолитной съемки опытного полигона. При измерении 40 планшетных рамок и 160 квартальных просек их средние величины оказались соответственно равны 320,3 и 110,3 мм, а средние площади 4 планшетов и 53 кварталов — 868,9 и 65,6 га.

Анализ данных таблицы показывает, что экспериментальные средние квадратические ошибки согласуются с вычисленными. Точность измерений по фотосхемам предварительного монтажа в 1,3—1,5 раза выше, чем по фотосхемам, изготовленным первым способом. Предельная ошибка вычисления площади всего планшета по фотосхемам второго варианта ожидается меньше 1%, что соответствует требованиям Инструкции по устройству государственного лесного фонда СССР. При предварительном монтаже работа по увязке аэроснимков между собой и со смежными фотосхемами значительно упрощается, а связь между аэроснимками и маршрутами становится более «жесткой». Перечисленные положительные стороны фотосхем, составленных вторым способом, позволяют рекомендовать этот способ при составлении фотосхем масштаба 1:10 000. Наибольшую ценность он представляет при наличии большого количества аэроснимков в пределах фотосхемы.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. С. В. Белов. Исследование технико-экономических показателей существующих и выбор рациональных технологических схем составления лесоустроительных планшетов. Труды ЛенНИИЛХа, вып. XIV, Лениздат, 1972. [2]. В. Ф. Дейнеко. Аэрофотогеодезия. Изд-во «Недра», М., 1968. [3]. А. В. Маслов. Способы и точность определения площадей. Геодезиздат, М., 1955.

Поступила 6 июля 1973 г.

## ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 634.0.378.33

ИССЛЕДОВАНИЕ ВНЕШНИХ СИЛ И ДЕФОРМАЦИЙ  
СПЛАВНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ ЕДИНИЦ,  
ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ СО ВЗВОЛНОВАННОЙ  
ВОДНОЙ СРЕДОЙ

Ю. И. РЯБОКОНЬ, В. Н. ХУДОНОВ

Сибирский технологический институт

На основе схематизации объекта исследования и внешней среды дается оценка внешних сил, возникающих при взаимодействии сплавных транспортных единиц (сигар, пучков и др.) с внешней средой. Исследуются важнейшие параметры деформаций транспортных единиц на волнах, на основе решения дифференциального уравнения изгиба балки, лежащей на упругом основании.

Оценка внешних сил, действующих на сплавную транспортную единицу (сигару, длинный пучок, хлыстовый пучок и др.), взаимодействующую со взволнованной водной средой, может быть сделана с использованием теории качки корабля при ряде допущений: килевая качка пренебрежимо мала, обводы сплавной единицы — прямостенные, волна имеет синусоидальный профиль, давление воды изменяется по гидростатическому закону и сопротивление сплавной единицы при качке пропорционально первой степени скорости, масса и поперечные сечения сплавной единицы равномерно распределены и неизменны по длине и др.

Введем две системы координатных осей: подвижную  $Ozx$ , связанную со сплавной единицей, и неподвижную в пространстве  $O_1z_1x_1$ . Начало координат этих систем располагается в центре тяжести сплавной единицы при ее положении на спокойной воде.

Уравнение волнового профиля в подвижной системе координат, связанной со сплавной единицей,

$$z = \frac{h}{2} \cos 2\pi \left( \frac{x}{\lambda} - \frac{t}{\tau_k} \right) - z_1, \quad (1)$$

где  $z_1$  — координата всплытия или погружения сплавной единицы при вертикальной качке

$$z_1 = A \cos \frac{2\pi t}{\tau_k} + B \sin \frac{2\pi t}{\tau_k}; \quad (2)$$

$x$  — текущая координата по длине сплавной единицы;

$t$  — координата времени;

$A, B$  — параметры вертикальной качки;

$\tau_k$  — кажущийся период волны при движении сплавной единицы со скоростью  $v$ ;

$$\tau_k = \frac{\tau}{1 \pm \frac{v}{c}}; \quad (3)$$

$\tau = 0,8 \sqrt{\lambda}$  — истинный период волны.

Интенсивность возмущающей силы, действующей на сплавную единицу, определяется силами веса и поддержания, силами сопротивления и инерции масс сплавной единицы и присоединенной воды, прогибами сплавной единицы.

По исследованиям П. Ф. Патковича [2], абсолютное ускорение волнового профиля в подвижной системе координат

$$\ddot{z}_0 = -\frac{h}{2} \left( \frac{2\pi}{\tau} \right) \cos 2\pi \left( \frac{x}{\lambda} - \frac{t}{\tau} \right). \quad (4)$$

Общее выражение интенсивности возмущающей силы, действующей на сплавную единицу, имеет вид

$$g = D_0 \cos(sx - s_1 t) - D_1 \cos s_1 t - D_2 \sin s_1 t - Ky, \quad (5)$$

$$\left. \begin{aligned} \text{где } D_0 &= \gamma b h 2^{-1} \Pi_1; & \Pi_1 &= \eta - 6,25 \Lambda \chi_1; \\ D_1 &= \gamma b (A \Pi_2 + B \Pi_3); & D_2 &= \gamma b (B \Pi_2 - A \Pi_3); \\ \Pi_2 &= \eta - 6,25 \Lambda V \mathcal{E}^2; & \Pi_3 &= 0,36 \pi \mathcal{E} (0,8 \sqrt{\lambda})^{-1}; \\ K &= \gamma b \eta; & s &= 2\pi \lambda^{-1}; & s_1 &= 2\pi \tau_k^{-1}; \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

$$\Lambda = \frac{H}{\lambda} = \frac{b}{c_1 \lambda}; \quad \mathcal{E} = 1 \pm \frac{v}{c}; \quad V = \frac{\gamma g}{\gamma} \chi + \chi_1;$$

$$\chi = 0,785 K_k \eta (1 + K_r); \quad \chi_1 = [\Theta_0 (1 - \eta - K_k) + 0,04 c_1].$$

В формулах (5) — (6)

$b; H; \eta; \Theta_0; c_1$  — соответственно ширина, высота, коэффициенты, определяющие полндревесность (объемный), полноту поперечного сечения и форму сплавной единицы;

$\lambda; h; c$  — соответственно длина и высота волны, скорость распространения волнового профиля;

$y$  — величина прогиба сплавной единицы;

$K_k; K_k^1; K_r$  — соответственно коэффициенты, учитывающие дополнительный вес объема коры, объем коры и вес таке-лажа.

В системе (6) неизвестны  $A$  и  $B$  — параметры вертикальной качки сплавной единицы. Для их определения составим дифференциальное уравнение вертикальной качки, приравняв к нулю перерезывающую силу и изгибающий момент, возникающие от внешней нагрузки на концах сплавной единицы,

$$\int_{-0,5L}^{0,5L} g dx = 0; \quad \int_{-0,5L}^{0,5L} \int_{-0,5L}^x g dx dx = 0. \quad (7)$$

Развертывая первое уравнение системы (7), получаем зависимость для определения вертикальной качки сплавной единицы, симметричной относительно миделя

$$\begin{aligned} & 2 \int_{-0,5L}^0 D_1 \cos s_1 t dx + 2 \int_{-0,5L}^0 D_2 \sin s_1 t dx = \\ & = 2D_0 \left[ \cos s_1 t \int_{-0,5L}^0 \cos s x dx + \sin s_1 t \int_{-0,5L}^0 \sin s x dx \right]. \end{aligned} \quad (8)$$

Сравнивая коэффициенты при одинаковых функциях времени и выполняя интегрирование, получаем систему уравнений

$$\left. \begin{aligned} A\Pi_3 + B\Pi_3 &= \frac{h}{2\pi} \Pi_1 \sin \frac{\pi}{\zeta_0}; \\ B\Pi_2 + A\Pi_3 &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

где  $\zeta_0 = \lambda L^{-1}$  — относительная длина волны.

Из полученной системы (9) параметры вертикальной качки  $A$  и  $B$

$$\left. \begin{aligned} A &= \frac{h\zeta_0\Pi_1\Pi_2}{2\pi[(\Pi_2)^2 + (\Pi_3)^2]} \sin \frac{\pi}{\zeta_0}; \\ B &= \frac{h\zeta_0\Pi_1\Pi_3}{2\pi[(\Pi_2)^2 + (\Pi_3)^2]} \sin \frac{\pi}{\zeta_0}. \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

Параметры  $A$  и  $B$  определяли в предположении, что на элементы волны и на заглубление сплавной единицы во время качки собственные ее прогибы и перегибы не оказывают сколько-нибудь заметного влияния.

Изгиб транспортной единицы на системах волн подобен изгибу балки, лежащей на сплошном упругом основании, и определяется в общем виде уравнением

$$\frac{d^2}{dx^2} \left[ EI(x; t) \frac{d^2 y}{dx^2} \right] = g(x; t). \quad (11)$$

Ограничиваясь в дальнейшем рассмотрением упрощенной модели явления, получаем

$$EIy^{IV} + Ky = g, \quad (12)$$

где  $EI$  — жесткость балки;

$y$  — прогиб балки;

$g$  — интенсивность нагрузки, определяемая уравнением (5) без последнего члена, так как он перенесен в левую часть уравнения (12).

Решение дифференциального уравнения изгиба гибкой балки, лежащей на сплошном упругом основании, состоит из:

1) общего решения однородного уравнения в функциях Фрейнда [1] с применением метода начальных параметров

$$y_0 = AC_\varphi + BC'_\varphi + CC''_\varphi + DC'''_\varphi; \quad (13)$$

2) частного решения уравнения (12) в предположении, что таким решением будет

$$y_1 = U_1 \cos(nx - n_1 t) + U_2 \cos n_1 t + U_3 \sin n_1 t. \quad (14)$$

Для определения коэффициентов  $U_1$ ,  $U_2$ ,  $U_3$  подставим в выражение (12) соответствующие производные уравнения (14)

$$\begin{aligned} EIU_1 n^4 \cos(nx - n_1 t) + KU_1 \cos(nx - n_1 t) + KU_2 \cos n_1 t + \\ + KU_3 \sin n_1 t = D_0 \cos(sx - s_1 t) - D_1 \cos s_1 t - D_2 \sin s_1 t. \end{aligned} \quad (15)$$

Для того чтобы левая часть выражения (15) была тождественна правой, должно быть

$$n = s; \quad n_1 = s_1; \quad t = t; \quad U_2 = -\frac{D_1}{K}; \quad U_3 = -\frac{D_2}{K},$$

тогда

$$U = \frac{D_0}{EIs^4 + K} = \frac{D_0}{K} \frac{4\alpha^4}{s^4 + 4\alpha^4} = \frac{D_0}{K} \beta,$$

где 
$$\alpha = \sqrt[4]{\frac{K}{4EI}}.$$

Общее решение дифференциального уравнения (12) представится в виде

$$y = AC_{\varphi} + BC'_{\varphi} + CC''_{\varphi} + DC'''_{\varphi} + \frac{D_0}{K} \beta \cos(sx - s_1 t) - \frac{D_1}{K} \cos s_1 t = \frac{D_2}{K} \sin s_1 t. \quad (16)$$

Выражения для производных прогиба упругой линии балки запишутся

$$\left. \begin{aligned} y' &= \alpha (AC'_{\varphi} + BC''_{\varphi} + CC'''_{\varphi} - 4DC_{\varphi}) - \frac{D_0}{K} \beta s \sin(sx - s_1 t); \\ y'' &= \alpha^2 (AC''_{\varphi} + BC'''_{\varphi} - 4CC_{\varphi} - 4DC'_{\varphi}) - \frac{D_0}{K} \beta s^2 \cos(sx - s_1 t); \\ y''' &= \alpha^3 (AC'''_{\varphi} - 4BC'_{\varphi} - 4CC'_{\varphi} - 4DC''_{\varphi}) + \frac{D_0}{K} \beta s^3 \sin(sx - s_1 t). \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

Для граничных условий

$$\begin{aligned} x = 0; \quad y'' = y''' = 0; \\ x = L; \quad y'' = y''' = 0 \end{aligned}$$

получим следующие выражения произвольных постоянных:

$$\left. \begin{aligned} A &= \frac{D_0}{K} \beta \frac{s^2}{4\alpha^2} \left\{ \frac{s}{\alpha} [\Pi_1^A \sin s_1 t + \Pi_3^A \sin(2\pi\zeta - s_1 t)] + \right. \\ &+ 4 [\Pi_2^A \cos s_1 t - \Pi_4^A \cos(2\pi\zeta - s_1 t)] \left. \right\}; \\ B &= -\frac{D_0}{K} \beta \frac{s^3}{4\alpha^2} \sin s_1 t; \\ C &= -\frac{D_0}{K} \beta \frac{s^2}{4\alpha^2} \cos s_1 t; \\ D &= \frac{D_0}{K} \beta \frac{s^2}{4\alpha^2} \left\{ \frac{s}{\alpha} [\Pi_1^D \sin s_1 t + \Pi_3^D \sin(2\pi\zeta - s_1 t)] + \right. \\ &+ \Pi_2^D \cos s_1 t + \Pi_4^D \cos(2\pi\zeta - s_1 t) \left. \right\}. \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

В системе (18)

$$\left. \begin{aligned} \Pi_1^A &= \frac{C''_u C'_u + 4C_u C'_u}{(C''_u)^2 - C''_u C'_u}; \quad \Pi_1^D = \frac{(C''_u)^2 - 4C_u C''_u}{(C''_u)^2 - C''_u C'_u}; \\ \Pi_2^A &= \frac{(C'_u)^2 - C_u C''_u}{(C''_u)^2 - C''_u C'_u}; \quad \Pi_2^D = \frac{C'_u C''_u - C''_u C'_u}{(C''_u)^2 - C''_u C'_u}; \\ \Pi_3^A &= \frac{4C'_u}{(C''_u)^2 - C''_u C'_u}; \quad \Pi_3^D = \frac{C''_u}{(C''_u)^2 - C''_u C'_u}; \\ \Pi_4^A &= \frac{C''_u}{(C''_u)^2 - C''_u C'_u}; \quad \Pi_4^D = \frac{C''_u}{(C''_u)^2 - C''_u C'_u}; \\ u &= \alpha L; \quad \zeta = L\lambda^{-1}. \end{aligned} \right\} \quad (19)$$

После подстановки в уравнение системы (17) выражений для произвольных постоянных  $A, B, C, D$  получим зависимости для определения:

упругой линии сплавной единицы

$$y = \frac{D_0}{K} \beta \frac{s^2}{4\alpha^2} \left\{ \frac{s}{\alpha} [D_1^y \sin s_1 t + D_2^y \sin (2\pi\zeta - s_1 t)] + \right. \\ \left. + D_3^y \cos s_1 t + D_4^y \cos (2\pi\zeta - s_1 t) + \frac{4\alpha^2}{s^2} \cos (sx - s_1 t) \right\} - \\ - \frac{D_1}{K} \cos s_1 t - \frac{D_2}{K} \sin s_1 t; \quad (20)$$

углов поворота

$$\text{tg } \varepsilon = \frac{D_0}{K} \beta \frac{s^2}{4\alpha^2} \left\{ \frac{s}{\alpha} [D_1^\varepsilon \sin s_1 t + D_2^\varepsilon \sin (2\pi\zeta - s_1 t)] + \right. \\ \left. + D_3^\varepsilon \cos s_1 t + D_4^\varepsilon \cos (2\pi\zeta - s_1 t) - 4 \frac{\alpha}{s} \sin (sx - s_1 t) \right\}; \quad (21)$$

изгибающих моментов

$$M = \frac{D_0}{K} \beta \frac{s^2}{4\alpha^2} \left\{ \frac{s}{\alpha} [D_1^M \sin s_1 t + D_2^M \sin (2\pi\zeta - s_1 t)] + \right. \\ \left. + D_3^M \cos s_1 t + D_4^M \cos (2\pi\zeta - s_1 t) - 4 \cos (sx - s_1 t) \right\}; \quad (22)$$

перерезывающих сил

$$Q = \frac{D_0}{K} \beta \frac{s^2}{4\alpha^2} \left\{ \frac{s}{\alpha} [D_1^Q \sin s_1 t + D_2^Q \sin (2\pi\zeta - s_1 t)] + \right. \\ \left. + D_3^Q \cos s_1 t + D_4^Q \cos (2\pi\zeta - s_1 t) + 4 \frac{s}{\alpha} \sin (sx - s_1 t) \right\}. \quad (23)$$

В уравнениях (20)–(23)

$$\left. \begin{aligned} D_1^y &= \Pi_1^A C_\varphi - C'_\varphi + \Pi_1^D C'''; & D_2^y &= \Pi_3^A C_\varphi + \Pi_3^D C'''; \\ D_1^\varepsilon &= \Pi_1^A C'_\varphi - C''_\varphi - 4\Pi_1^D C_\varphi; & D_2^\varepsilon &= \Pi_3^A C'_\varphi - 4\Pi_3^D C_\varphi; \\ D_1^M &= \Pi_1^A C''_\varphi - C''''_\varphi - 4\Pi_1^D C'_\varphi; & D_2^M &= \Pi_3^A C''_\varphi - 4\Pi_3^D C'_\varphi; \\ D_1^Q &= \Pi_1^A C''''_\varphi + 4C_\varphi - 4\Pi_1^D C''_\varphi; & D_2^Q &= \Pi_3^A C''''_\varphi - 4\Pi_3^D C''_\varphi; \\ D_3^y &= 4\Pi_2^A C_\varphi - C''_\varphi + \Pi_2^D C'''; & D_4^y &= 4\Pi_4^A C_\varphi + \Pi_4^D C'''; \\ D_3^\varepsilon &= 4\Pi_2^A C'_\varphi - C''''_\varphi - 4\Pi_2^D C_\varphi; & D_4^\varepsilon &= 4\Pi_4^A C'_\varphi - 4\Pi_4^D C_\varphi; \\ D_3^M &= 4\Pi_2^A C''_\varphi + 4C_\varphi - 4\Pi_2^D C'_\varphi; & D_4^M &= 4\Pi_4^A C''_\varphi - 4\Pi_4^D C'_\varphi; \\ D_3^Q &= 4\Pi_2^A C''''_\varphi + 4C'_\varphi - 4\Pi_2^D C''_\varphi; & D_4^Q &= 4\Pi_4^A C''''_\varphi - 4\Pi_4^D C''_\varphi; \end{aligned} \right\} \quad (24)$$

$$\varphi = \alpha x.$$

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Э. Ф. Корневич, Г. В. Эндер. Формулы расчета балок на упругом основании. Госстройиздат, М., 1932. [2]. П. Ф. Папкович. Труды по прочности корабля. Судромгиз, Л., 1956.

Поступила 3 декабря 1973 г.

УДК 634.0.375.5

## О МЕТОДИКЕ ИССЛЕДОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ ЭВМ КОЛЕБАНИЙ АВТОМОБИЛЯ И НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ КОНКРЕТНЫХ РАСЧЕТОВ

Б. В. УВАРОВ, А. С. ВИШНЯКОВ

СевНИИП

Исследованы колебания автомобиля методом численного интегрирования системы дифференциальных уравнений. Приведены некоторые результаты расчета характеристик колебательного процесса при движении автомобиля по временным лесовозным дорогам.

Одним из наиболее эффективных методов расчета воздействия колеса автомобиля на дорогу при известном микропрофиле является решение на ЭВМ системы дифференциальных уравнений, описывающих колебательный процесс. В результате могут быть получены в явном виде зависимости всех параметров колебательного процесса от времени, а после их соответствующей обработки и статистические характеристики взаимодействия автомобиля с дорогой.

В рассматриваемой задаче введены следующие основные допущения:

колебания передних, задних колес автомобиля и прицепа-рессоры совершаются независимо друг от друга [2]\*, поэтому можно ограничиться рассмотрением только наиболее нагруженных задних колес автомобиля;

колеса имеют двустороннюю связь с дорогой, то есть контакт колес с покрытием никогда не нарушается;

поперечные колебания поддресоренной части автомобиля совершаются в виде вращательных движений относительно продольной оси, проходящей через центр тяжести кузова. При этом не учитываются боковые колебания, связанные с «креном» автомобиля, обусловленным скручиванием рессор и шин [2].

Расчетная схема при принятых допущениях показана на рис. 1.

Введем обозначения:

$m_1$  — поддресоренная масса автомобиля с грузом, приходящаяся на задние колеса,  $кГ \cdot сек^2/см$ ;

$m_2$  — неподдресоренная масса для одного заднего колеса,  $кГ \cdot сек^2/см$ ;

$K_0$  — коэффициент жесткости основной рессоры,  $кГ/см$ ;

$K_a$  — коэффициент жесткости дополнительной рессоры,  $кГ/см$ ;

$f_0$  — статический прогиб дополнительной рессоры,  $см$ ;

$K_2$  — коэффициент жесткости шин одного колеса,  $кГ/см$ ;

$A$  — сила сухого трения в рессорах,  $кГ$ ;

$\mu$  — коэффициент вязкого трения в колесе,  $кГ \cdot сек/см$ ;

$f$  — вертикальное отклонение центра тяжести поддресоренной массы автомобиля,  $см$ ;

\* От редакции. Пакет хлыстов обладает значительной упругостью, и принятое допущение является грубым.

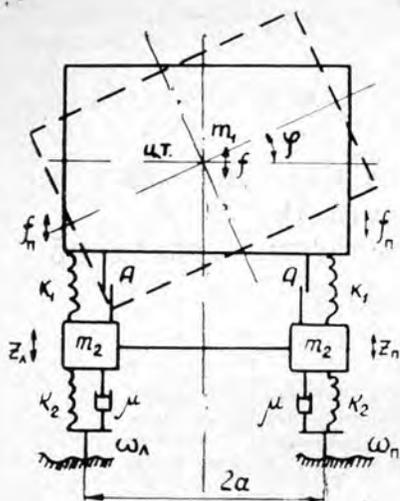


Рис. 1.

$f_n$  — вертикальное отклонение подпрессоренной части над правым колесом, см;

$f_l$  — то же над левым колесом, см;

$Z_n$  — вертикальное отклонение правого колеса, см;

$Z_l$  — то же левого колеса, см;

$\varphi$  — угол поворота подпрессоренной части автомобиля относительно продольной оси вращения, см;

$a$  — половина ширины колеи автомобиля, см;

$\rho$  — радиус инерции вращения подпрессоренной части относительно центра тяжести, см;

$\omega_n$  — возмущающая функция (микрорельеф дороги) для правого колеса, см;

$\omega_l$  — то же для левого колеса, см.

Положительными будем считать перемещения и силы, направленные вверх, а угол поворота — против часовой стрелки. Исходя из принципа Даламбера и учитывая, что  $\dot{\varphi} = \frac{f_n + f_l}{2}$  и  $\varphi = \frac{f_n - f_l}{2a}$  (здесь угол поворота считается малым), получаем следующую систему дифференциальных уравнений:

$$\ddot{Z}_n = -\frac{K_n}{m_2}(Z_n - f_n) - \frac{A}{m_2} \text{sign}(\dot{Z}_n - \dot{f}_n) + \frac{K_2}{m_2}(\omega_n - Z_n) + \frac{\mu}{m_2}(\dot{\omega}_n - \dot{Z}_n); \quad (1)$$

$$\ddot{Z}_l = \frac{K_l}{m_1}(Z_l - f_l) - \frac{A}{m_1} \text{sign}(\dot{Z}_l - \dot{f}_l) + \frac{K_2}{m_2}(\omega_l - Z_l) + \frac{\mu}{m_2}(\dot{\omega}_l - \dot{Z}_l); \quad (2)$$

$$\ddot{f}_n - \frac{K_n}{m_1}\left(1 + \frac{a^2}{\rho^2}\right)(Z_n - f_n) + \frac{K_l}{m_1}\left(1 - \frac{a^2}{\rho^2}\right)(Z_l - f_l) + \frac{A}{m_1}\left(1 + \frac{a^2}{\rho^2}\right) \text{sign}(\dot{Z}_n - \dot{f}_n) + \frac{A}{m_1}\left(1 - \frac{a^2}{\rho^2}\right) \text{sign}(\dot{Z}_l - \dot{f}_l); \quad (3)$$

$$\ddot{f}_l = \frac{K_n}{m_1}\left(1 - \frac{a^2}{\rho^2}\right)(Z_n - f_n) + \frac{K_l}{m_1}\left(1 + \frac{a^2}{\rho^2}\right)(Z_l - f_l) + \frac{A}{m_1}\left(1 - \frac{a^2}{\rho^2}\right) \text{sign}(\dot{Z}_n - \dot{f}_n) + \frac{A}{m_1}\left(1 + \frac{a^2}{\rho^2}\right) \text{sign}(\dot{Z}_l - \dot{f}_l); \quad (4)$$

где

$$\left. \begin{aligned} K_n &= K_0 + K_n H(Z_n - f_n + f_0); \\ K_l &= K_0 + K_l H(Z_l - f_l + f_0); \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

$H$  — единичная функция, равная единице при положительном аргументе и нулю при отрицательном.

Выражениями (5) учитывается тот факт, что если прогиб дополнительных рессор становится меньше нуля, они выключаются из работы.

Система уравнений (1) — (4) является нелинейной, так как содержит члены с сигнумом и с единичной функцией. Аналитически зада-

ча не может быть решена. Разработана программа численного решения системы (1) — (4) методом Рунге — Кутта. Программа реализована на ЭВМ «Наири-С».

По составленной программе выполнены расчеты для движения лесовозного автомобиля типа МАЗ-509 со скоростью 5, 10, 15 и 20 км/час по лесовозным усам со следующими типами покрытий: колейное из железобетонных плит длиной 2,5 м; ленточное ЛД-5; грунтоворост на поперечном настиле.

Описание дорожных участков, метод записи микропрофиля и статистические характеристики были приведены ранее одним из авторов [1]. Микропрофили участков представлены 350 значениями неровностей с шагом  $\Delta S = 0,35$  м для ЛД-5 и  $\Delta S = 0,5$  м в остальных случаях.

Значения возмущающих функций на участках между замерами получали линейной интерполяцией по формуле

$$\omega(t) = \alpha_i t + \beta_i. \quad (6)$$

Параметры, характеризующие подвеску автомобиля, приняты по данным завода-изготовителя:  $m_1 = 8,1$  кг·сек<sup>2</sup>/см;  $m_2 = 0,64$  кг·сек<sup>2</sup>/см;  $K_0 = 372$  кг/см;  $K_d = 262$  кг/см;  $K_2 = 1052$  кг/см;  $A = 300$  кг;  $\mu = 2,0$  кг·сек/см;  $a = 95,0$  см;  $f_0 = 3,8$  см;  $\rho = 91,5$  см.

Начальные условия приняты следующие:

$$t_0 = 0; \quad \dot{Z}_n = 0; \quad \dot{Z}_l = 0; \quad \dot{f}_n = 0; \quad \dot{f}_l = 0; \\ Z_n = f_n = \omega_n(t_0); \quad Z_l = f_l = \omega(t_0).$$

Здесь, следовательно, предполагается, что автомобиль до подхода к рассматриваемому участку не имел колебаний. Шаг интегрирования для ЛД-5 составил 0,0125 сек, для остальных типов покрытий — 0,018 сек. Пробными расчетами установлено, что погрешность при этом не превышает 10%.

На рис. 2 для примера представлены некоторые результаты расчета колебаний автомобиля при движении по лесовозному усу с покрытием ЛД-5. На рисунке обозначено:  $P_n$  и  $P_l$  — динамические усилия на правом и левом колесах, определенные по формулам

$$P_n = K_2 (\omega_n - Z_n) + \mu (\dot{\omega}_n - \dot{Z}_n); \\ P_l = K_2 (\omega_l - Z_l) + \mu (\dot{\omega}_l - \dot{Z}_l).$$

Из приведенных графиков видно, что колебания усилий на колесах и колебания кузова совершаются примерно с одинаковой частотой, близкой к частоте собственных колебаний автомобиля. На собственные колебания накладываются возмущения от неровностей. При малых скоростях траектория движения кузова копирует микропрофиль дороги. С увеличением скорости колебательный процесс становится явно периодическим, более стационарным, амплитуда стабильнее, а влияние отдельных неровностей менее заметным.

Колебания усилий на правом и левом колесах значительно различаются по амплитуде и по фазе. Это объясняется разной высотой неровностей правой и левой колеи и наличием поперечных колебаний. При скорости 10 км/час коэффициент корреляции динамических усилий на правом и левом колесах составляет 0,664.

Для оценки влияния поперечных неровностей (разности отметок микропрофилей на правой и левой колее) выполнены расчеты, в которых микропрофиль левой колеи принимался таким же, как правой. В целом характер колебаний при этом не изменяется, однако величины

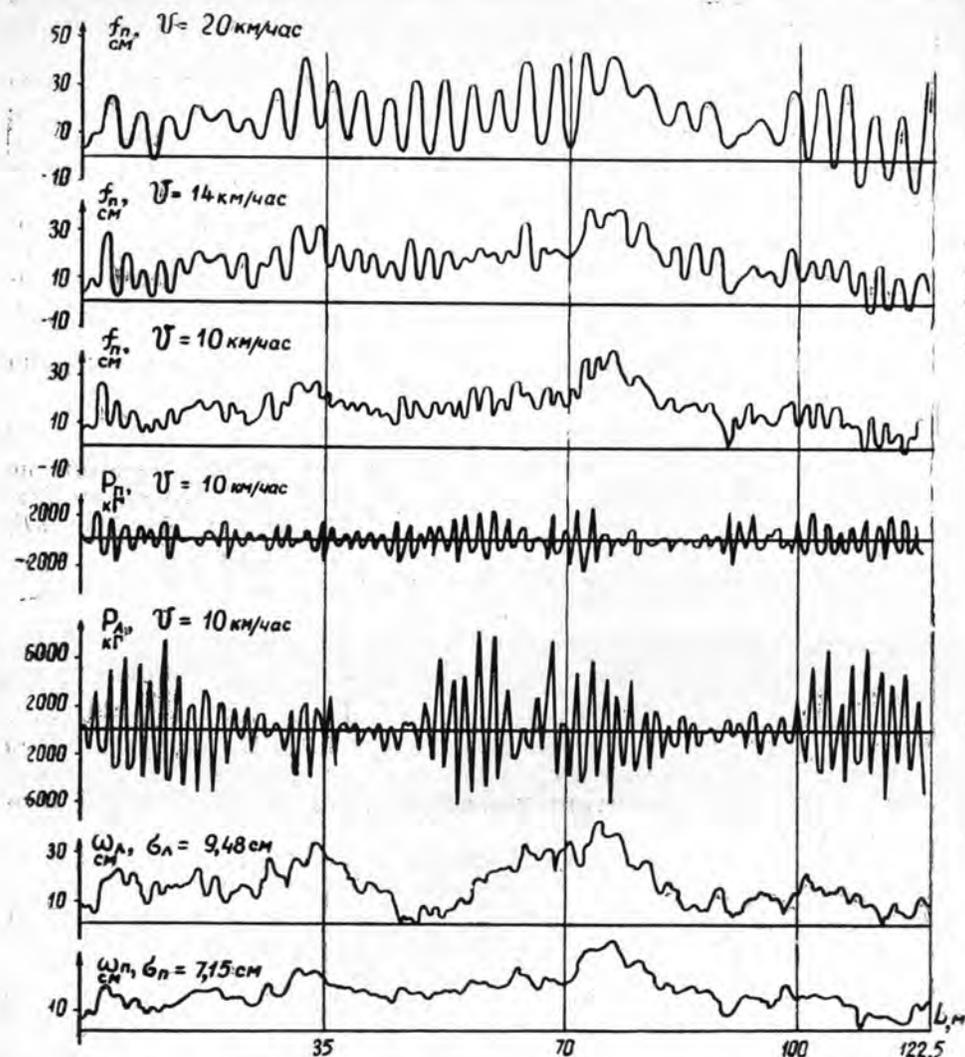


Рис. 2.

всех рассматриваемых характеристик, как правило, выше при наличии поперечных колебаний. Интересно отметить, что в расчетах было зафиксировано несколько случаев, когда динамические усилия и отклонения кузова при отсутствии поперечных неровностей оказались выше. Это можно объяснить благоприятным в этих случаях сочетанием продольных и поперечных колебаний, повышающих плавность движения. Анализ вертикальных ускорений и динамических усилий показывает, что с увеличением скорости движения поперечные колебания возрастают. Практически во всех рассмотренных случаях (для лесовозных усов) влиянием поперечных неровностей нельзя пренебречь. Результаты расчетов на основе методов статистической динамики [3], [1] для тех же участков дают приемлемые для практики результаты только для дорог с колейным железобетонным покрытием.

В рассматриваемом диапазоне скоростей динамические усилия на колесе не имеют тенденции к уменьшению. При 99%-ной обеспеченно-

сти коэффициент динамичности равен двум при  $v = 4 \div 5$  км/час для поперечного настила, при  $v = 8 \div 10$  км/час для ЛД-5 и при  $v = 20$  км/час для колеяного железобетонного покрытия. Эти скорости можно считать предельными для применяемой методики расчета, так как при их превышении наблюдается отрыв колес от дороги. По имеющимся рекомендациям [4] можно сделать вывод, что эти же значения скоростей предельны и по допустимой величине ускорений кузова и динамических усилий воздействия колеса на путь.

Для характеристики колебательной системы автомобиля представляется интерес изучение корреляционной связи между вертикальными ускорениями кузова и колеса автомобиля, рассматриваемыми как случайные функции.

Графики зависимости коэффициента корреляции  $r_n$  от скорости для ускорений правого колеса и кузова показаны на рис. 3. Данные приведены для движения по двум колеям с фактическим микропрофилем (сплошная линия) и для случая, когда поперечных неровностей нет, а микропрофиль левой колес идентичен микропрофилю правой (штриховая линия).

Графики зависимости коэффициента корреляции  $r$  от скорости связь между  $\ddot{f}_n$  и  $\ddot{Z}_n$  отрицательна. С ростом  $v$  она ослабевает и в некоторых случаях становится положительной. При достаточно больших скоростях ускорения колеса и кузова всегда становятся некоррелированными. При этом время корреляционной связи больше для низкочастотного микропрофиля. Примечательно, что для скоростей, при которых корреляционная связь исчезает, средние квадратические ускорения резко возрастают. Следовательно, допустимые скорости движения автомобиля на неровных дорогах можно оценить по величине корреляционной связи колебаний кузова и колеса.

### Выводы

1. Применение метода численного интегрирования системы дифференциальных уравнений обеспечивает получение наглядных данных, позволяющих провести достаточно полный анализ колебаний автомобиля.
2. Полученные зависимости могут быть использованы для оценки взаимодействия лесовозного автомобиля с покрытием.
3. Влияние поперечных неровностей на колебания автомобиля незначительно лишь при достаточно малых скоростях движения и небольшой величине неровностей. В большинстве реальных случаев поперечные колебания автомобиля необходимо учитывать в применяемых расчетных схемах.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. С. Вишняков. Сравнительный анализ микропрофилей автомобильных лесовозных усов и их статистические характеристики. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1972. [2]. Р. В. Ротенберг. Подвеска автомобиля и его колебания. Машгиз, 1960.

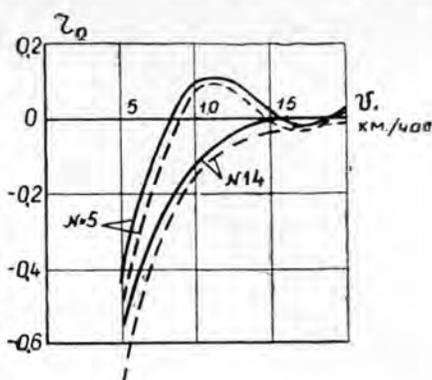


Рис. 3.

№ 5 — участок с покрытием ЛД-5;  
№ 14 — участок с колеяным железобетонным покрытием.

[3]. Б. В. Уваров, В. В. Шелкунов, В. И. Жабин. О характеристиках случайных функций. Труды АЛТИ, т. XXVIII, 1971. [4]. Н. Н. Яценко, О. К. Пруткин. Плавность хода грузовых автомобилей, М., 1969.

Поступила 21 мая 1973 г.

УДК 634.0.32

## ДИНАМИКА ПАКЕТИРОВАНИЯ ДЕРЕВЬЕВ ПРИ СВОБОДНОМ ПОВАЛЕ

В. А. АЛЕКСАНДРОВ, С. А. ОСМАКОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Теоретически рассмотрен процесс пакетирования деревьев при свободном повале. Получены аналитические зависимости для определения динамических нагрузок на манипулятор валочно-пакетирующей машины.

При взаимодействии манипулятора валочно-пакетирующей машины с деревом возникают сложные динамические процессы. Их изучение необходимо для правильного выбора оптимальных параметров технологического оборудования и машины в целом. При этом важное значение приобретают теоретические методы исследований, позволяющие установить уже в фазе проектирования машины закономерности движения элементов ее технологического оборудования и предмета труда, а также определить истинные значения действующих сил.

Ранее\* нами было рассмотрено взаимодействие манипулятора ВПМ с деревом в режиме подъем — опускание пакетируемого дерева стрелой. В данной статье рассмотрим другой режим — пакетирование деревьев при свободном повале.

### 1. Определение угловой скорости в конце падения дерева и длительности падения

Исследование проводим на динамической модели системы манипулятор — дерево (рис. 1). Приняты следующие допущения:

- 1) дерево, стрела  $OA$  и рукоять  $AB$  манипулятора моделируются твердыми телами;
- 2) сопротивлением воздуха движению дерева пренебрегаем;
- 3) тела системы совершают плоское движение;
- 4) уравнения вращений стрелы и рукояти манипулятора заданы:

$$\varphi_2 = \varphi_{20} + \omega_2 t; \quad \varphi_1 = \varphi_{10} - \omega_1 t, \quad (1)$$

где  $\varphi_{20}$  и  $\varphi_{10}$  — углы поворота стрелы и рукояти в момент начала движения дерева.

Цель дальнейшего исследования состоит в том, чтобы найти угловую скорость падения дерева из начального вертикального положения и длительность падения.

Дифференциальное уравнение вращения дерева составим на основании уравнения Лагранжа II рода для координаты  $\varphi$  системы

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} - \frac{\partial T}{\partial \varphi} = Q_{\varphi}, \quad (2)$$

\* В. А. Александров, В. М. Троязков. Исследование динамики гидроманипулятора валочно-пакетирующей машины. Научные труды ЛТА, № 150, Л., 1972.

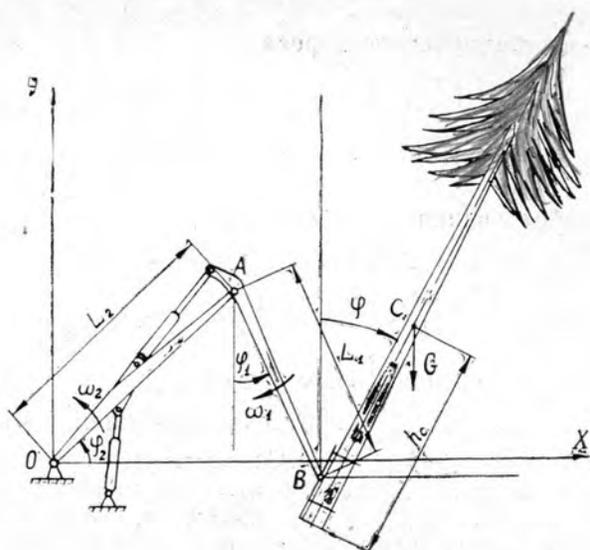


Рис. 1. Общая расчетная схема системы манипулятор — дерево.

$L_1, L_2$  — соответственно длина рукоятки и стрелы манипулятора;  $G$  — вес пакетируемого дерева;  $h_C$  — расстояние от комля до центра тяжести дерева.

здесь

$$\dot{Q}_\varphi = Gh_C \sin \varphi. \quad (3)$$

Кинетическая энергия пакетируемого дерева определится выражением

$$T = \frac{1}{2} M v_C^2 + \frac{1}{2} I_C \dot{\varphi}^2, \quad (4)$$

где  $v_C$  — скорость центра масс дерева;

$I_C$  — момент инерции дерева относительно оси  $Cz$ .

Координаты центра масс дерева, согласно рис. 1,

$$\left. \begin{aligned} x_C &= h_C \sin \varphi + (L_1 \sin \varphi_1 + L_2 \cos \varphi_2); \\ y_C &= h_C \cos \varphi - (L_1 \cos \varphi_1 - L_2 \sin \varphi_2). \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Проекции скорости центра масс:

$$\begin{aligned} v_{Cx} &= \dot{x}_C = h_C \cos \varphi \cdot \dot{\varphi} - (L_1 \omega_1 \cos \varphi_1 + L_2 \omega_2 \sin \varphi_2); \\ v_{Cy} &= \dot{y}_C = -h_C \sin \varphi \cdot \dot{\varphi} - (L_1 \omega_1 \sin \varphi_1 - L_2 \omega_2 \cos \varphi_2). \end{aligned}$$

Тогда

$$\begin{aligned} v_C^2 &= v_{Cx}^2 + v_{Cy}^2 = h_C^2 \dot{\varphi}^2 - 2h_C L_1 \omega_1 \cos(\varphi + \varphi_1) \dot{\varphi} - \\ &- 2h_C L_2 \omega_2 \sin(\varphi + \varphi_2) \dot{\varphi} + L_1^2 \omega_1^2 + L_2^2 \omega_2^2 + 2L_1 L_2 \omega_1 \omega_2 \sin(\varphi_2 - \varphi_1). \end{aligned}$$

По формулам (4) и (6) можно определить производные

$$\frac{\partial T}{\partial \varphi}, \quad \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} \quad \text{и} \quad \frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}},$$

подставляя которые в уравнение (2), получим дифференциальное уравнение вращения пакетируемого дерева

$$I_B \ddot{\varphi} = Gh_C \sin \varphi + Gh_C \frac{L_1 \omega_1^2}{g} \sin(\varphi + \varphi_1) + Gh_C \frac{L_2 \omega_2^2}{g} \cos(\varphi + \varphi_2).$$

Здесь  $I_B = I_C + Mh_C^2$  — момент инерции дерева относительно оси  $Bz$ .

После преобразования

$$\ddot{\varphi} = \alpha \sin \varphi + \alpha \beta_1 \sin(\varphi + \varphi_1) + \alpha \beta_2 \cos(\varphi + \varphi_2), \quad (7)$$

$$\text{где } \alpha = \frac{Gh_C}{I_B}; \quad \beta_1 = \frac{L_1 \omega_1^2}{g}; \quad \beta_2 = \frac{L_2 \omega_2^2}{g}. \quad (8)$$

Располагая дифференциальным уравнением (7), а также значениями  $\varphi_{10}$ ,  $\varphi_{20}$ ,  $\omega_1$ ,  $\omega_2$ ,  $\varphi_0$ ,  $\varphi_0$  и конечным значением  $\varphi = \varphi_k$  угла поворота дерева, можно с помощью ЭВМ найти угловую скорость  $\omega_k = \dot{\varphi}_k$  в конце падения дерева и длительность  $t = t_k$  падения.

Значения  $\varphi_{10}$ ,  $\varphi_{20}$ ,  $\omega_1$ ,  $\omega_2$ ,  $\varphi_k$  задаются,  $\varphi_0 \approx 0$ . Начальную угловую скорость дерева можно найти на основании теорем об изменении количества движения и момента количества движения

$$\dot{\varphi}_0 = \frac{Mh_C}{I_B} (\omega_1 L_1 \cos \varphi_{10} + \omega_2 L_2 \sin \varphi_{20}). \quad (9)$$

При выводе формулы (9) предполагалось, что в течение переходного режима движения манипулятора угол отклонения дерева от вертикали остается незначительным.

## II. Определение динамического воздействия дерева на манипулятор после падения

Постановка задачи. В момент окончания падения дерево имеет угловую скорость  $\dot{\varphi}_k$ , определяемую в п. I, и образует с вертикалью угол  $\varphi_k$ . После удара вершины дерева о землю его ствол совершает свободные колебания.

Задача состоит в том, чтобы определить динамическое давление, передаваемое колеблющимся деревом манипулятору валочно-пакетирующей машины. В качестве динамической модели дерева примем упругий стержень, масса которого будет сосредоточена в четырех сечениях (рис. 2).

Расчетная схема для составления дифференциальных уравнений движения показана на рис. 1. Координаты масс отсчитываются от их равновесных положений. После приложения к массам сил инерции систему считаем находящейся в равновесии. Динамические прогибы в сечениях 1 и 2 (рис. 2, 3) определяются из очевидных равенств

$$\left. \begin{aligned} x_1 &= -\alpha_{11} m_1 \ddot{x}_1 - \alpha_{12} m_2 \ddot{x}_2; \\ x_2 &= -\alpha_{21} m_1 \ddot{x}_1 - \alpha_{22} m_2 \ddot{x}_2, \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

здесь  $\alpha_{11}$ ,  $\alpha_{12}$ ,  $\alpha_{21}$ ,  $\alpha_{22}$  — коэффициенты влияния, которые представляют собой прогибы соответствующих сечений упругого стержня под действием единичных сил.

Полученные уравнения (10) есть дифференциальные уравнения свободных колебаний масс  $m_1$  и  $m_2$ . Заменяя в них  $x_1$  и  $x_2$  выражениями

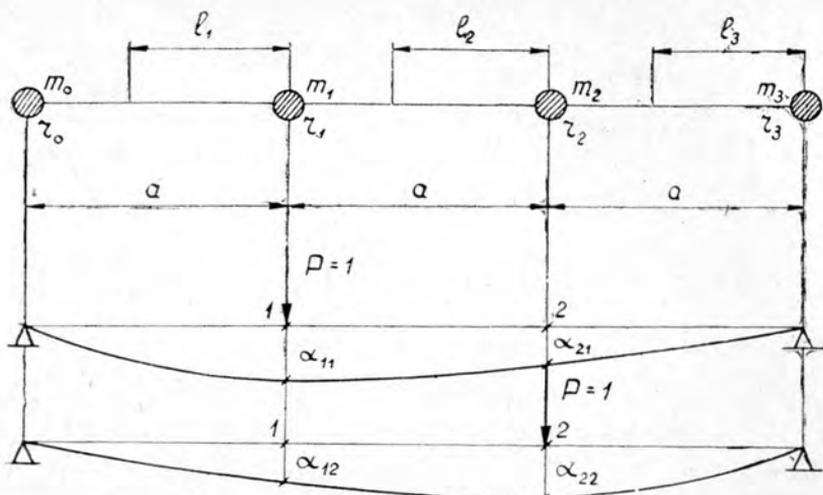


Рис. 2. Расчетная схема приведения масс и определения коэффициентов влияния.

$m_0, m_1, m_2, m_3$  — приведенные массы трех равных участков дерева;  $a$  — длина участка;  $r_0, r_1, r_2, r_3$  — радиусы сечений ствола;  $l_1, l_2, l_3$  — расстояния соответствующих приведенных масс от центров тяжести участков;  $P$  — единичная сила.

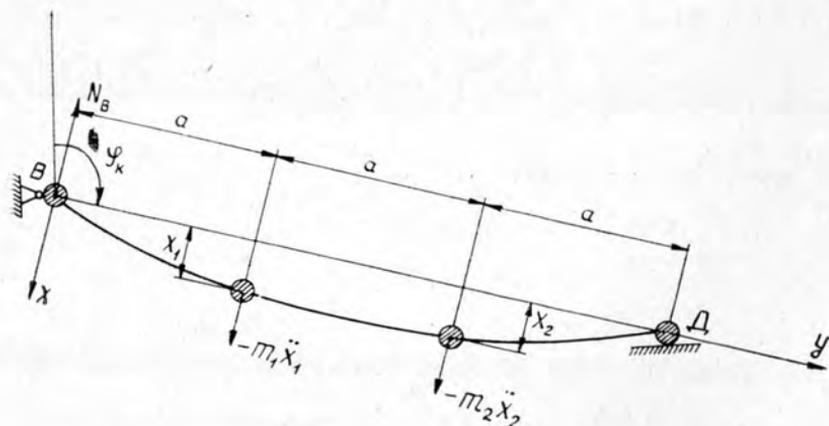


Рис. 3. Расчетная схема для определения динамического давления пакетированного дерева на манипулятор.

$$x_1 = A_1 \sin(pt + \alpha); \quad x_2 = A_2 \sin(pt + \alpha), \quad (11)$$

получим

$$\left. \begin{aligned} A_1 \left( \frac{1}{p^2} - m_1 \alpha_{11} \right) - A_2 m_2 \alpha_{12} &= 0; \\ -A_1 \alpha_{12} m_1 + A_2 \left( \frac{1}{p^2} - m_2 \alpha_{22} \right) &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

Приравняв нулю определитель системы (12), получим характеристическое уравнение

$$\frac{1}{p^4} - \frac{1}{p^2} (m_1 \alpha_{11} + m_2 \alpha_{22}) + m_1 m_2 (\alpha_{11} \alpha_{22} - \alpha_{12}^2) = 0. \quad (13)$$

Частоты  $p_1$  и  $p_2$  свободных колебаний найдутся как корни характеристического уравнения (13)

$$\frac{1}{p_{1,2}} = \sqrt{\frac{m_1 \alpha_{11} + m_2 \alpha_{22}}{2}} \pm \sqrt{\frac{(m_1 \alpha_{11} + m_2 \alpha_{22})^2}{4} - m_1 m_2 (\alpha_{11} \alpha_{22} - \alpha_{12}^2)}. \quad (14)$$

Коэффициенты формы будут такими:

$$\beta_1 = \frac{A_{21}}{A_{11}} = \frac{m_2 \alpha_{12}}{\frac{1}{p^2} - m_1 \alpha_{11}}; \quad \beta_2 = \frac{A_{22}}{A_{12}} = \frac{m_2 \alpha_{12}}{\frac{1}{p^2} - m_1 \alpha_{11}}. \quad (15)$$

Уравнения движения масс  $m_1$  и  $m_2$  запишутся следующим образом:

$$\left. \begin{aligned} x_1 &= A_{11} \sin(p_1 t + \alpha_1) + A_{12} \sin(p_2 t + \alpha_2); \\ x_2 &= A_{11} \beta_1 \sin(p_1 t + \alpha_1) + A_{12} \beta_2 \sin(p_2 t + \alpha_2). \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

Постоянные  $A_{11}$ ,  $A_{12}$ ,  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  определяются по начальным условиям движения масс  $m_1$  и  $m_2$

$$\alpha_1 = \alpha_2 = 0;$$

$$A_{11} = \frac{\dot{x}_{10} \beta_2 - \dot{x}_{20}}{p_1 (\beta_2 - \beta_1)}; \quad (17)$$

$$A_{12} = \frac{\dot{x}_{20} - \dot{x}_{10} \beta_1}{p_2 (\beta_2 - \beta_1)}. \quad (18)$$

Уравнения движения масс примут вид

$$\left. \begin{aligned} x_1 &= A_{11} \sin p_1 t + A_{12} \sin p_2 t; \\ x_2 &= A_{11} \beta_1 \sin p_1 t + A_{12} \beta_2 \sin p_2 t. \end{aligned} \right\} \quad (19)$$

Тогда в соответствии с рис. 3 динамическое воздействие пакуемого дерева на манипулятор составит

$$N_B = -\frac{2}{3} m_1 \ddot{x}_1 - \frac{1}{3} m_2 \ddot{x}_2,$$

или

$$N_B = \frac{2m_1 + m_2 \beta_1}{3} \cdot A_{11} p_1^2 \sin p_1 t + \frac{2m_1 + m_2 \beta_2}{3} \cdot A_{12} p_2^2 \sin p_2 t,$$

или

$$N_B = N_1 \sin p_1 t + N_2 \sin p_2 t. \quad (20)$$

где

$$N_1 = \frac{2m_1 + m_2 \beta_1}{3} \cdot A_{11} p_1^2; \quad N_2 = \frac{2m_1 + m_2 \beta_2}{3} \cdot A_{12} p_2^2. \quad (21)$$

Уравнение (20) можно записать так:

$$N_B = N_1 \sin \tau + N_2 \sin k\tau, \quad (22)$$

$$\text{где } k = \frac{p_2}{p_1}.$$

Установленные аналитические зависимости могут быть использованы для проектирования манипуляторов валочно-пакующих машин

УДК 634.0.377.7

## О РАСЧЕТЕ УСТОЙЧИВОСТИ РЕЛЬСО-ШПАЛЬНОЙ РЕШЕТКИ

С. И. МОРОЗОВ

Архангельский лесотехнический институт

Рассматривается продольно-поперечный изгиб рельсо-шпальной решетки при нелинейном законе изменения реактивных сил и моментов от прогибов пути. Приводится решение дифференциального уравнения изогнутой оси рельсо-шпальной решетки.

При расчете рельсо-шпальной решетки на устойчивость наиболее широкое применение имеет энергетический метод [4], однако он не дает достаточно ясного представления о границах использования полученных зависимостей. В некоторых случаях это приводит к расхождению между расчетными и опытными данными.

Для уточнения физической природы процесса потери устойчивости более предпочтителен метод, основанный на решении дифференциальных уравнений изогнутой оси рельсо-шпальной решетки [1], хотя такое решение в общем случае встречает большие трудности из-за нелинейности зависимостей реактивных сил и моментов от прогибов пути. Рассмотрим поэтому один из приближенных способов, основанный на том, что задается закон изменения реактивных сил и моментов от прогибов пути по длине изогнутого участка (то есть предполагаем известным уравнение изогнутой оси рельсо-шпальной решетки). Такой прием позволяет, в принципе, получить решение с любой заданной точностью при помощи последовательных приближений, используя на каждом этапе вычислений уравнение изогнутой оси, полученное на предыдущем этапе.

Предлагаемая методика расчета базируется на следующих предположениях:

а) рассматривается плоский изгиб на начальной стадии потери устойчивости до момента выброса;

б) рельсо-шпальную решетку заменяем балкой равновеликой жесткости, подверженной действию всех сил, приложенных к рельсо-шпальной решетке;

в) путь имеет начальную изолированную неровность, длина которой, как показали предварительные расчеты [2], до момента выброса меньше длины изогнутого участка. Форма неровности аппроксимируется уравнением

$$y_z = f_0 \omega \left( \frac{z}{z_0} \right),$$

где  $f_0$  — длина стрелы прогиба неровности;

$\omega$  — функциональный множитель;

$2z_0$  — длина неровности;

$z$  — текущая координата, отсчитываемая от крайней левой границы неровности;

г) изогнутый участок состоит из одной волны, примыкающей к недеформируемому участкам пути. Форма изогнутого участка при вы-

числении членов, зависящих от реактивных сил и моментов, аппроксимируется функцией вида

$$y = fv(u),$$

где  $f$  — длина стрелы прогиба изогнутого участка;

$v(u)$  — функциональный множитель ( $u = \frac{x}{x_0}$ );

$2x_0$  — длина изогнутого участка;

$x$  — текущая координата произвольного сечения изогнутого участка, отсчитываемая от его левой границы;

д) сосредоточенные реактивные силы  $Q$  и моменты  $M$  заменяются распределенными, интенсивность которых  $q$  и  $M$  изменяется по закону

$$q = q_0 + Cy^\alpha;$$

$$M = M_0 + Hy'^\beta,$$

где  $q_0, M_0$  — начальные значения интенсивностей;

$C, H$  — угловые коэффициенты;

$\alpha, \beta$  — показатели степени;

$y, y'$  — прогибы и углы поворота сечений (ввиду малости углы поворота заменяются их тангенсами);

е) влияние эксцентриситета продольных сжимающих сил не рассматривается.

Запишем дифференциальное уравнение изогнутой оси рельсо-шпальной решетки в общем случае

$$EIy^{IV} = -Py'' - q + \frac{dM}{dx}, \quad (1)$$

где  $EI$  — жесткость решетки;

$P$  — осевая сжимающая сила.

Разделим уравнение (1) на  $EI$  и дважды проинтегрируем при  $y'''(0) = a$  и  $y''(0) = 0$

$$y'' = -k^2y_1 + ax - g(x) + \varphi(x), \quad (2)$$

где  $k^2 = \frac{P}{EI}$ ;  $a = \frac{R}{EI}$ ;  $g(x) = \int_0^x dx \int_0^x ndx$ ;  $\varphi(x) = \int_0^x mdx$ ;

$$n = \frac{q}{EI}; \quad m = \frac{M}{EI}; \quad y_1 = y + y_z + y_\rho,$$

здесь  $R$  — опорная реакция

$$R = \int_0^{x_0} qdx;$$

$y$  — прогиб от изгибных деформаций;

$y_z$  — начальный прогиб пути, учитываемый при расположении сечения в пределах неровности;

$y_\rho$  — дополнительный начальный прогиб при расположении изогнутого участка на закруглении пути. Как было показано [3]

$$y_\rho = \frac{x_0}{\rho} x - \frac{x^2}{2\rho},$$

где  $\rho$  — радиус закругления пути.

Преобразовываем уравнение (2), используя соответствующие выражения для реактивных сил и моментов

$$y'' + k^2 y = bx + px^2 - c_0 f^\alpha g_1(x) + h f^\beta \varphi_1(x) - k^2 y_z, \quad (3)$$

где

$$\begin{aligned} b &= n_0 x_0 + c_0 f^\alpha x_0 B - k^2 \frac{x_0}{\rho} + m_0; \\ p &= \frac{k^2}{2\rho} - \frac{n_0}{2}; \quad n_0 = \frac{q_0}{EI}; \quad c_0 = \frac{C}{EI}; \\ h &= \frac{H}{EI}; \quad m_0 = \frac{M}{EI}; \quad B = \int_0^1 v^\alpha(u) du; \quad u = \frac{x}{x_0}; \\ g_1(x) &= \int_0^x v^\alpha(\xi) (x - \xi) d\xi; \quad \varphi_1(x) = \int_0^x v^\beta(\xi) d\xi. \end{aligned}$$

Интегрируем уравнение (3) по методу Лагранжа при начальных условиях  $y(0) = 0$ ,  $y'(0) = \frac{x_0}{\rho}$ . Опуская промежуточные выкладки, запишем окончательный результат

$$\begin{aligned} y &= \frac{x_0}{\rho k} \sin kx + \frac{b}{k} \int_0^x \xi \sin k(x - \xi) d\xi + \frac{p}{k} \int_0^x \xi^2 \sin k(x - \xi) d\xi - \\ &- \frac{c_0}{k} f^\alpha \int_0^x g_1(\xi) \sin k(x - \xi) d\xi + \frac{h}{k} f^\beta \int_0^x \varphi_1(\xi) \sin k(x - \xi) d\xi - \\ &- k \int_0^z y_z \sin k(z - \xi) d\xi. \end{aligned} \quad (4)$$

Для определения параметра  $k$  (собственное значение дифференциального уравнения) имеем еще одно условие:  $y'(x_0) = 0$ , откуда

$$\begin{aligned} \frac{x_0}{\rho} \cos kx_0 + b \int_0^{x_0} \xi \cos k(x_0 - \xi) d\xi + p \int_0^{x_0} \xi^2 \cos k(x_0 - \xi) d\xi - \\ - c_0 f^\alpha \int_0^{x_0} g_1(\xi) \cos k(x_0 - \xi) d\xi + h f^\beta \int_0^{x_0} \varphi_1(\xi) \cos k(x_0 - \xi) d\xi - \\ - k^2 \int_0^{z_0} y_z \cos k(z_0 - \xi) d\xi = 0. \end{aligned} \quad (5)$$

Ранее было показано [2], что величина  $k$  зависит от длины изогнутого участка  $x_0$  и длины начальной неровности  $z_0$ . Максимуму  $k$  соответствует условие  $\frac{dk}{dx_0} = 0$ . Взяв производную по  $x_0$  от уравнения (5), получим

$$\begin{aligned} \frac{1}{\rho} \cos kx_0 - \frac{kx_0}{\rho} \sin kx_0 - bk \int_0^{x_0} \xi \sin k(x_0 - \xi) d\xi - \\ - pk \int_0^{x_0} \xi^2 \sin k(x_0 - \xi) d\xi + c_0 f^\alpha k \int_0^{x_0} g_1(\xi) \sin k(x_0 - \xi) d\xi - \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & -hk f^{\beta} \int_0^{x_0} \varphi_1(\xi) \sin k(x_0 - \xi) d\xi + bx_0 + px_0^2 - c_0 f^{\alpha} g_1(x_0) + \\
 & + hf^{\beta} \varphi_1(x_0) + \frac{db}{dx_0} \int_0^{x_0} \xi \cos k(x_0 - \xi) d\xi + \frac{dp}{dx_0} \int_0^{x_0} \xi^2 \cos k(x_0 - \xi) d\xi = 0. \quad (6)
 \end{aligned}$$

Минимальное значение этих максимумов  $k$ , соответствующее расчетной критической величине  $P$ , определяем из условия  $\frac{dk}{dz_0} = 0$ . Взяв производную от уравнения (5) по  $z_0$ , получим

$$\int_0^{z_0} \frac{d\omega}{dz_0} \cos k(z_0 - \xi) d\xi - k \int_0^{z_0} \omega \sin k(z_0 - \xi) d\xi + \omega \left( \frac{z}{z_0} \right) = 0. \quad (7)$$

Можно отметить, что условие (7) не зависит от действующих на изогнутый участок сил и моментов, а связано только с формой начальной неровности. Например, если принять  $\omega = 0,5 \left( 1 - \cos \pi \frac{z}{z_0} \right)$ , то условие (7) приводится к виду  $kz_0 = 2,63$ ; если  $\omega = 4 \frac{z^3}{z_0^3} - 3 \frac{z^4}{z_0^4}$ , то  $kz_0 = 2,54$  при любом законе изменения реактивных сил и моментов.

Для определения стрелы прогиба изогнутого участка используется формула (5) при  $x = x_0$

$$\begin{aligned}
 f = & \frac{x_0}{\rho k} \sin kx_0 + \frac{b}{k} \int_0^{x_0} \xi \sin k(x_0 - \xi) d\xi + \frac{p}{k} \int_0^{x_0} \xi^2 \sin k(x_0 - \xi) d\xi - \\
 & - \frac{c_0}{k} f^{\alpha} \int_0^{x_0} g_1(\xi) \sin k(x_0 - \xi) d\xi + \frac{h}{k} f^{\beta} \int_0^{x_0} \varphi_1(\xi) \sin k(x_0 - \xi) d\xi - \\
 & - k \int_0^{z_0} y_z \sin k(z_0 - z) dz. \quad (8)
 \end{aligned}$$

Вычисляя интегралы, приводим уравнения (5), (6) и (8) к виду

$$f_0 k^4 \rho + a_1 \frac{k^2}{\rho} + m_0 \left( b_1 - \frac{hf^{\beta}}{m_0} c_1 \right) k + n_0 \left( d_1 + \frac{c_0 f^{\alpha}}{n_0} e_1 \right) = 0; \quad (9)$$

$$a_2 \frac{k^2}{\rho} + m_0 \left( b_2 - \frac{hf^{\beta}}{m_0} c_2 \right) k + n_0 \left( d_2 + \frac{c_0 f^{\alpha}}{n_0} e_2 \right) = 0; \quad (10)$$

$$f = \frac{1}{k^4} \left[ \frac{1}{\rho} a_3 k^2 + m_0 \left( b_3 + \frac{hf^{\beta}}{m_0} c_3 \right) k + n_0 \left( d_3 + \frac{c_0 f^{\alpha}}{n_0} e_3 \right) \right] - J_0 \eta, \quad (11)$$

где  $a_1 = \sin kx_0 - 2kx_0 \cos kx_0$ ;  $a_2 = \cos kx_0 - 2kx_0 \sin kx_0$ ;

$$a_3 = 2kx_0 \sin kx_0 + \cos kx_0 - 1 - 0,5k^2 x_0^2;$$

$$b_1 = \cos kx_0 - 1; \quad b_2 = \sin kx_0; \quad b_3 = kx_0 - \sin kx_0;$$

$$c_1 = I_3 kx_0; \quad c_2 = kx_0 (I_4 - I_6); \quad c_3 = I_4 kx_0;$$

$$d_1 = kx_0 \cos kx_0 - \sin kx_0; \quad d_2 = kx_0 \sin kx_0;$$

$$d_3 = 0,5k^2 x_0^2 - kx_0 \sin kx_0 - \cos kx_0 + 1;$$

$$e_1 = [I_1 - B(1 - \cos kx_0)] kx_0;$$

$$e_2 = B(1 - \cos kx_0 + kx_0 \sin kx_0) + kx_0(I_2 - kx_0 I_5);$$

$$e_3 = B(k^2 x_0^2 - kx_0 \sin kx_0) - kx_0 I_2;$$

$$I_1 = \int_0^1 [1 - \cos kx_0(1-u)] v^{\alpha}(u) du;$$

$$I_2 = \int_0^1 [kx_0(1-u) - \sin kx_0(1-u)] v^{\alpha}(u) du;$$

$$I_3 = \int_0^1 v^{\beta}(u) \sin kx_0(1-u) du;$$

$$I_4 = \int_0^1 v^{\beta}(u) [1 - \cos kx_0(1-u)] du;$$

$$I_5 = \int_0^1 v^{\alpha}(u)(1-u) du; \quad I_6 = \int_0^1 v^{\beta}(u) du;$$

$$\mu = \int_0^{z_0} \omega \cos k(z_0 - z) dz; \quad \eta = \int_0^{z_0} \omega \sin k(z_0 - z) dz.$$

Система уравнений (9), (10) и (11) позволяет вычислить критическую продольную силу и определить соответствующую ей стрелу прогиба изогнутого участка пути как в самом общем, так и во всех частных случаях. Наиболее простое решение — при  $m = 0$ ,  $\rho = \infty$ ,  $q = \text{const}$ . Этим условиям соответствует система

$$f_0 k^4 \mu + n_0 d_1 = 0;$$

$$n_0 d_2 = 0;$$

$$f = \frac{1}{k^4} n_0 d_3 - f_0 \eta,$$

отсюда

$$d_2 = kx_0 \sin kx_0 = 0,$$

то есть

$$kx_0 = \pi.$$

Решая совместно первое и третье уравнения, находим

$$f = 1,024 f_0.$$

Наконец, из первого уравнения получим известную формулу [4]

$$P = \sqrt{\frac{\pi E I q}{\mu f_0}}.$$

В общем случае система уравнений (9), (10) и (11) решается методом итераций. Полагая сначала  $f = f_0$ , из уравнений (9) и (10) определяют удовлетворяющее им значение  $kx_0$ . За первое приближение можно принять  $kx_0 = \pi$ . По уравнению (11) находят затем соответствующую величину  $f$ . Она, естественно, отличается от  $f_0$ , поэтому вычисления производят вновь, используя найденное значение  $f$ . Процесс повторяют до тех пор, пока не будет достигнута необходимая точность. На практике для этого достаточно два цикла вычислений.

Как показывают расчеты, значение стрелы прогиба изогнутого участка координируется со стрелой прогиба начальной неровности, а величина произведения  $kx_0$  составляет  $1,03 \div 1,05 \pi$ . Например, при  $q = 39 + 114 y^{0,36}$ ,  $m = 0$ ,  $\rho = \infty$  для Р24 имеем (табл. 1):

Таблица 1

$f_0$ , см	0,2	0,5	1,0	2,0
$f$ , см	0,2042	0,5010	1,0202	2,0421
$kx_0$	3,224	3,239	3,242	3,248

Таким образом, для первичных прикидочных расчетов можно получить сравнительно простые расчетные зависимости, принимая  $f = f_0$  и  $kx_0 = \pi$ .

## ЛИТЕРАТУРА

[1]. С. И. Морозов. О критерии устойчивости железнодорожного пути. Труды АЛТИ, вып. 27, 1971. [2]. С. И. Морозов. Влияние начальной неровности на устойчивость пути. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1971. [3]. С. И. Морозов. К вопросу устойчивости пути на закруглении. Труды АЛТИ, вып. 24, 1971. [4]. С. П. Першин. Методы расчета устойчивости бесстыкового пути. Труды МИИТ, вып. 147, 1962.

Поступила 21 сентября 1973 г.

УДК 634.0.361.7

## К ВОПРОСУ РАСЧЕТА СИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ПРОДОЛЬНОЙ ОКОРКЕ БРЕВЕН ТУПЫМИ КОРОСНИМАТЕЛЯМИ

В. А. МЕХРЕНЦЕВ

Уральский лесотехнический институт

Приведены некоторые материалы исследования прочности древесины при продольной окорке бревен. В основе методики определения силовых параметров использовано условие сохранения наружных слоев заболонной части древесины от разрушения. Выведены формулы, позволяющие установить допустимое усилие прижима короснимателя и максимальное усилие сдвига коры в зависимости от механической прочности древесины.

Короотделяющие инструменты с затупленной рабочей кромкой нашли применение в роторных станках типа ОК-35 и ОК-66М. Однако переход на круглогодичное использование этих станков при окорке бревен без предварительной гидротепловой обработки показал непригодность серийно выпускаемых короснимателей.

Сложность копирования поперечного сечения бревна, отсутствие постоянного давления в зоне обработки, переменное физическое состояние и строение коры и древесины вынуждают искать новые конструкции рабочих органов и схемы их применения.

На кафедре механизации лесоразработок Уральского лесотехнического института проведены исследования по использованию тупых короснимателей при продольной окорке бревен. Обработка и анализ полученных материалов дают основание предположить, что предложенный способ применения тупых короснимателей целесообразен. Распо-

ложение рабочей кромки инструмента поперек волокон древесины дает возможность увеличить контактное давление в зоне обработки, что, в свою очередь, позволяет расширить диапазон применения тупых короснимателей.

Разрушение и отделение коры от древесины зависит от многих факторов, оказывающих влияние на качество обработки и производительность станков. Определяющее влияние на стабильность технологического процесса оказывают порода дерева, влажность и температура лубяного слоя, геометрические формы бревна, а также масса короотделяющего инструмента, радиус закругления рабочей кромки и скорость окаривания.

В леспромхозах окаривают главным образом свежесрубленные сортаменты как в летний, так и в зимний периоды. Очевидно, в этих условиях у сортаментов, подлежащих обработке, достаточно высока влажность луба и внешних слоев древесины.

Практика эксплуатации роторных окорочных станков показала, что в летний период процесс отделения коры достаточно стабилен, потери древесины минимальны. При зимней обработке стабильность процесса нарушается, что вынуждает менять тупую заточку рабочих органов на острую. Переход к острой заточке короснимателей резко увеличивает отходы древесины (до 6—8%), снижает качество продукции и производительность окорочного оборудования.

Многочисленные исследования механической характеристики коры, а также условий связи ее с древесиной разных физических состояний показали, что у сортаментов свежей заготовки прочность коры значительно ниже прочности древесины. Критерием оценки указанного признака в летних условиях является влажность луба, в зимних — температура.

Равнопрочность лубяного слоя коры и наружных волокон древесины в летних условиях для хвойных пород наступает при влажности луба  $W_{\text{лбс}} = 40\%$ , в зимних условиях при температуре луба ниже  $25 \div 28^\circ\text{C}$ . Следовательно, применение тупых короснимателей при окорке бревен свежей заготовки возможно в ряде климатических зон нашей страны в летнее и зимнее время.

При определении исходных параметров конструкции окорочного устройства, на наш взгляд, следует воспользоваться наличием разницы в механической прочности коры и древесины, задавая внешнее силовое воздействие на кору таким, чтобы предохранить от разрушения наружные слои заболонной части древесины. Таким образом, прочность древесины следует считать фактором, ограничивающим область применения тупых короснимателей.

Отличительной особенностью работы тупых короснимателей является то, что в зоне контакта рабочей кромки с окариваемой поверхностью используется силовое замыкание кинематической пары резец—бревно, обеспечивающее копирование геометрических форм предмета обработки. Давление в зоне соприкосновения короснимателя с древесиной, осуществляемое прижимным устройством, и очертание рабочей кромки инструмента, в сущности, определяют возможность и характер отделения коры от древесины. Критерием возможности применения тупых короснимателей следует считать сопротивляемость древесины разрушению. В тех случаях, когда механическая прочность коры ниже, чем у древесины, потери древесины не будет.

Допустимое усилие прижима короснимателя к поверхности древесины нужно определять исходя из условия сохранения ее от разрушения. По допустимой величине прижимного усилия может быть определено предельное допустимое значение усилия окаривания.

В предлагаемой методике расчета максимального усилия окаривания принята пропорциональность распределения нагрузки по контактирующей поверхности рабочей кромки реза с древесиной величине поперечной деформации ее наружных волокон под действием усилия прижима.

При силовом замыкании кинематической пары резец — бревно чаще всего применяется шарнирная подвеска короснимателя в раме станка. Внешний момент, создаваемый силой прижима реза, воспринимается силами сопротивления, возникающими в процессе окорки,

$$P_{ок} h \leq [P_{пр}] l, \quad (1)$$

где  $P_{ок}$  — усилие на резе, представляющее собой сумму сопротивлений от разрушения коры, деформирования древесины и трения рабочей кромки о древесину;

$[P_{пр}]$  — усилие прижима короснимателя к древесине, ограниченное ее прочностью;

$h$  и  $l$  — геометрические размеры короснимателя, определяющие место расположения зоны контакта рабочей кромки с древесиной относительно оси шарнирной подвески.

Значение силы  $P_{ок}$  может быть представлено в виде уравнения

$$P_{ок} = P_k + P_{деф} + P_{тр}. \quad (2)$$

Решая совместно уравнения (1) и (2), найдем сопротивление окариванию при разрушении коры

$$P_k = [P_{пр}] \frac{l}{h} - (P_{деф} + P_{тр}). \quad (3)$$

Одновременно величину  $P_k$  можно выразить как сумму сопротивлений от сдвига коры по древесине и составляющих сил, учитывающих наличие переднего угла у короснимателя,

$$P_k = P' [1 + (\mu + \mu_1) \operatorname{tg} \gamma], \quad (4)$$

где  $P'$  — усилие, необходимое для разрыва связей коры с древесиной;

$\gamma$  — передний угол;

$\mu$  — коэффициент трения коры о переднюю грань короснимателя;

$\mu_1$  — коэффициент трения коры о древесину.

Совместное решение уравнений (3) и (4) дает возможность определить усилие  $P'$ , величина которого ограничивает область применения тупых короснимателей по условию сохранения древесины от разрушения.

$$P' = \frac{[P_{пр}] \frac{l}{h} - (P_{деф} + P_{тр})}{1 + (\mu + \mu_1) \operatorname{tg} \gamma}. \quad (5)$$

Сопротивление движению короснимателя от деформирования древесины в зоне ее контакта с рабочей кромкой  $P_{деф}$  представляет собой площадь эпюры единичных сил  $p''$ , показанных на рис. 1.

$$P_{деф} = \int_0^a p'' d\alpha', \quad (6)$$

где

$$p'' = \frac{[P_{пр}] [\rho \cos \alpha' - (\rho - \delta)] \operatorname{tg} \alpha'}{2\pi \delta \sqrt{\delta (2\rho - \delta)}}.$$

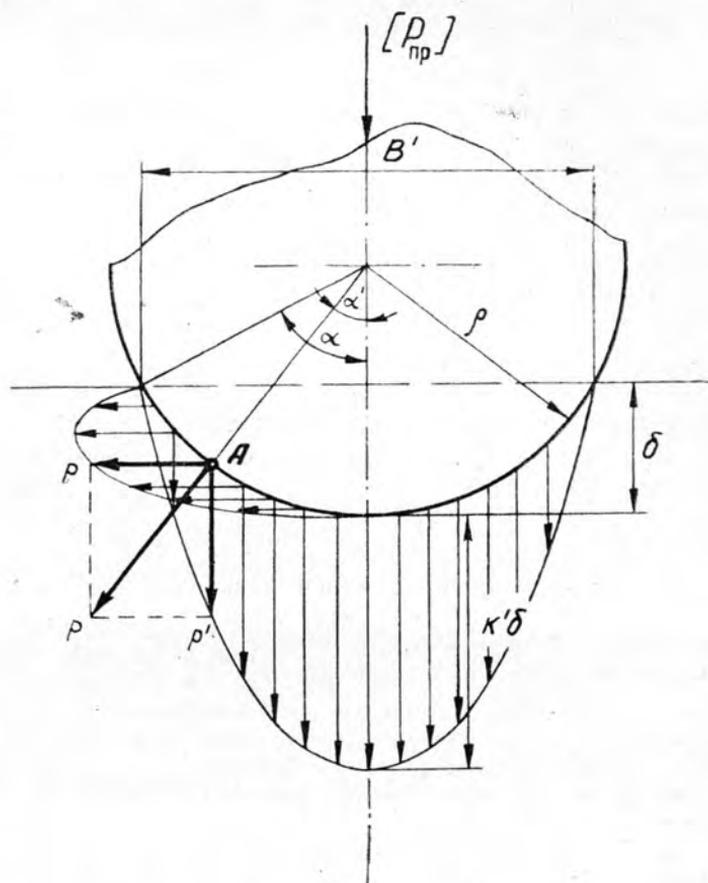


Рис. 1.

После подстановки, интегрирования и замены угловых параметров линейными в окончательном виде получим

$$P_{\text{деф}} = \frac{[P_{\text{пр}}] \left[ (\delta - \rho) \ln \frac{\rho - \delta}{\rho} - \delta \right]}{2\pi\delta \sqrt{\delta(2\rho - \delta)}}. \quad (7)$$

Сопротивление движению короснимателя от трения рабочей кромки о древесину представляет собой сумму проекций единичных сил трения в зоне контакта на направление движения окоривания и может быть выражено в виде уравнения

$$P_{\text{тр}} = \int_0^{\alpha} f'' dx', \quad (8)$$

где

$$f'' = \frac{[P_{\text{пр}}] \mu [\rho \cos \alpha' - (\rho - \delta)]}{\pi\delta \sqrt{\delta(2\rho - \delta)} \cos^2 \alpha'}.$$

После интегрирования и преобразования найдем

$$P_{\text{тр}} = [P_{\text{пр}}] \left\{ \mu \frac{\rho \ln \left[ \operatorname{tg} \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\alpha}{2} \right) \right] - (\rho - \delta) \operatorname{tg} \alpha}{\pi\delta \sqrt{\delta(2\rho - \delta)}} \right\}. \quad (9)$$

В полученном уравнении выражение в фигурных скобках обозначим  $\mu''$  и назовем «приведенным коэффициентом трения»

$$P_{\text{тр}} = [P_{\text{пр}}] \mu'. \quad (10)$$

Значения  $P_{\text{деф}}$  и  $P_{\text{тр}}$ , описанные уравнениями (7) и (10), подставим в выражение (5). В результате можно вывести формулу для определения максимальной нагрузки, необходимой для сдвига и разрушения коры по условию прочности наружных слоев древесины

$$P'_{\text{max}} = \frac{[P_{\text{пр}}]}{[1 + (\mu + \mu_1) \text{tg } \gamma]} \left\{ \frac{l}{h} - \frac{[(\delta - \rho) \ln \frac{\rho - \delta}{\rho} - \delta]}{2\pi\delta \sqrt{\delta} (2\rho - \delta)} - \mu' \right\},$$

где  $\delta$  — допустимая в радиальном направлении деформация древесины;

$\rho$  — радиус закругления рабочей кромки короснимателя.

Допустимое усилие прижима короснимателя к древесине определяется из условия

$$[P_{\text{пр}}] = pB,$$

где  $p$  — допустимое по прочности древесины удельное давление, отнесенное к 1 см ширины инструмента;

$B$  — ширина короснимателя.

В лабораторных условиях исследованы зависимости  $p$  и  $\delta$  от  $\rho$  для свежесрубленных бревен при продольном движении окаривания в летних и зимних условиях. Результаты опытов обработаны методом вариационной статистики и сведены в таблицы.

Уравнения связи, раскрывающие зависимость удельного давления  $p$  и поперечной деформации  $\delta$  от радиуса закругления рабочей кромки реза  $\rho$  в летний период, приведены в табл. 1.

Показатель точности не превышает 5%, ошибка уравнений не более 4,7%.

Таблица 1

Порода	Влажность $W_{\text{абс.}} \%$	Уравнения связи	
		$p = f(\rho)$	$\delta = f(\rho)$
Сосна	20	$p = 21,5\rho + 4,6$	$\delta = 0,26\rho + 0,15$
	100	$p = 19,0\rho + 9,8$	$\delta = 0,46\rho + 0,13$
Ель	20	$p = 19,3\rho + 2,3$	$\delta = 0,30\rho - 0,003$
	100	$p = 20,2\rho + 3,4$	$\delta = 0,44\rho + 0,004$
Береза	20	$p = 27,3\rho + 14,2$	$\delta = 0,314\rho + 0,09$
	100	$p = 28,5\rho + 14,4$	$\delta = 0,304\rho + 0,24$

Уравнения связи, раскрывающие зависимости  $p = f(\rho)$  и  $\delta = f(\rho)$  для древесины зимней заготовки, приведены в табл. 2. Показатель точности и ошибка уравнений не превышают соответственно 5 и 4,46%. В опытах были использованы коросниматели с радиусом закругления рабочей кромки от 0,5 до 1,75 мм.

Т а б л и ц а 2

Порода	Температура, °С	Уравнения связи	
		$p = f(\rho)$	$\delta = f(\rho)$
Сосна	-10	$p = 30,8\rho + 9,35$	$\delta = 0,125\rho + 0,12$
	-15	$p = 30\rho + 15,3$	$\delta = 0,122\rho + 0,108$
	-20	$p = 28,3\rho + 22,2$	$\delta = 0,104\rho + 0,098$
Ель	-10	$p = 13,3\rho + 10,6$	$\delta = 0,22\rho + 0,129$
	-15	$p = 16,1\rho + 12$	$\delta = 0,18\rho + 0,124$
	-20	$p = 17,6\rho + 15,4$	$\delta = 0,17\rho + 0,116$
Береза	-10	$p = 28 \rho + 22,5$	$\delta = 0,15\rho + 0,202$
	-15	$p = 28,6\rho + 27,3$	$\delta = 0,15\rho + 0,16$
	-20	$p = 29 \rho + 32$	$\delta = 0,14\rho + 0,127$

Пример. Для свежесрубленной сосны в зимних условиях при температуре окружающего воздуха  $-15^{\circ}\text{C}$  коросниматель для продольной окорки имеет радиус закругления рабочей кромки  $\rho = 0,75 \text{ мм}$ . Допустимая величина поперечной деформации  $\delta = 0,2 \text{ мм}$ , удельное допустимое давление  $p = 37,8 \text{ кгс/см}$ .

Следовательно, при продольной окорке бревен тупыми короснимателями по условию прочности древесины величина допустимого усилия прижима (при ширине  $B = 3 \text{ см}$ )  $[P_{\text{пр}}] = 113 \text{ кгс}$ . Пользуясь ранее указанными формулами, можно определить предельное допустимое усилие сдвига коры и общее усилие на короснимателе, превышение которого приведет к разрушению древесины и ее потере.

Поступила 16 июля 1973 г.

УДК 634.0.361.7

## ДИНАМИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ НА КОРОСНИМАТЕЛЬ РОТОРНОГО СТАНКА

Г. И. ТОРГОВНИКОВ, Н. Ф. ПИГИЛЬДИН

ЦНИИМЭ

Определены максимальные нагрузки, действующие на коросниматель, и коэффициенты динамичности, которые рекомендуется использовать при проектировании и совершенствовании роторных окорочных станков.

При окорке древесины на роторном станке возникают большие динамические нагрузки, вызывающие частые поломки основных деталей, особенно короснимателей, что ведет к длительным простоям оборудования.

Теоретически рассчитать с достаточной определенностью значения нормальной, касательной и осевой сил, действующих на коросниматель в критические моменты (выход рабочей кромки на поверхность бревна и взаимодействие с остатком сучка) не представляется возможным. Поэтому величины максимальных мгновенных нагрузок короснимателя,

коэффициентов динамичности и влияние на них основных факторов (диаметра бревна, скорости подачи, скорости и удельного усилия прижима рабочей кромки, высоты остатков сучьев) определяли экспериментально.

Опыты проводили в зимнее время на окорочной головке ЛО-40 с пружинным механизмом прижима короснимателей, момент инерции которого составлял  $0,05 \text{ кгс} \cdot \text{м/сек}^2$ . Измеряли силы, действующие на коросниматель в осевом направлении, и моменты, возникающие при суммарном действии касательной и нормальной сил. Осевую силу, независимо от точки приложения на заходной кромке короснимателя, рассматривали как эквивалентную ей силу  $P_o$ , приложенную к рабочей кромке. В процессе работы коросниматель нагружен моментом от нормальной и касательной сил, соотношение которых постоянно меняется.

Экспериментально было найдено то направление действия радиальной силы  $P_o$ , при котором на короснимателе возникал наибольший момент. Совместное действие нормальной и касательной сил заменялось действием радиальной силы  $P_p$ , дающей эквивалентный момент. Практически направление действия  $P_p$  отличалось от радиального не более чем на  $4^\circ$ . В опытах использовали еловые свежесрубленные бревна диаметром 12—28 см при скорости подачи 0,17—0,34 м/сек, окружной скорости рабочей кромки 2,0—4,4 м/сек и удельном давлении 22,8—38,4 кгс/см. Высота остатков сучьев была от 2 до 8 см при диаметрах их 2,5—8,0 см. Коросниматель с шириной рабочей кромки 25 мм имел следующие параметры: угол заточки —  $55^\circ$ , радиус рабочей кромки — 1,25 мм, передний угол — до  $15^\circ$ , угол наклона заходной кромки к плоскости торца бревна —  $2^\circ$ .

На короснимателе был сделан прямоугольный измерительный элемент для определения осевой  $P_o$  и радиальной  $P_p$  сил. Связь датчиков с усилителем и осциллографом во время вращения ротора осуществлялась через ртутный токосъемник. Нагрузки, возникающие в момент выхода рабочей кромки короснимателя на поверхность и ее взаимодействия с остатками сучьев, регистрировали на осциллографе Н-700.

Для обеспечения требуемой прочности узлов окорочного станка необходимо знать максимальные мгновенные нагрузки короснимателя с довольно высокой вероятностью их появления (0,9999), что обусловлено характером работы станка и обрабатываемым сырьем. Средние же значения максимальных нагрузок необходимы для расчета долговечности узлов и деталей. В соответствии с этим и был проведен анализ опытных данных. Коэффициенты динамичности определяли из отношения радиальной  $P_p$ , осевой  $P_o$  и равнодействующей  $P$  сил к установившимся силам окорки  $P^{ок}$  (то есть соответствующим усилиям, действующим на рабочую кромку короснимателя при окорке ровного участка бревна) по формулам

$$K_d = \frac{P}{P^{ок}}; \quad K_{д,р} = \frac{P_p}{P^{ок}}; \quad K_{д,о} = \frac{P_o}{P^{ок}}, \quad (1)$$

где  $K_d$  — коэффициент динамичности равнодействующей силы;  
 $K_{д,р}$  — коэффициент динамичности радиальной силы;  
 $K_{д,о}$  — коэффициент динамичности осевой силы.

С момента встречи торца бревна с короснимателем до его выхода на поверхность за время 0,043—0,144 сек, силы  $P_p$  и  $P_o$  увеличиваются до максимума, а затем снижаются до величин установившихся уси-

лий окорки. Средние значения мгновенных нагрузок с увеличением удельного давления  $\rho_p^{ок}$  с 22,8 до 38,4 кгс/см при скоростях подачи 0,17—0,34 м/сек были в пределах:  $P = 170 \div 260$ ;  $P_p = 120 \div 160$ ;  $P_o = 190 \div 220$  кгс. Величина установившейся силы окорки в осевом направлении  $P_o^{ок}$  составляла 11—24 кгс. С изменением скорости подачи от 0,17 до 0,34 м/сек сила  $P$  возрастала на 10—25,  $P_o$  — на 10—40%,  $P_p$  менялась незначительно. Максимальные значения этих сил достигали:  $P_{max} = 350$ ;  $P_{p,max} = 180$ ;  $P_{o,max} = 310$  кгс.

Наиболее важны относительные показатели — коэффициенты динамичности, которые меняются в зависимости от удельной силы. На рис. 1 приведены графики зависимости коэффициентов  $K_d$ ,  $K_{д,р}$ ,  $K_{д,о}$  от удельного давления на рабочей кромке короснимателя в момент развода. С увеличением  $\rho_p^{ок}$  в пределах 22,8—38,4 кгс/см значения коэффициентов уменьшаются:  $K_d$  — с 3,4 до 2,40;  $K_{д,р}$  — с 2,1 до 1,6;  $K_{д,о}$  — с 16 до 8,5. Изменение скорости подачи в диапазоне 0,17—0,34 м/сек существенного влияния на них не оказывает.

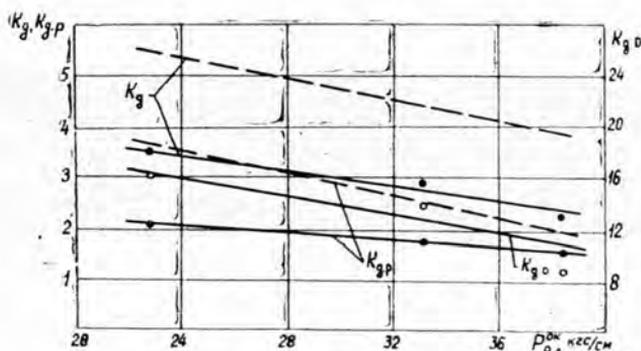


Рис. 1.

Пунктирными линиями на рис. 1 показаны значения  $K_d$  и  $K_{д,р}$  с вероятностью 0,9999, полученные на основании статистического анализа опытных данных. При максимальном применяемом на практике удельном усилии окорки, равном 30—35 кгс/см, коэффициенты динамичности не будут превышать значений в 9999 случаях из 10000: для  $P_p = 2,5$ ;  $P_o = 25$ ;  $P = 4,5$ .

Радиальная динамическая нагрузка в момент развода короснимателя при ширине рабочей кромки  $b$ , согласно формуле (1), может быть найдена по выражению

$$P_p = K_{д,р} P_p^{ок} = K_{д,р} P_p^{ок} b \text{ кгс}, \quad (2)$$

где  $K_{д,р}$  — берется из рис. 1 по значению принятой  $\rho_p^{ок}$  при определении средних значений по сплошным линиям, максимальных — по пунктирным. Силы  $P_o$  и  $P$  определяются из соотношений

$$\frac{P_o}{P_p} = 1,3 \div 1,6; \quad \frac{P}{P_p} = 1,6 \div 1,9.$$

Значения максимальных динамических нагрузок в момент встречи короснимателя с остатками сучьев позволяют сделать определенные выводы с достаточной для практики надежностью.

Средние значения пиковых величин  $P_p$  и  $P$  с изменением высоты сучка от 2 до 5 см при диаметре бревна 28 см менялись в пределах ( $P_p = 150 \div 240$ ;  $P = 170 \div 275$  кгс, возрастая в 1,1—1,35 раза. Максимальные их значения достигали:  $P_{p\max} = 320$  кгс,  $P_{\max} = 330$  кгс. При диаметре бревна 20 см с ростом высоты остатка сучка от 2 до 8 см  $P_p$  и  $P$  увеличивались в 1,35 раза, достигая максимума  $P_{p\max} = 330$  и  $P_{\max} = 360$  кгс. Время возрастания нагрузки до максимума при встрече с сучком колебалось в пределах  $0,0018 \div 0,014$  сек.

Значения силы  $P_0$  менялись в широких пределах: в среднем от 22 до 103 кгс и достигали в исключительных случаях 250 кгс. Действие силы  $P_0$  было направлено как в сторону подачи, так и в противоположную, что объясняется положением короснимателя по отношению к остатку сучка в момент их встречи. Отношение равнодействующей силы  $P$  к радиальной в условиях опыта составило

$$\frac{P}{P_p} = 1,02 \div 1,18. \quad (3)$$

Абсолютные значения динамических нагрузок растут пропорционально увеличению скорости  $v$  рабочей кромки короснимателя и повышению удельного давления  $p_p^{ок}$ . Для учета совместного действия этих факторов используем комплексный показатель

$$N = p_p^{ок} v \text{ кгс} \cdot \text{м/сек} \cdot \text{см}. \quad (4)$$

Физический смысл показателя  $N$  — удельная мощность, отнесенная к 1 см рабочей кромки короснимателя.

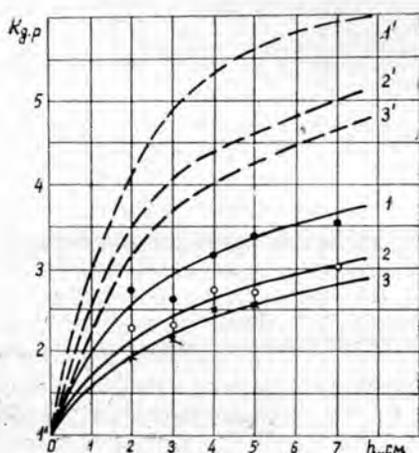


Рис. 2.  
1 и 1' —  $N = 50$ ; 2 и 2' —  $N = 100$ ;  
3 и 3' —  $N = 160$  кгс·м/сек·см.

В пределах значений показателя  $N = 50 \div 160$  кгс·м/сек·см ( $p_p^{ок} = 22,8 \div 38,4$  кгс/см;  $v = 2,0 \div 4,2$  м/сек) коэффициенты динамичности средних ударных нагрузок  $K_d$  и  $K_{д,р}$  с ростом высоты остатков сучьев от 2 до 7 см меняются в пределах от 2 до 3,5 (рис. 2). С увеличением  $N$  коэффициент динамичности снижается. В связи с относительно небольшими средними значениями осевой силы  $P_0$  в момент встречи короснимателя с сучком коэффициенты  $K_d$  и  $K_{д,р}$  разнятся несущест-

венно и можно принять  $K_d \approx K_{d.p}$ . Пунктирными линиями изображены зависимости  $K_d$  и  $K_{d.p}$  от высоты остатка сучка при вероятности появления максимальных нагрузок 0,9999. Из найденных соотношений можно определять нагрузки, возникающие в момент встречи короснимателя с остатком сучка. Средние и максимальные значения радиальной силы определяются по формуле (2). Коэффициент  $K_{d.p}$  находится в зависимости от высоты остатка сучка и величины фактора  $N$  для определения средних значений ударных нагрузок по сплошным линиям, максимальных — по пунктирным (рис. 2). Величину равнодействующей силы находят из соотношения (3).

В момент встречи с сучком радиальная сила  $P_p$  больше, чем при входе бревна в коросниматели даже при встрече с сучком высотой 2 см. Это объясняется тем, что время приложения нагрузки в момент преодоления сучка в 10—24 раза меньше времени выхода короснимателя на поверхность. При расчетах короснимателей и других деталей станка следует принимать максимальной величину силы  $P_p$  именно в этот момент. Осевая же сила  $P_o$  имеет максимальные значения в момент выхода рабочей кромки на поверхность бревна. Равнодействующая сила  $P$  может достигать примерно одинаковых максимальных значений в обоих случаях, однако частота появления максимума на поверхности значительно больше.

Значения исследованных параметров варьировали в пределах, имеющих место в практике окорки древесины. При этом максимальные динамические нагрузки короснимателя в 4,5—5,5 раза превышают необходимые для нормального процесса окорки в зимних условиях. Полученные данные и эмпирические зависимости могут быть использованы при конструировании и расчете основных узлов окорочных станков с тупыми короснимателями.

Поступила 18 октября 1973 г.

УДК 658.382.3.004.15

## МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА

Д. Д. РЕПРИНЦЕВ, Ю. И. МЕРЕМЬЯНИН

Воронежский лесотехнический институт

Рассматривается вопрос о необходимости количественной оценки выигрыша в повышении уровня безопасности работ от внедрения мероприятий, направленных на создание безопасных условий труда. Предлагается методика оценки эффективности этих мероприятий.

На мероприятия по предупреждению производственного травматизма в лесной промышленности ежегодно расходуются значительные средства. Поскольку эти затраты производятся с целью профилактики несчастных случаев, очень важно определить эффективность мероприятий по технике безопасности.

Применяемая методика анализа производственного травматизма предусматривает лишь количественный учет несчастных случаев. Мероприятия же по технике безопасности не увязываются с изменением уровня безопасности труда, что не позволяет достаточно полно и объективно оценивать уровень профилактической работы и анализировать целенаправленность затрат.

В связи с тем, что случаи производственного травматизма имеют вероятностную природу, количественную оценку выигрыша в повышении уровня безопасности можно получить с помощью теории вероятностей.

Критерием уровня безопасности может быть величина  $P$ , представляющая собой вероятность того, что несчастный случай не произойдет в данной опасной ситуации. Изменение численного значения этой величины вследствие внедрения тех или иных мероприятий будет характеризовать степень повышения безопасности.

Однако степень повышения безопасности удобнее оценивать по изменению вероятности противоположного события, то есть опасного события, заключающегося в возникновении несчастного случая. При этом численное значение степени повышения безопасности труда  $k$  подсчитывается путем составления отношения, числитель которого характеризует вероятность появления опасного события в старых условиях  $P_{н.с.}$ , а знаменатель — в новых условиях  $P'_{н.с.}$ .

$$k = \frac{P_{н.с.}}{P'_{н.с.}} \quad (1)$$

Поскольку целесообразным будет мероприятие, при котором  $P'_{н.с.} < P_{н.с.}$ , то в выражении (1)  $k > 1$ .

Для примера оценим эффективность внедрения разрабатываемого нами прибора автоматического контроля за состоянием стальных канатов грузоподъемных машин с целью повышения уровня безопасности нижнескладских работ. Формула для количественной оценки выигрыша от внедрения этого прибора имеет вид

$$k = \frac{1}{P_2 P_3 + q_2} \quad (2)$$

где  $P_2$  — вероятность того, что прибор правильно подсчитает количество обрывов проволок на шаге свивки;

$P_3$  — вероятность того, что среди канатов, количество оборванных проволок которых не превышает опасного порогового значения, возникнет обрыв;

$q_2$  — вероятность того, что прибор сделает ошибку, то есть неправильно подсчитает количество оборванных проволок на шаге свивки.

Учитывая, что  $q_2 = 1 - P_2$ , формулу (2) перепишем как

$$k = \frac{1}{P_2 P_3 + (1 - P_2)} = \frac{1}{1 + P_2(P_3 - 1)} \quad (3)$$

Пусть, например,  $P_2 = 0,99$  (то есть в 99 случаях из 100 прибор не сделает ошибки), тогда, согласно формуле (3),

$$k = \frac{1}{1 + 0,99(P_3 - 1)}$$

Если при этом пороговое значение числа оборванных проволок на шаге свивки выбрано абсолютно верно, то  $P_3 = 0$  и выигрыш в повышении безопасности работ составит

$$k = \frac{1}{1 - 0,99} = 100,$$

то есть уровень безопасности при эксплуатации стального каната после внедрения автоматического способа контроля за его состоянием в нашем примере повысится в 100 раз.

Рассмотрим другой пример. Как известно, внедрение высокопроизводительной техники и передовой технологии на погрузочно-разгрузочных работах высвобождает большое количество рабочих, что существенно влияет на повышение безопасности. Так, при замене строповой погрузки краном КБ-572 грейферной из трех грузчиков высвобождаются двое.

Оценим выигрыш в повышении уровня безопасности.

Вероятность несчастного случая  $P_{н.с.}$ , когда в зоне действия опасности находится  $m$  работающих, можно найти по формуле

$$P_{н.с.} = P_1 P_2 P_3, \quad (4)$$

где  $P_1$  — вероятность появления опасности;

$P_2$  — вероятность перехода опасности в событие, которое может вызвать несчастный случай;

$P_3$  — вероятность того, что в зоне действия опасности окажется хотя бы один из  $m$  работающих. Она определяется по формуле

$$P_3 = 1 - \prod_{i=1}^m (1 - P_{3i}), \quad (5)$$

где  $P_{3i}$  — вероятность того, что в зону действия опасности попадет  $i$ -тый человек из  $m$  работающих.

Если из зоны действия опасности из  $m$  работающих выведено  $n$  человек, то вероятность несчастного случая

$$P'_{н.с.} = P_1 P_2 P'_3, \quad (6)$$

где

$$P'_3 = 1 - \prod_{i=1}^{m-n} (1 - P_{3i}). \quad (7)$$

Тогда выигрыш в повышении безопасности работ в соответствии с формулой (1)

$$k = \frac{P_{н.с.}}{P'_{н.с.}} = \frac{P_1 P_2 P_3}{P_1 P_2 P'_3} = \frac{P_3}{P'_3} \quad (8)$$

или

$$k = \frac{1 - \prod_{i=1}^m (1 - P_{3i})}{1 - \prod_{i=1}^{m-n} (1 - P_{3i})}, \quad (9)$$

Пусть вероятность того, что при строповой погрузке 1, 2, 3-й грузчики попадают в зону действия опасности, для каждого из трех рабочих одинакова и равна 0,1. В соответствии с выражением (9) эффективность применения грейферной погрузки в повышении уровня безопасности

$$k = \frac{1 - \prod_{i=1}^3 (1 - 0,1)}{1 - \prod_{i=1}^{3-2} (1 - 0,1)} = \frac{1 - 0,9^3}{1 - 0,9} = \frac{1 - 0,73}{0,1} = \frac{0,27}{0,1} = 2,7.$$

Следовательно, уровень безопасности для приведенных условий повысится в 2,7 раза.

Используя выражение (9), можно подтвердить целесообразность перевода крана на дистанционное управление. Приняв допущение, что значение  $P_{3i}$  для крановщика и грузчиков одинаково,

$$k = \frac{1 - \prod_{i=1}^4 (1 - 0,1)}{1 - \prod_{i=1}^{4-3} (1 - 0,1)} = \frac{1 - 0,66}{1 - 0,9} = \frac{0,34}{0,1} = 3,4.$$

Таким образом, уровень безопасности на погрузочных работах при дистанционном управлении краном с учетом допущений повышается в 3,4 раза.

Предлагаемая методика позволяет оценить эффективность того или иного мероприятия по созданию безопасных условий труда, учесть, наряду с общепринятыми параметрами, и такой, как безопасность новой техники или новой технологии.

---

Поступила 17 апреля 1973 г.

## МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 674.053 : 621.933.6

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ СИЛ,  
ДЕЙСТВУЮЩИХ НА РАЗВЕДЕННЫЕ ЗУБЬЯ РАМНЫХ ПИЛ

В. И. САНЕВ

Ленинградская лесотехническая академия

На зубья рамных пил действуют силы, которые приведены к трем составляющим: касательной, нормальной и боковым силам. До сих пор эти силы комплексно не изучены. В данной статье изложены основные результаты экспериментальных исследований по данному вопросу на специально созданной динамометрической установке. Результаты можно использовать при проектировании режущего инструмента и технологического процесса.

Теоретические и экспериментальные работы по изучению количественных и качественных закономерностей изменения сил, действующих на зубья пил, имеют большое значение. С силами тесно связаны геометрические параметры режущего инструмента, износ рабочих элементов и качество распиловочного процесса, то есть чистота поверхности стенок пропила и точность размеров и формы заготовок. В данной статье представлены некоторые результаты исследования, проведенного с целью установления общих закономерностей изменения составляющих силы пиления при распиловке древесины рамными пилами с разведенными зубьями.

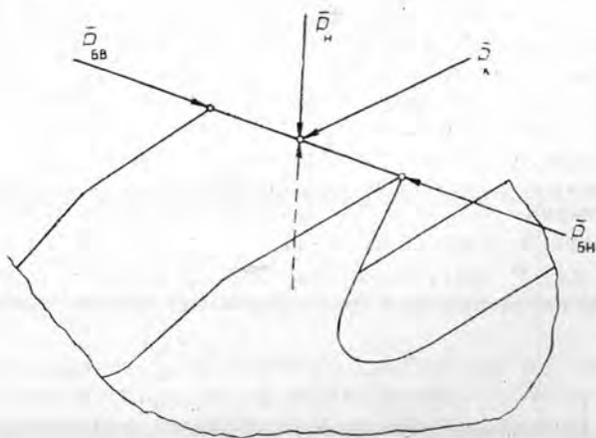


Рис. 1.

Схема сил, действующих на разведенный зуб рамной пилы, приведена на рис. 1, где введены следующие обозначения:  $\overline{P}_k$  — касательная сила (сила резания);  $\overline{P}_n$  — нормальная сила;  $\overline{P}_{б.в}$  — боковая сила, действующая на внутреннюю боковую грань зуба;  $\overline{P}_{б.н}$  — боковая сила,

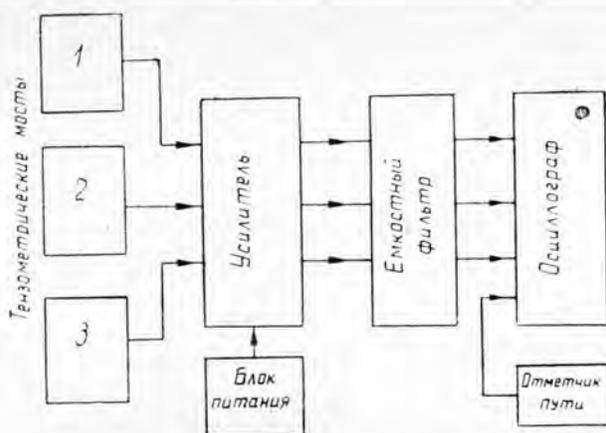


Рис. 2.

действующая на наружную боковую грань зуба. Исследования проводили на специально созданной копровой динамометрической установке, принципиальная блок-схема которой показана на рис. 2. В качестве датчика использован тонкостенный стакан с наклеенными на него тензодатчиками. Частота собственных колебаний системы 335 *гц*. Действия сил записывались на пленку осциллографа Н-102. Использовали усилитель на полумостах с несущей частотой 30 *кц* со стабилизатором напряжения и емкостным фильтром.

Для опытов брали сосновые образцы (влажностью 12 и 80%), которые выкраивали из бревна диаметром 600 *мм*. Плотность древесины 0,50 *г/см<sup>3</sup>*. Толщина зуба в опытах  $s = 1,6 \div 2,0$  *мм*. Подача на зуб 0,2; 1,0; 1,8 *мм*. Передний угол зуба изменялся от 10 до 30°. Задний угол был принят равным 25°. Развод зубьев на сторону  $\Delta S$  составлял 0,3—0,7 *мм*. Угол встречи зуба с годовыми кольцами был принят равным 90° для радиального реза, 45° — для радиально-тангенциального и 20° — для реза, близкого к тангенциальному. Изучали закрытое и полукрытое резание. Остроту зубьев поддерживали постоянной путем периодической правки оселком. Рабочая острота зубьев находилась в пределах 12—15 *мк*. Результаты наблюдений были подвергнуты статистической обработке. Средние значения сил приведены в табл. 1. На основании анализа полученной информации можно сделать следующие общие заключения.

При увеличении подачи на зуб для всех условий проведения опытов касательная сила  $\bar{P}_k$  растет по зависимости, близкой к прямолинейной. Чем больше ширина пропила, тем значительнее рост касательной силы (рис. 3 и 4).

С повышением подачи на зуб нормальная составляющая  $\bar{P}_n$  изменяется по-разному в зависимости от ряда других факторов. В частности, сильное влияние на эту силу оказывают передний угол зуба, его толщина, влажность древесины, угол встречи с годовыми кольцами, угол встречи с волокнами. Так, при толщине зуба 1,6 *мм* с увеличением подачи на зуб от 0,2 до 1,0 *мм* нормальная сила снижается, а с дальнейшим повышением подачи на зуб до 1,8 *мм* эта сила возрастает. При этих же условиях для толщины зуба 2,0 *мм* нормальная сила уменьшается в пределах роста подачи на зуб от 0,2 до 1,8 *мм*. С увеличением влажности древесины при соблюдении тех же условий обнаруживается тенденция к росту нормальной силы на всем рабочем участке измене-

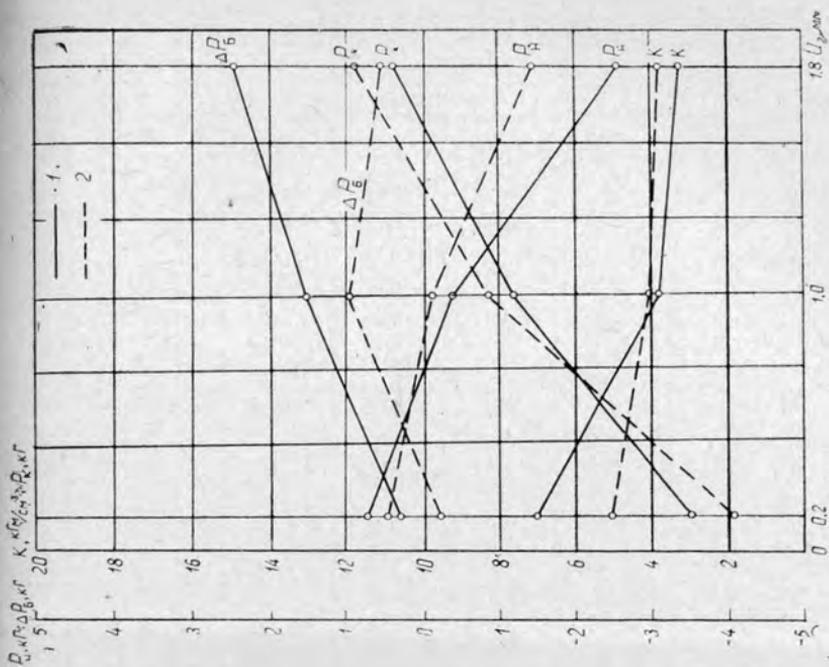


Рис. 4. Зависимость сил  $\overline{P}_k$ ,  $\overline{P}_n$ ,  $\Delta \overline{P}_6$  и удельной работы резания  $\overline{K}$  от подачи на зуб  $U_z$  при влажности древесины  $W = 12\%$ , разводе на сторону  $\Delta S = 0,3$  мм, переднем угле зубьев  $\gamma = 30^\circ$ , угле встречи с годовыми кольцами  $\psi = 45^\circ$ .

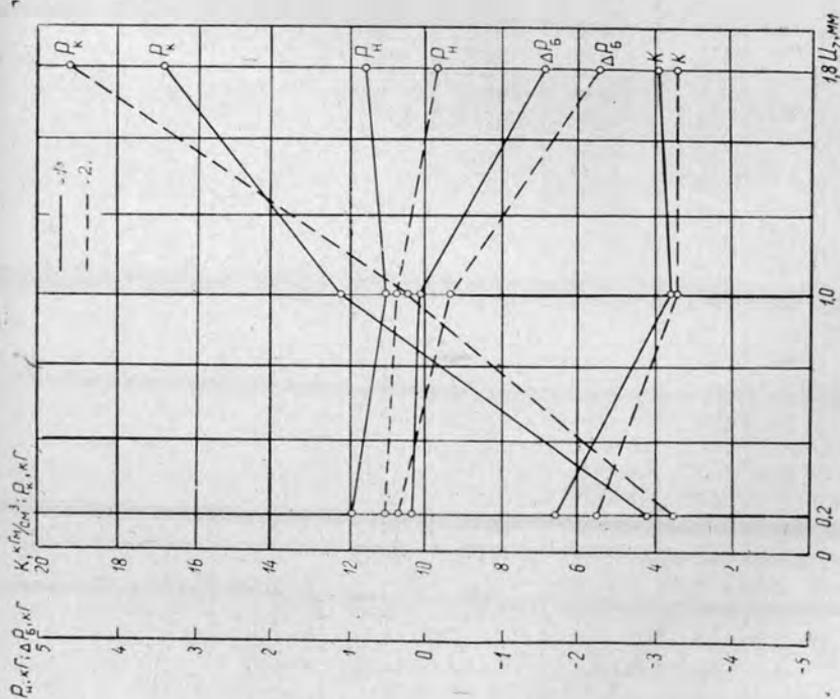


Рис. 3. Зависимость сил  $\overline{P}_k$ ,  $\overline{P}_n$ ,  $\Delta \overline{P}_6$  и удельной работы резания  $\overline{K}$  от подачи на зуб  $U_z$  при влажности древесины  $W = 12\%$ , разводе на сторону  $\Delta S = 0,7$  мм, переднем угле зубьев  $\gamma = 10^\circ$ , угле встречи с годовыми кольцами  $\psi = 45^\circ$ .

Таблица 1

Развод зуба $\Delta S$ , мм	Угол встречи $\psi$ , град	Влаж- ность $W$ , %	Силы	Значения сил, кг, при угловых параметрах зуба, град					
				$\beta = 35; \gamma = 30$			$\beta = 55; \gamma = 10$		
				и подаче на зуб $U_z$ , мм					
				0,2	1,0	1,8	0,2	1,0	1,8
0,3	20	12	$\bar{P}_K$	1,69	8,39	12,85	3,15	10,20	15,03
				2,60	5,31	16,13	3,46	10,8	16,25
		12	$\Delta \bar{P}_G$	-0,15	0,55	-3,10	-0,48	0,12	-2,07
				0,15	1,05	0,66	0,51	1,38	1,58
		12	$\bar{P}_H$	0,48	0,4	-1,0	1,55	1,06	1,09
				1,15	0,30	-1,18	1,36	1,85	1,85
		80	$\bar{P}_K$	2,03	8,56	12,80	2,77	7,62	16,45
				2,65	6,25	5,9	3,57	1,85	16,75
		80	$\Delta \bar{P}_G$	-0,03	0,58	-0,13	0,09	-1,31	-1,15
				0,75	1,5	4,7	0,52	0,89	1,46
		80	$\bar{P}_H$	0,07	-0,59	-1,6	1,35	1,26	1,70
				-1,07	-1,17	-2,98	1,24	1,33	1,45
	45	12	$\bar{P}_K$	1,87	8,16	13,0	3,34	9,68	14,4
				3,00	7,75	10,9	3,55	11,32	19,20
			$\Delta \bar{P}_G$	-0,19	1,04	0,69	-0,48	0,77	-1,22
				0,35	1,37	2,55	0,48	1,85	0,88
			$\bar{P}_H$	0,52	-0,15	-1,32	1,47	0,87	2,16
				0,8	-0,52	-2,45	1,85	1,73	0,82
		80	$\bar{P}_K$	2,14	7,26	11,77	3,22	8,02	15,85
				2,77	7,4	11,6	3,78	13,5	20,2
		80	$\Delta \bar{P}_G$	0,23	1,01	0,80	0,42	0,36	-3,12
				0,45	0,85	0,17	0,3	0,35	-1,52
		80	$\bar{P}_H$	0,88	-0,69	-1,55	0,88	0,99	2,88
				0,9	-0,60	-1,94	1,55	1,06	1,97
90	12	$\bar{P}_K$	1,49	8,60	10,55	3,54	9,44	13,4	
			2,77	11,00	12,94	3,82	13,5	20,0	
	12	$\Delta \bar{P}_G$	0,01	0,28	0,81	-0,19	0,15	-1,8	
			0,25	1,18	1,0	0,45	0,48	-0,51	
	12	$\bar{P}_H$	0,48	-0,19	-1,79	0,88	0,87	1,86	
			1,25	-1,7	-1,71	1,70	1,18	1,53	
80	$\bar{P}_K$	1,13	6,57	10,3	3,00	9,44	15,9		
		1,7	8,08	13,86	4,68	10,20	25,25		
80	$\Delta \bar{P}_G$	1,07	-0,66	-1,71	0,79	1,40	1,90		
		1,13	-0,55	-2,28	0,91	0,70	1,96		
80	$\bar{P}_H$	0,32	0,50	0,11	-0,21	-0,58	-2,35		
		0,21	0,65	0,71	0,51	2,03	1,96		
0,7	20	12	$\bar{P}_K$	8,06	10,1	14,5	3,90	10,98	17,68
				3,02	8,68	15,98	4,33	13,5	21,14
		12	$\Delta \bar{P}_G$	0,39	0,05	1,23	0,33	0,21	0,14
				0,07	0,04	-0,32	-0,05	0,12	0,15
	12	$\bar{P}_H$	0,48	-0,83	-3,93	0,56	0,42	0,31	
			0,27	-1,71	-3,96	0,97	0,48	0,66	
	80	$\bar{P}_K$	2,57	8,36	9,00	2,75	11,10	17,00	
			2,82	7,70	9,62	4,97	7,86	18,05	

Продолжение табл. 1

Развод зуба $\Delta S$ , мм	Угол встречи $\phi$ , град	Влаж- ность W, %	Силы	Значения сил, кг, при угловых параметрах зуба, град						
				$\beta = 35; \gamma = 30$			$\beta = 55; \gamma = 10$			
				и подачи на зуб $U_z$ , мм						
0,2	1,0	1,8	0,2	1,0	1,8					
45	80	$\Delta \bar{P}_0$	0,41	0,31	-1,47	0,49	1,05	0,27		
			0,06	0,44	1,19	0,14	1,15	1,02		
			0,35	-1,81	-3,67	0,44	0,52	0,49		
	80	$\bar{P}_H$	0,11	-1,44	-2,69	0,76	0,49	0,35		
			2,02	8,25	14,00	3,56	10,63	19,38		
			2,98	9,34	11,2	2,32	12,2	16,7		
	12	$\bar{P}_K$	0,34	-0,13	-1,49	0,33	-0,32	-2,27		
			0,20	0,0	-0,59	0,05	0,06	-1,65		
			0,41	-1,41	-3,60	0,56	0,35	-0,10		
	12	$\bar{P}_H$	0,26	-1,53	-3,10	1,02	0,50	0,86		
			2,61	7,68	13,10	3,47	9,64	16,6		
			2,58	8,14	13,82	5,07	10,3	16,5		
80	$\bar{P}_K$	0,39	-0,06	-1,45	0,34	0,02	-4,72			
		0,16	-0,16	-0,43	0,08	0,11	-2,26			
		0,46	-0,57	-2,72	0,41	0,43	0,80			
80	$\bar{P}_H$	0,23	-1,56	-2,02	0,85	0,57	0,19			
		1,82	8,08	14,00	3,06	10,40	18,70			
		2,84	8,48	14,46	4,40	12,38	13,7			
90	12	$\bar{P}_K$	0,43	0,15	0,27	0,44	0,07	-1,97		
			0,06	-0,20	0,24	0,04	0,46	0,31		
			0,46	-1,27	-3,50	0,46	0,28	0,18		
12	$\Delta \bar{P}_0$	0,11	-1,54	-3,02	1,91	0,60	0,31			
		2,18	5,55	12,2	3,68	9,45	18,4			
		2,86	7,98	12,62	4,85	9,04	16,8			
80	$\bar{P}_K$	0,42	0,23	0,35	0,43	-0,1	-3,56			
		0,07	0,08	0,72	0,01	0,69	0,88			
		0,45	-0,81	-3,06	0,40	0,33	0,78			
80	$\bar{P}_H$	0,15	1,66	-2,17	0,83	0,54	0,59			

Примечание. В числителе данные для толщины зуба  $s = 1,6$  мм; в знаменателе — для  $s = 2,0$  мм.

ния подачи на зуб. При переднем угле зуба  $30^\circ$  с увеличением подачи на зуб от 0,2 до 1,8 мм при любой степени влажности уменьшается нормальная составляющая сила. При переднем угле зуба  $10^\circ$  с увеличением подачи на зуб нормальная сила изменяется незначительно; при угле  $30^\circ$ , как правило, эта сила отжима переходит в силу затягивания. Затягивание зуба при переднем угле  $30^\circ$  и подаче на зуб 1,0—1,8 мм объясняется тем, что давление стружки на переднюю грань зуба в этих условиях увеличивается и становится больше, чем сила, действующая на заднюю грань зуба. С увеличением толщины стружки меняют направление и результирующие боковые силы, действующие на зубья пилы. Основная причина, очевидно, связана с процессом стружкообразования и непостоянством физико-механических свойств древесины с левой и правой сторон зубьев.

Боковые силы, действующие на зуб, с увеличением подачи на зуб не остаются постоянными. Об этом можно судить по изменению величин

ны и знака разности боковых сил  $\Delta \bar{P}_6 = \bar{P}_{6,л} - \bar{P}_{6,п}$ . В связи с изменением толщины стружки и анизотропией свойств древесины разность сил  $\Delta \bar{P}_6$  в одних условиях положительна, а в других — отрицательна. Это значит, что результирующая боковая сила может быть силой отжима или силой затягивания. При толщине зуба 1,6 мм разность боковых сил сначала отрицательна, то есть имеет место затягивание зуба, а далее при увеличении подачи на зуб с 0,2 мм до 1,0 мм разность становится положительной, то есть имеет место отжим зуба. В дальнейшем эта разность снова переходит в отрицательную зону с максимальным значением при подаче на зуб 1,8 мм.

При тех же условиях, но с увеличением влажности древесины до 80% наблюдается несколько иная картина. Так, при подачах на зуб 0,2—1,0 мм разность боковых сил положительна для всех толщин зубьев в пределах 1,6—2,0 мм. В дальнейшем с увеличением подачи на зуб до 1,8 мм разность переходит в отрицательную зону, то есть обнаруживается перегруппировка боковых сил с преимуществом силы затягивания. С повышением подачи на зуб, когда передний угол равен 30°, разность боковых сил возрастает при толщине зуба 2,0 мм, а при толщине 1,6 мм — сначала возрастает, а затем уменьшается с переходом разности боковых сил от отрицательного к положительному значению и затем снова к отрицательному. С увеличением переднего угла зубьев от 10 до 30° сила резания  $\bar{P}_к$  уменьшается при всех прочих равных условиях.

Характер изменения силы резания зависит от значения переднего угла, подачи на зуб, развода зубьев, угла встречи с годовыми кольцами и от других факторов. С увеличением переднего угла зубьев от 10 до 30° нормальная сила  $\bar{P}_н$  снижается, а при определенном сочетании условий она изменяет знак с положительного на отрицательный, то есть становится силой затягивания вместо силы отжима. Условия перехода связаны с толщиной стружки и значением переднего угла зубьев. Величина же разности боковых сил  $\Delta \bar{P}_6$  не зависит однозначно от значения переднего угла зубьев. При одних условиях обнаруживается рост разности боковых сил, а при других — снижение. Изменяются не только величина, но и знак разности боковых сил. С увеличением толщины зуба при равных прочих условиях возрастает сила резания  $\bar{P}_к$ , что можно объяснить увеличением площади сечения стружки. Нормальная сила  $\bar{P}_н$  с возрастанием толщины зуба имеет тенденцию к росту, хотя при этом и обнаруживается крайне неустойчивое изменение силы. Нормальная сила возрастает одновременно с ростом касательной силы; при определенном значении подачи на зуб она изменяет знак с положительного на отрицательный (рис. 3 и 4).

При изменении толщины зуба разность боковых сил  $\Delta \bar{P}_6$  в одних случаях возрастает, в других немного снижается и часто изменяет свой знак. На эту разность изменение толщины зуба влияет неоднозначно. Величина и направление разности боковых сил, кроме толщины зуба, определяются целым рядом других факторов, связанных с условиями контакта зуба с древесиной в зоне резания и характером стружкообразования.

С увеличением развода зубьев при постоянной толщине зуба сила резания  $\bar{P}_к$  возрастает, очевидно, за счет изменения площади сечения стружки. Нормальная сила  $\bar{P}_н$  также возрастает с увеличением развода. При определенном значении подачи на зуб и переднего угла зубьев нормальная сила изменяется не только по величине, но и по знаку.

Разность боковых сил с увеличением развода зубьев меняется как по величине, так и по знаку.

Опыты показали, что при распиловке древесины зубом рамной пилы, в основном, имеет место тенденция к уменьшению силы резания с ростом влажности от 12 до 80%. Лишь при малых подачах на зуб в условиях реза, близкого к тангенциальному, сила резания увеличивается с изменением влажности от 12 до 80%. Падение силы резания с ростом влажности соответствует общему закону уменьшения прочности древесины с увеличением влажности. Однако из этого нельзя, очевидно, сделать вывод о том, что при распиловке древесины рамными пилами с увеличением влажности суммарное сопротивление резанию снижается. Не следует смешивать два вопроса: резание и побочные явления при движении пилы в пропиле. При работе пилы с повышением влажности увеличиваются силы трения из-за возросшего восстановления древесины, ухудшаются условия транспортирования стружки в пазухе зубьев и в пропиле и т. д. В результате, независимо от снижения энергии резания, общее сопротивление с ростом влажности, очевидно, возрастает. Об этом говорят проведенные нами опыты и опыты других авторов по разным видам распиловки древесины. В каждом конкретном случае следует учитывать все факторы процесса пиления. Влажность древесины оказывает влияние и на нормальную силу  $\bar{P}_n$ .

При малых подачах сила  $\bar{P}_n$  уменьшается с изменением влажности от 12 до 80%. При больших подачах модуль силы  $\bar{P}_n$  возрастает с ростом влажности и сила от отжима переходит к затягиванию, то есть знак силы изменяется с положительного на отрицательный. Разность боковых сил  $\Delta\bar{P}_b$  с увеличением влажности имеет тенденцию к росту. Особенно это проявляется при подачах на зуб, превышающих 0,1 мм. Изменение разности боковых сил с ростом влажности древесины неоднозначно. Величина и знак разности определяются совокупностью прочих факторов распиловочного процесса.

Опыты показали наличие определенной связи между силами и положением реза относительно центра бревна. С переходом от периферийного реза к центральному сила резания  $\bar{P}_k$  имеет тенденцию к снижению. Очевидно, это связано с тем, что при периферийном резе зубу приходится преодолевать большее сопротивление со стороны заболонной (более прочной в техническом отношении) зоны. При движении реза к центру бревна механические свойства древесины уменьшаются и, как результат, снижается касательная сила. Нормальная сила  $\bar{P}_n$  с изменением угла встречи с годовыми кольцами не остается постоянной. Характерно неустойчивое ее не только направление, но и величина. Аналогичным образом изменяется при этих условиях и разность боковых сил  $\Delta\bar{P}_b$ . При полузакрытом резании в случае разведенных зубьев на главную кромку падает около 80% совершаемой работы, на внешнюю боковую кромку — около 15%, а на внутреннюю боковую — около 5%. Указанные величины характерны для условий, близких к производственным.

Исследования показали, что в условиях распиловки древесины рамными пилами, всякое конкретное значение составляющих общей силы пиления находится в тесной связи с совокупным влиянием многих факторов процесса пиления, относящихся к режущему инструменту (пиле), распиливаемой древесине и их взаимодействию. Каждый фактор в совокупности с другими выступает в новом качестве. Многообразие связей между факторами создает сложную картину явлений и предопределяет своеобразие в изменении сил, действующих на зубья пилы.

УДК 674.053 : 621.934

## ВЛИЯНИЕ НАГРЕВА НА УСТОЙЧИВОСТЬ КРУГЛЫХ ПЛОСКИХ ПИЛ

В. Г. БОДАЛЕВ, В. К. ПАШКОВ

Уральский лесотехнический институт

На основании экспериментальных данных показано влияние различных факторов — окружной скорости, диаметра, формы колебаний и неравномерного нагрева дисков пил — на величину температурных напряжений и частоту их собственных колебаний. Установленные зависимости позволяют уточнить степень влияния этих факторов на устойчивость пил.

Устойчивость диска пилы при неравномерном нагреве определяется величиной и характером распределения возникающих в диске температурных напряжений и оценивается обычно по изменению его частотных характеристик.

При экспериментальном исследовании влияния нагрева на устойчивость круглых пил оба эти показателя мы изучали на специально разработанной установке. Частотные характеристики определяли с помощью индуктивных датчиков, тангенциальные температурные напряжения — с помощью тензодатчиков, наклеенных с шагом 15 мм в десяти точках по радиусу диска пилы. Сигнал от тензодатчиков измерительной аппаратуре передавался через 20-канальный ртутный токосъемник. Были приняты меры для исключения влияния изгибных напряжений, напряжений от центробежных сил и температурных погрешностей самих датчиков на результаты измерений. Нагрев периферийной зоны диска осуществляли в индукторе токами высокой частоты и изучали с помощью разработанного нами инфракрасного радиометра [2]. Радиус зажимных фланцев  $r_{\phi}$  составлял 50 мм.

Результаты исследований температурных напряжений показали (рис. 1), что характер их распределения  $\frac{\sigma_r}{\sigma_R}$  по радиусу  $r$  (где  $r_{\phi} < r < R$ , а  $R$  — радиус окружности впадин зубьев) не зависит от степени нагрева, а абсолютные значения напряжений  $\sigma_r = \frac{\sigma_r}{|\sigma_R|} \cdot |\sigma_R|$  пропорциональны перепаду температуры в диске  $\Delta t$ . Характер распределения температурных напряжений по радиусу диска зависит от скорости его вращения  $v$ , причем с увеличением скорости при одинаковом перепаде температуры возрастают как абсолютные значения напряжений, так и градиент отрицательных напряжений по радиусу  $\frac{d}{dr} \frac{\sigma_r}{|\sigma_R|}$  в периферийной зоне диска.

Оба эти явления снижают жесткость периферийной зоны диска (частоты собственных колебаний), а увеличение градиента способствует возникновению статической потери устойчивости плоской формы равновесия по верным формам с большим числом узловых диаметров  $m$ . Такое влияние скорости вращения на температурные напряжения хорошо согласуется с нашими теоретическими и экспериментальными

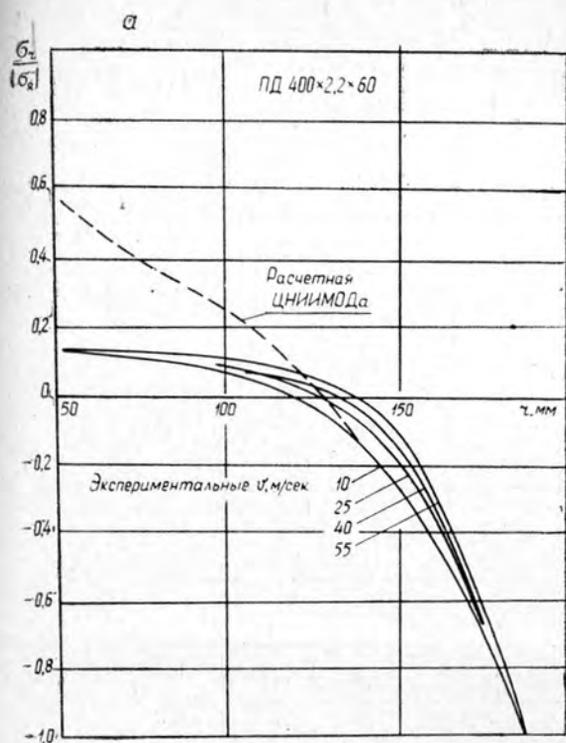
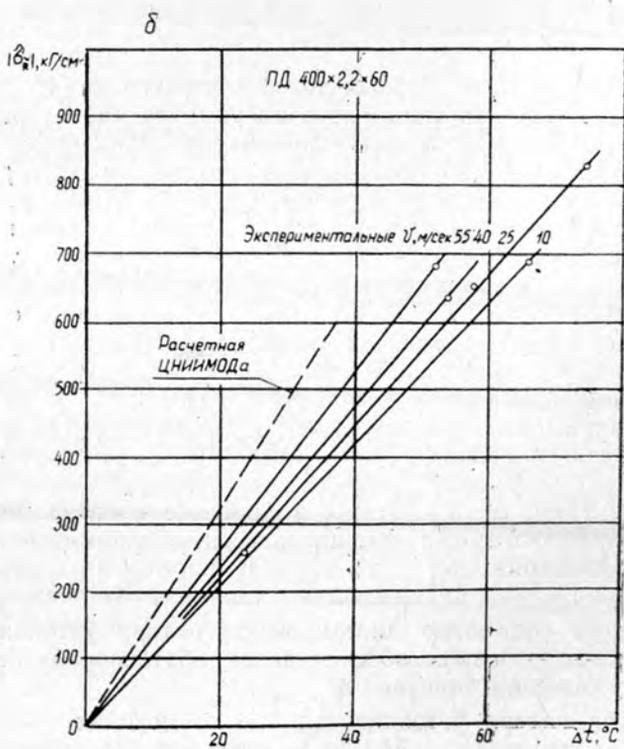


Рис. 1. Тангенциальные температурные напряжения в диске пилы; а — характер распределения по радиусу в зависимости от скорости вращения; б — абсолютные значения на окружности впадины зубьев в зависимости от перепада температуры и скорости резания.



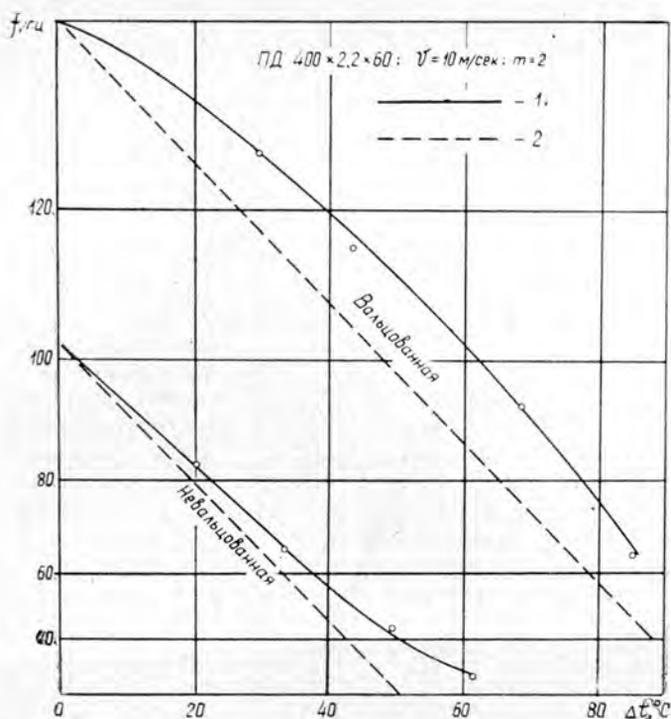


Рис. 2. Влияние перепада температуры по радиусу на частоту собственных колебаний диска:

1 — экспериментальные кривые; 2 — расчетные ЦНИМОДа.

ми исследованиями температурных полей круглых пил [1] и объясняется увеличением градиента температур по радиусу диска при ускорении вращения. Так как в работах, выполненных в ЦНИМОДе, это обстоятельство не учитывалось, расчетная зависимость температурных напряжений не отражает влияния скорости вращения и толщины пилы на характер распределения. Кроме того, при расчетах был принят степенной закон распределения температуры по радиусу, отличающийся от действительного — показательного. Поэтому расчетное распределение отрицательных напряжений по сравнению с экспериментальным в целом более пологое. Увеличение градиента рассчитанных значений положительных напряжений в центральной зоне, где непрерывно снижается градиент температуры, кажется нам физически необоснованным, тогда как экспериментальные кривые и в области положительных напряжений лучше соответствуют характеру температурного поля диска.

Анализ явлений, происходящих в процессе нагрева, показал, что устойчивость пильного диска, вращающегося со скоростью  $n$  (об/сек), практически одинакова при перепадах температуры, несколько отличающихся (в большую или меньшую сторону) от значения  $\Delta t_f = mn$ , соответствующего состоянию динамической потери устойчивости. Это при определенных условиях обеспечивает работоспособность пил при нагреве, превосходящем значение  $\Delta t_f = mn$ .

Статическая потеря устойчивости не происходит скачкообразно при достижении перепада  $\Delta t_f = 0$ , а является следствием непрерыв-

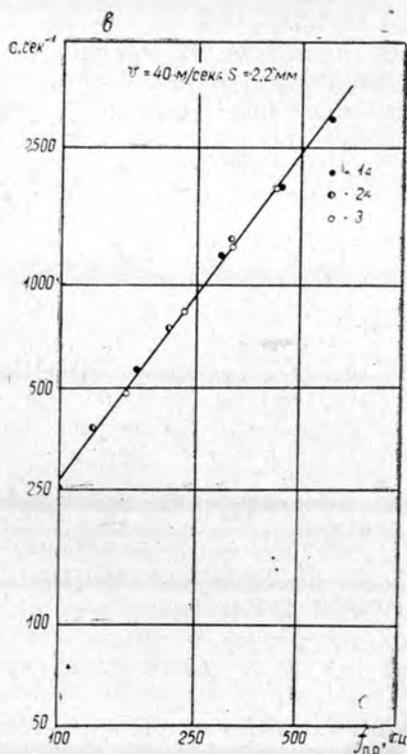
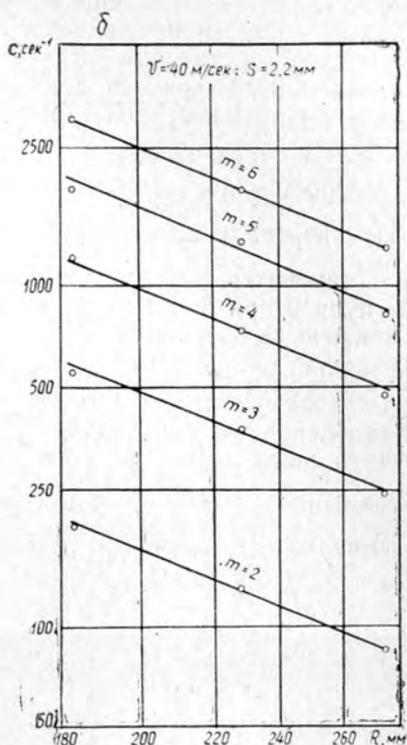
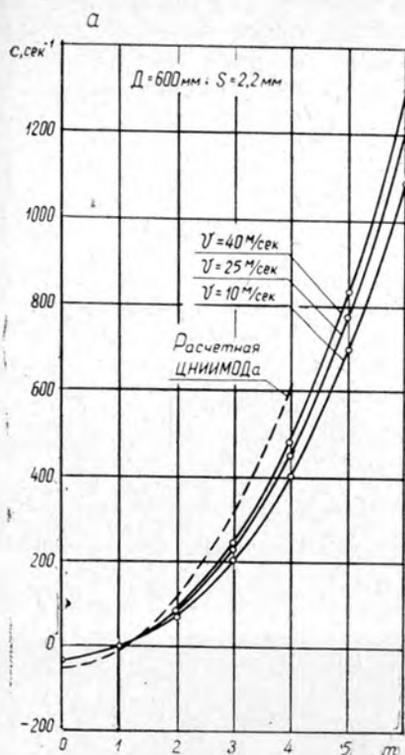


Рис. 3. Графики влияния различных факторов на температурный коэффициент  $C$ : а — скорости вращения; б — формы колебаний; в — окружности впадин зубьев и частоты собственных колебаний (1 —  $D = 400$  мм; 2 —  $D = 500$  мм; 3 —  $D = 600$  мм).

ного углубления и перераспределения начальной неплоскостности диска в процессе увеличения перепада. Экспериментальный характер зависимости частот собственных колебаний неподготовленного диска от перепада температуры (рис. 2) соответствует теоретическому характеру зависимости  $f_{n, \Delta t} = \sqrt{f_{n,0}^2 - C\Delta t}$  (где  $f_{n,0}$  — частота собственных колебаний ненагретого диска,  $C = \operatorname{tg} \alpha \neq C_{\text{расч}}$ ) лишь в области малых деформаций, а с ростом последних становится более пологим.

При перепаде температуры  $\Delta t = \frac{f_{n,0}}{\operatorname{tg} \alpha_{m=2}}$  характер неплоскостности диска становится синусоподобным, однако значение частоты отличается от нуля и при более высокой степени нагрева. В этом смысле понятие критического перепада  $\Delta t_{f=0}$  условно. Характерно, что при перепаде  $\sim 90^\circ\text{C}$ , превышающем в данном случае  $\Delta t_{f=0}$  для  $m=4$ , потеря устойчивости по-прежнему наблюдалась по второй форме, тогда как вальцеванием этого диска по окружности впадин зубьев нетрудно получить состояние  $m > 2$ . Это свидетельствует о том, что при данном соотношении  $\frac{r_\phi}{R}$  последующая форма потери устойчивости определяется, по-видимому, не только абсолютной величиной, но и градиентом  $\frac{d \frac{\sigma_r}{\sigma_R}}{dr}$  температурных напряжений.

У подготовленных пил характер зависимости частотных характеристик от нагрева имеет вид:

$$f_{n, \Delta t}^2 = f_{n,0}^2 = C\Delta t^a,$$

где  $C$  — коэффициент, равный тангенсу угла наклона зависимости в координатах  $f_{n, \Delta t}^2, \Delta t^a$ ;  $a \approx 1,2$ .

Это связано с тем, что изменение частотных характеристик подготовленного диска при нагреве определяется суммарными напряжениями от подготовки и нагрева. Поэтому наилучшие частотные характеристики диска можно получить, лишь корректируя степень и характер его подготовки в зависимости от изменения параметров (в том числе и от скорости вращения), определяющих величину и характер температурных напряжений.

При изучении влияния различных факторов на коэффициент  $C$  неподготовленных пил мы ограничивали нагрев значением  $\Delta t \leq 50^\circ\text{C}$  в связи с отклонением от линейности функции  $f_{n, \Delta t}^2 = f_{n,0}^2 - C\Delta t$  в области больших деформаций. В целом характер экспериментальных зависимостей  $C(m, R)$  (рис. 3) соответствует расчетам ЦНИИМОДа. Несколько большие значения расчетных коэффициентов связаны с большим влиянием перепада температуры на величину расчетных напряжений. Влияние скорости вращения на коэффициент  $C$  хорошо согласуется с ее влиянием на температурные поля и напряженное состояние диска. Построение зависимости  $C(f_{n,0})$  показало, что при  $m=2$ ,  $\dot{v} = \text{const}$  и  $s = \text{const}$  соотношение критических перепадов различных форм потери устойчивости для дисков различных диаметров можно ориентировочно оценить по эмпирической формуле

$$\left| \frac{t_2}{t_1} \right|_{f=0} \approx \sqrt[3]{\left( \frac{f_2}{f_1} \right)_{n,0}^2}.$$

Таким образом, полученные данные позволяют уточнить степень и характер влияния различных факторов на устойчивость круглых пил.

## ЛИТЕРАТУРА

[1]. В. К. Пашков, В. Г. Бодалев. Исследование нагрева дисковых пил в зависимости от технологических факторов и конструктивных параметров пил. Научный отчет № 12/69, НИСа УЛТИ, Свердловск, 1969. [2]. В. К. Пашков, В. Г. Бодалев. Разработка конструкции и исследование бесконтактного оптического пирометра. Научный отчет № 19/72 НИСа УЛТИ, Свердловск, 1972.

Поступила 16 апреля 1973 г.

УДК 63.0.848 : 634.0.323.4

## ПЕРЕРЕЗАНИЕ ДРЕВЕСИНЫ ПЛОСКИМИ НОЖАМИ

Д. К. ВОЕВОДА, Б. А. ЛЕОНОВ

ЦНИИМЭ

Приведены формулы для определения силы резания и силы отжима при перерезании древесины плоскими ножами, объединяющие параметры ножа, размер и конфигурацию поперечного сечения образца, а также механические свойства древесины. Дан пример расчета максимальной силы резания.

В настоящее время значительное распространение получило ножевое резание древесины.

Простота конструкции, надежность устройств, отсутствие опилок — преимущества этого вида резания.

В данной статье приведены основные формулы для определения силовых параметров при ножевом резании с примером расчета. Рассмотрим схему взаимодействия ножа с древесиной для случая перерезания круглого образца прямоугольным плоским ножом. Ножевое бесстружечное резание основано на свойстве материала деформироваться под действием внедряющегося реза.

Расчетная схема взаимодействия ножа с древесиной показана на рис. 1.

Для упрощения анализа процесса резания приняты следующие допущения: 1) древесина обладает свойствами упруго-пластического материала; 2) нормальное давление и коэффициент трения на гранях заострения постоянны по всей площади контакта древесины с гранью, что совпадает с исследованиями проф. С. А. Воскресенского [1]; 3) нормальное давление и коэффициент трения на боковых гранях ножа также постоянны с некоторым приближением по всей площади контакта; 4) резание происходит в стесненных условиях, то есть образец не изгибается в процессе резания под действием сил отжима; отгиб ухудшает качество среза на последнем участке

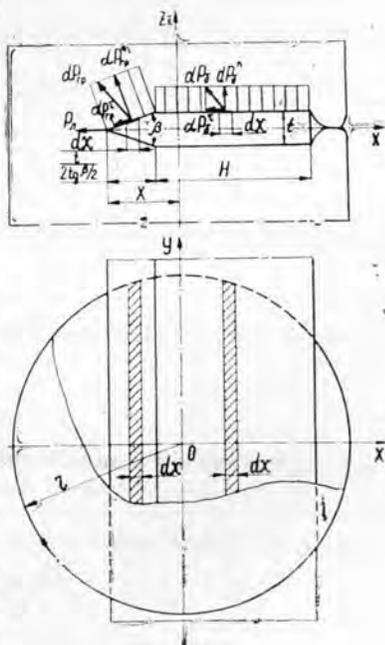


Рис. 1.

резания, что проявляется в увеличении длины трещин вдоль волокон.

Для вывода аналитической зависимости сил резания и отжима обратимся к рис. 1, где показана схема взаимодействия ножа с круглым образцом. Толщина, ширина и угол заострения ножа обозначены соответственно через  $t, H$  и  $\beta$ . В прямоугольной системе координат абсцисса расположена в направлении, противоположном вектору скорости ножа, ордината — вверх вдоль его продольной оси, а ось  $z$  — перпендикулярно плоскости ножа.

Погонную силу на вершине клина обозначим через  $p_v$ , а на гранях заострения и боковых гранях ножа выделим элементы поверхности  $y_1 dx \frac{1}{\cos \frac{\beta}{2}}$  и  $y_2 dx$ , которые в процессе резания действуют на древесину с элементарными силами  $dP_{гр}$  и  $dP_6$ . Эти силы можно разложить на нормальные и касательные составляющие  $dP_{гр}^n$ ,  $dP_6^n$  и  $dP_{гр}^z$ ,  $dP_6^z$ , связанные между собой соотношениями

$$dP_{гр}^z = dP_{гр}^n \cdot f_1; \quad dP_6^z = dP_6^n \cdot f_2, \quad (1)$$

где  $f_1$  и  $f_2$  — коэффициенты трения на гранях заострения и боковых гранях ножа.

Если  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$  — нормальные давления древесины соответственно на грани клина и боковые грани ножа, то

$$dP_{гр}^n = \sigma_1 y_1 \frac{dx}{\cos \frac{\beta}{2}},$$

а

$$dP_6^n = \sigma_2 y_2 dx.$$

Суммируя проекции элементарных сил на ось  $x$  по всей площади взаимодействия ножа с древесиной, получим силу резания

$$P = 2 \left[ p_v y + 2 \int \sigma_1 \sin \frac{\beta}{2} + f_1 \cos \frac{\beta}{2} \right] y_1 \frac{dx}{\cos \frac{\beta}{2}} + 2 \int \sigma_2 f_2 y_2 dx. \quad (2)$$

Суммируя проекции элементарных сил на ось  $z$  по всей поверхности взаимодействия ножа с древесиной, вычислим силу отжима

$$Q = 2 \int \sigma_1 \left( \cos \frac{\beta}{2} - f_1 \sin \frac{\beta}{2} \right) y_1 \frac{dx}{\cos \frac{\beta}{2}} + 2 \int \sigma_2 y_2 dx. \quad (3)$$

Символом  $X$  обозначим расстояние от лезвия ножа до центра поперечного сечения для круглого образца и глубину внедрения лезвия в прямоугольный образец. Буквой  $H'$  обозначим величину внедренной в древесину плоской части ножа. На участке внедрения этой части в образец от  $r$  до  $r-H$

$$H' = r - X - \frac{t}{2 \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}};$$

на участке внедрения в образец от  $r-H$  до  $-r$

$$H' = H;$$

на участке выхода из образца от  $-r$  до  $-r + H$

$$-r + H' = -X + \frac{t}{2\operatorname{tg} \frac{\beta}{2}} + H.$$

С учетом принятых обозначений, формулы (2) и (3) соответственно можно записать

$$P = 2 \left[ p_{\text{в}} y + 2\sigma_1 \left( \sin \frac{\beta}{2} + f_1 \cos \frac{\beta}{2} \right) \frac{t}{\cos \frac{\beta}{2}} \int_X^{X + \frac{t}{2\operatorname{tg} \frac{\beta}{2}}} y_1 dx + \right. \\ \left. + 2\sigma_2 f_2 \int_{X + \frac{t}{2\operatorname{tg} \frac{\beta}{2}}}^{X + \frac{t}{2\operatorname{tg} \frac{\beta}{2}} + H'} y_2 dx \right]; \quad (4)$$

$$Q = 2\sigma_1 \left( \cos \frac{\beta}{2} - f_1 \sin \frac{\beta}{2} \right) \frac{t}{\cos \frac{\beta}{2}} \int_X^{X + \frac{t}{2\operatorname{tg} \frac{\beta}{2}}} y_1 dx + 2\sigma_2 \int_{X + \frac{t}{2\operatorname{tg} \frac{\beta}{2}}}^{X + \frac{t}{2\operatorname{tg} \frac{\beta}{2}} + H'} y_2 dx. \quad (5)$$

Для круглого образца в правом полукруге сечения величина  $X$  берется со знаком плюс, в левом полукруге — со знаком минус.

Функция  $y = f(X)$  зависит от конфигурации поперечного сечения образца. Для круглого (цилиндрического) образца

$$y = \sqrt{r^2 - X^2};$$

для прямоугольного

$$y = \frac{b'}{2},$$

то есть половине ширины образца.

Интегрируя выражение (1), получим:

а) для круглого образца

$$\text{при } -r \leq \left( X + \frac{t}{2\operatorname{tg} \frac{\beta}{2}} \right) \leq r; \quad -r \leq \left( X + \frac{t}{2\operatorname{tg} \frac{\beta}{2}} + H' \right) \leq r$$

$$P = 2 \left\{ p_{\text{в}} \sqrt{r^2 - X^2} + \sigma_1 \left( \sin \frac{\beta}{2} + f_1 \cos \frac{\beta}{2} \right) \frac{1}{\cos \frac{\beta}{2}} \left[ \left( X + \frac{t}{2\operatorname{tg} \frac{\beta}{2}} \right) \sqrt{r^2 - \left( X + \frac{t}{2\operatorname{tg} \frac{\beta}{2}} \right)^2} + r^2 \arcsin \frac{X + \frac{t}{2\operatorname{tg} \frac{\beta}{2}}}{r} - \right. \right.$$

$$\begin{aligned}
 & -X\sqrt{r^2-X^2}-r^2\arcsin\frac{X}{r}\left]+ \sigma_2 f_2 \left[ \left( X + \frac{t}{2\operatorname{tg}\frac{\beta}{2}} + \right. \right. \\
 & \left. \left. + H' \right) \sqrt{r^2 - \left( X + \frac{t}{2\operatorname{tg}\frac{\beta}{2}} + H' \right)^2} + r^2 \arcsin \frac{X + \frac{t}{2\operatorname{tg}\frac{\beta}{2}} + H'}{r} - \right. \\
 & \left. - \left( X + \frac{t}{2\operatorname{tg}\frac{\beta}{2}} \right) \sqrt{r^2 - \left( X + \frac{t}{2\operatorname{tg}\frac{\beta}{2}} \right)^2} - r^2 \arcsin \frac{X + \frac{t}{2\operatorname{tg}\frac{\beta}{2}}}{r} \right] \left. \right\}, \quad (6)
 \end{aligned}$$

где  $p_a$  — упругое сопротивление волокон древесины прогибу и надрезанию при взаимодействии древесины с вершиной клина, отнесенное к 1 см ширины образца, кгс/см;

$t^*$  — толщина ножа, см;

$H$  — ширина плоской части ножа, см;

$X$  — расстояние от лезвия ножа до центра поперечного сечения образца, см;

$r$  — радиус поперечного сечения перерезаемого образца, см;

$\beta$  — угол заострения ножа, град.

б) для образца с прямоугольным поперечным сечением

$$P = \left[ p_a + 2\sigma_1 \left( \sin \frac{\beta}{2} + f_1 \cos \frac{\beta}{2} \right) \frac{X^*}{\cos \frac{\beta}{2}} + 2\sigma_2 f_2 \left( X - \frac{t}{2\operatorname{tg}\frac{\beta}{2}} \right) \right] b \quad (7)$$

при  $0 < X^* \leq \frac{t}{2\operatorname{tg}\frac{\beta}{2}}$ ;  $0 < \left( X - \frac{t}{2\operatorname{tg}\frac{\beta}{2}} \right) \leq H$ ,

где  $b'$  — ширина прямоугольного образца, см;

$X$  — глубина внедрения лезвия в образец, см.

Окончательный вид формулы для силы отжима получим, проинтегрировав выражение (5):

а) для круглого образца

$$\begin{aligned}
 Q = \sigma_1 \left( \cos \frac{\beta}{2} - f_1 \sin \frac{\beta}{2} \right) \frac{1}{\cos \frac{\beta}{2}} & \left[ \left( X + \frac{t}{2\operatorname{tg}\frac{\beta}{2}} \right) \sqrt{r^2 - \left( X + \frac{t}{2\operatorname{tg}\frac{\beta}{2}} \right)^2} + \right. \\
 & \left. + r^2 \arcsin \frac{X + \frac{t}{2\operatorname{tg}\frac{\beta}{2}}}{r} - X\sqrt{r^2 - X^2} - r^2 \arcsin \frac{X}{r} \right] + \\
 & + \sigma_2 \left[ \left( X + \frac{t}{2\operatorname{tg}\frac{\beta}{2}} + H' \right) \sqrt{r^2 - \left( X + \frac{t}{2\operatorname{tg}\frac{\beta}{2}} + H' \right)^2} + \right. \\
 & \left. + r^2 \arcsin \frac{X + \frac{t}{2\operatorname{tg}\frac{\beta}{2}} + H'}{r} - \left( X + \right. \right.
 \end{aligned}$$

\* Имеется в виду толщина за вычетом величины двух радиусов затупления лезвия  $2\rho$ . Однако величина  $2\rho$  столь мала по сравнению с толщиной ножа, что ее влияние несущественно. Поэтому для упрощения формул символом  $t$  обозначим всю толщину ножа.

$$+ \frac{t}{2\operatorname{tg} \frac{\beta}{2}} \left) \sqrt{r^2 - \left(X + \frac{t}{2\operatorname{tg} \frac{\beta}{2}}\right)^2} - r^2 \arcsin \frac{X + \frac{t}{2\operatorname{tg} \frac{\beta}{2}}}{r} \right] \quad (8)$$

$$\text{при } -r \leq \left(X + \frac{t}{2\operatorname{tg} \frac{\beta}{2}}\right) \leq r; \quad -r \leq \left(X + \frac{t}{2\operatorname{tg} \frac{\beta}{2}} + H'\right) \leq r;$$

б) для образца с прямоугольным поперечным сечением

$$Q = \left[ \sigma_1 \left( \cos \frac{\beta}{2} - f_1 \sin \frac{\beta}{2} \right) \frac{X^*}{\cos \frac{\beta}{2}} + \sigma_2 \left( X - \frac{t}{2\operatorname{tg} \frac{\beta}{2}} \right) \right] b' \quad (9)$$

$$\text{при } 0 < X^* \leq \frac{t}{2\operatorname{tg} \frac{\beta}{2}}; \quad 0 < \left( X - \frac{t}{2\operatorname{tg} \frac{\beta}{2}} \right) \leq H.$$

Для вычисления максимальной силы резания при перерезании круглого образца необходимо определить глубину внедрения ножа в образец  $X_m$ . Здесь для расчета привода устройств силового резания необходимо знать максимальную силу резания  $P_m$  и положение ножа относительно центра сечения образца  $X_m$ , соответствующее этой силе. Сила резания достигает своего максимального значения в случае перерезания образца прямоугольного сечения при полном внедрении ножа, а в случае круглого сечения — во второй половине реза. Точное положение ножа, соответствующее максимальной силе резания при перерезании круглого образца, определяют из условия

$$\frac{dP}{dx} = 0, \quad (10)$$

где  $P$  — сила резания, представленная формулой (6), в которой для сокращения вычислений производная сила на вершине в диапазоне  $X$  от 0 до  $-\frac{2r}{\operatorname{tg} \frac{\beta}{2}}$  принята равной постоянной величине  $2P_{\text{в}}r$ . Это не приводит к существенной погрешности, поскольку в указанном диапазоне значений  $X$ , в котором заключен  $X_m$  для ножа с оптимальными параметрами, сила  $P_{\text{в}} = f(X)$  изменяется незначительно.

В целях упрощения равенства (10) за  $X_{1,m}$  принимаем расстояние от начала плоской части ножа до центра поперечного сечения образца

$$X_{1,m} = X_m + \frac{t}{2\operatorname{tg} \frac{\beta}{2}}.$$

В этом случае производную силы резания по  $X$  представим в виде

$$\begin{aligned} \sigma_2 f_2 \sqrt{r^2 - (X_{1,m} + H)^2} - \sigma_1 \left( f_1 + \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} \right) \sqrt{r^2 - \left( X_{1,m} - \frac{t}{2\operatorname{tg} \frac{\beta}{2}} \right)^2} + \\ + \left[ \sigma_1 \left( f_1 + \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} \right) - \sigma_2 f_2 \right] \sqrt{r^2 - X_{1,m}^2} = 0. \end{aligned} \quad (11)$$

Разделив уравнение (11) на  $\sigma_2 f_2$  и обозначив

$$\frac{\sigma_1 \left( f_1 + \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} \right)}{\sigma_2 f_2} = C_1; \quad \frac{t}{2\operatorname{tg} \frac{\beta}{2}} = C_2, \quad (12)$$

получим

$$(C_1 - 1) \sqrt{r^2 - X_{1.M}^2} = C_1 \sqrt{r^2 - (X_{1.M} - C_2)^2} - \sqrt{r^2 - (X_{1.M} + H)^2}. \quad (13)$$

Освободив последнее равенство от радикалов и упростив его, получим уравнение 3-й степени

$$aX_{1.M}^3 + bX_{1.M}^2 + cX_{1.M} + d = 0, \quad (14)$$

где коэффициенты при неизвестных соответственно равны:

$$\left. \begin{aligned} a &= 2C_1(C_1 - 1)(C_1 C_2 + H); \\ b &= C_1^2(C_2 - H)^2 - (C_1 + 1)(C_1^2 C_2^2 + H^2); \\ c &= (C_1^2 C_2 + H)(C_1 C_2^2 - H^2) - 2C_1(C_1 - 1)(C_1 C_2 + H)r^2; \\ d &= C_1(C_1 - 1)(C_1 C_2^2 - H^2)r^2 - [(C_1^2 C_2^2 - H^2)^2] \frac{1}{4}. \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

В случае резания широким ножом ( $H \geq 1,6r$ ) величину  $X_{1.M}$  целесообразно определять из уравнения

$$[C_1^2 - (C_1 - 1)^2] X_{1.M}^2 - 2C_1^2 C_2 X_{1.M} + [(C_1 - 1)^2 - C_1^2] r^2 + C_1^2 C_2^2 = 0. \quad (16)$$

Это уравнение получено из равенства (11), в котором

$$\sqrt{r^2 - (X_{1.M} + H)^2} = 0.$$

Получив параметры  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$ ,  $f_1$  и  $f_2$  из экспериментальных данных, по формулам (15) определяют коэффициенты  $a$ ,  $b$ ,  $c$  и  $d$ . Затем, решая уравнение (14), получим три корня, один из которых соответствует положению ножа при максимальной силе резания. Поскольку нам известно, что  $P_M$  лежит во второй половине реза, искомый корень будет иметь отрицательное значение. После этого применив формулу

$$X_M = X_{1.M} - \frac{t}{2 \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}}, \quad (17)$$

перейдем к принятому отсчету величины внедрения ножа относительно центра сечения образца.

В формулы (6)—(9) входят параметры взаимодействия элементов ножа с древесиной: удельная сила на вершине клина  $p_n$ , нормальное давление древесины и коэффициент трения на гранях клина  $\sigma_1$  и  $f_1$  и нормальное давление и коэффициент трения на боковых гранях ножа  $\sigma_2$  и  $f_2$ . Перечисленные параметры были определены опытным путем [2].

Величины этих параметров для двух пород древесины, перерезаемой при положительной температуре ножом с оптимальным углом заострения  $\beta = 30^\circ$ , приведены в табл. 1.

Таблица 1

Порода	Влажность, %	Объемный вес, г/см <sup>3</sup> (при указанной в таблице влажности)	Удельная сила на вершине клина, кгс/см	Нормальное давление, кгс/см <sup>2</sup>		Коэффициент трения	
				на гранях клина	на боковых гранях ножа	на гранях клина	на боковых гранях ножа
Ель . . . . .	34	0,503	30	109	33	0,20	0,29
Береза . . . . .	60	0,970	50	246	42	0,11	0,22

Полученные формулы и входящие в них параметры позволяют определить максимальное значение силы резания и положение ножа в образце при этой силе резания, а также усилия, необходимые для внедрения клина или плоского ножа на различную глубину. Эти величины необходимо знать при проектировании ножевых устройств для срезания деревьев и раскряжевки древесины, а также при разработке подающих и протаскивающих устройств для хлыстов.

Рассмотрим пример расчета максимального значения силы резания при перерезании круглого образца.

Определим силу резания при перерезании влажного елового бревна ( $W > 30\%$ ), диаметр которого равен 26 см. Для ножа с  $t = 0,6$  см,  $H = 12$  см,  $\beta = 30^\circ$  имеем следующие параметры взаимодействия элементов ножа с древесиной:  $P_B = 30$  кгс/см,  $\sigma_1 = 109$  кгс/см<sup>2</sup>,  $f_1 = 0,2$ ,  $\sigma_2 = 33$  кгс/см<sup>2</sup> и  $f_2 = 0,29$ .

По формулам (15) вычисляем коэффициенты  $a$ ,  $b$ ,  $c$  и  $d$ , входящие в уравнение (14). Решая уравнение (14), получим положение ножа в образце  $X_{1,м}$ ,  $\Gamma_{Г1}$   $\Gamma_{Г2}$ . Величина  $X_{1,м}$  представляет собой расстояние от центра сечения образца до начала плоской части ножа. Если отсчет положения ножа вести от центра сечения образца до лезвия ножа, то параметр  $X_m$  определим по формуле (17).

Подставив значение  $X_m$  в формулу (6), получим максимальную силу резания

$$P = 714 + 2760 + 4800 = 8820 \text{ кгс.}$$

Это значение отличается от величины силы резания (7670 кгс), полученной экспериментальным путем, на 15%.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. С. А. Воскресенский. Резание древесины. Гослесбумиздат, 1955. [2]. Б. А. Леонов. Исследование процесса ножевой раскряжевки круглых лесоматериалов. Автореферат диссертации, Химки, 1972.

Поступила 29 октября 1973 г.

УДК 634.0.812.72 : 674.048 : 546.171.1

## ИССЛЕДОВАНИЕ СТЕПЕНИ УПЛОТНЕНИЯ БЕРЕЗОВЫХ ЗАГОТОВОК ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ПЛАСТИФИЦИРОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ МЕТОДОМ ВСЕСТОРОННЕГО ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СЖАТИЯ

В. П. АБРАМОВ, Г. В. БЕРЗИНЬШ, В. П. СКРУПСКИЙ

Специальное конструкторско-технологическое бюро модификации древесины  
ИХД АН Латвийской СССР

Исследована степень уплотнения при сушке и ее влияние на общую степень уплотнения. Из условия наибольшей общей степени уплотнения определены технологические параметры получения пластифицированной древесины всесторонним гидравлическим сжатием. Предложено общую степень уплотнения определять суммированием степеней уплотнения при прессовании и сушке путем уменьшения последней степени уплотнения поправочным коэффициентом.

При сушке обработанной аммиаком древесины березы, подвергнутой прессованию методом всестороннего гидравлического сжатия, в основном уменьшается поперечное сечение заготовок, а длина их изменяется незначительно (на 1—2%) и в дальнейшем не учитывается. Кроме того, было замечено, что поперечное сечение высушенных заготовок, имевших малую степень уплотнения при прессовании, в отдельных случаях существенно уменьшается. Естественно было предположить, что это результат различной степени уплотнения заготовок при сушке, в связи с чем возникла необходимость изучить изменения, зависящие от режимов нагружения к начальной влажности заготовок.

Величину уплотнения при сушке прессования древесины обозначим через  $E_c$ .

Изменение площади поперечного сечения заготовок при сушке прессованной древесины оказывает влияние на общее изменение площади поперечного сечения при пластификации древесины. Величину уплотнения при получении пластифицированной древесины методом всестороннего гидравлического сжатия будем называть общей степенью уплотнения  $E_0$ .

Цель данной работы — исследование степеней уплотнения при сушке и получении пластифицированной древесины методом всестороннего гидравлического сжатия в зависимости от режимов нагружения и начальной влажности заготовок.

Исследования проводили на тех же заготовках, которые использовали для определения степени уплотнения при прессовании обработанной аммиаком древесины методом всестороннего гидравлического сжатия в зависимости от режимов нагружения и начальной влажности заготовок, то есть заготовки (диаметром 120 мм и длиной 270 мм) брали из центральной части маломерной свежесрубленной древесины березы и обтачивали на токарном станке; диаметр измеряли штангенциркулем в двух взаимно перпендикулярных плоскостях до и после сушки.

Прессованные заготовки в свободном состоянии сушили в масле «индустриальное 20» («веретенное 3») в ваннах с электрическим обогревом, оборудованных сеточными клетками для загрузки и выгрузки заготовок ручными лебедками и зонтом для улавливания и удаления паров. За основу был принят ранее рекомендованный режим сушки\*, откорректированный с учетом размеров заготовок и других факторов.

Высушенные заготовки (с начальной влажностью 60—90%) имели конечную влажность 3—5%. Для заготовок с меньшей начальной влажностью продолжительность сушки уменьшали сокращением выдержки при низких температурах.

Степень уплотнения при сушке  $E_c$  определяли по отношению разности площадей поперечного сечения заготовок после уплотнения  $F_1$  и после сушки  $F_2$  к площади поперечного сечения после уплотнения  $F_1$

$$E_c = \frac{F_1 - F_2}{F_1}, \quad (1)$$

а общую степень уплотнения  $E_0$  вычисляли по отношению разности площадей поперечного сечения заготовок до уплотнения  $F_0$  и после сушки  $F_2$  к площади поперечного сечения до уплотнения  $F_0$

$$E_0 = \frac{F_0 - F_2}{F_0}. \quad (2)$$

Полученные экспериментальные результаты (по измерениям десяти образцов для каждой опытной точки) обрабатывали вариационно-статистическим методом (для 130 образцов показатель точности определения степени уплотнения при сушке находился в пределах 1,20—5,40%, а для общей степени уплотнения — в пределах 1,06—4,54%) и представили в виде графиков (рис. 1—3).

На рис. 1 показана зависимость степени уплотнения от начальной влажности березовых заготовок при получении пластифицированной древесины методом всестороннего гидравлического сжатия, на рис. 2 — зависимость степени уплотнения от удельного давления, на

\* Г. В. Берзиньш, А. А. Вевере, Я. К. Гулбис, М. К. Чанка, Некоторые режимы обезвоживания пластифицированных березовых заготовок. Рига, изд-во «Зинатне», 1967.

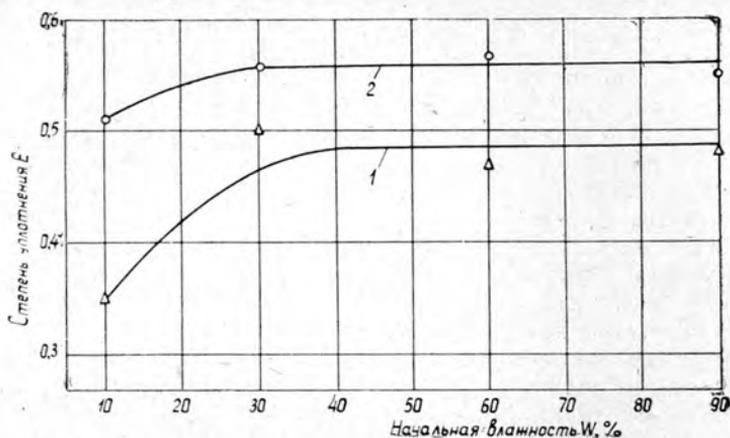


Рис. 1. Удельное давление прессования  $350 \text{ кгс/см}^2$ , время выдержки под давлением 90 сек.

1 — степень уплотнения при сушке; 2 — общая степень уплотнения.

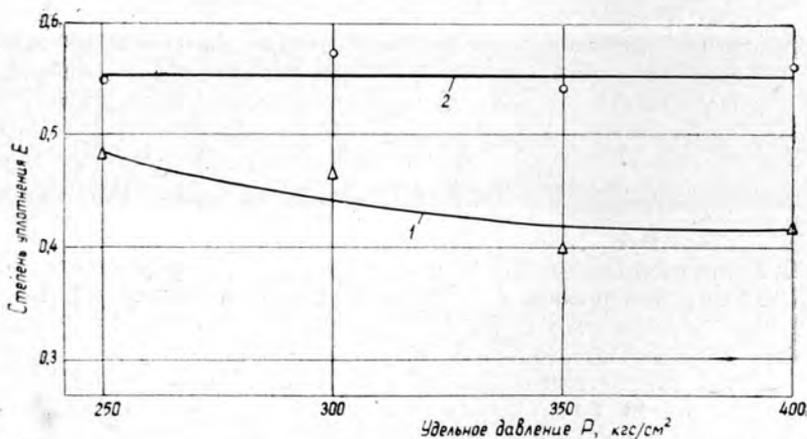


Рис. 2. Начальная влажность 40%, время выдержки под давлением 60 сек.

1 — степень уплотнения при сушке; 2 — общая степень уплотнения.

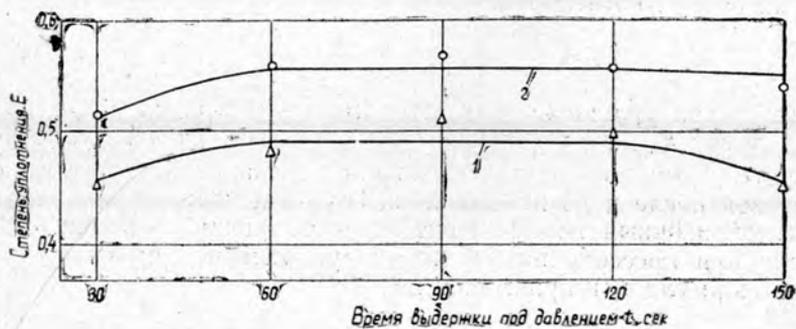


Рис. 3. Начальная влажность 60%, удельное давление  $350 \text{ кгс/см}^2$ .

1 — степень уплотнения при сушке; 2 — общая степень уплотнения.

рис. 3—зависимость степени уплотнения от времени выдержки под давлением.

Из рис. 1 видно, что наименьшая степень уплотнения при сушке наблюдается у заготовок с начальной влажностью 10%. С увеличением влажности до 30% степень уплотнения возрастает и в дальнейшем изменяется незначительно. Степень уплотнения при сушке уменьшается с увеличением удельного давления прессования (рис. 2) и незначительно повышается при выдержке под давлением в течение 90 сек (рис. 3), а затем снова снижается.

Следовательно, характер кривых степени уплотнения при сушке противоположен характеру кривых степени уплотнения при прессовании. Степень уплотнения при прессовании составляла 0,32—0,09, а при сушке—соответственно 0,35—0,52, то есть наибольшей степени уплотнения при прессовании соответствует наименьшая степень уплотнения при сушке, но по величине они примерно равны и, наоборот, наименьшей степени уплотнения при прессовании соответствует наибольшая степень уплотнения при сушке; последняя в этом случае по своей величине превосходит первую в несколько раз. Наибольшее влияние на уменьшение площади поперечного сечения получаемой пластифицированной древесины оказывает степень уплотнения при сушке, что особенно ярко выражено при малых степенях уплотнения при прессовании. За счет этого и происходит выравнивание поперечного сечения пластифицированной древесины, прессованной при различных режимах.

Для заготовок, прессованных при удельном давлении 350 кгс/см<sup>2</sup> и времени выдержки под давлением 2 мин, насыщенных аммиаком и находившихся в автоклаве под давлением газообразного аммиака 1,5 кгс/см<sup>2</sup> около 170 час, степень уплотнения при сушке составила 0,46, а при прессовании—0,06.

Из кривых зависимости общей степени уплотнения от начальной влажности заготовок (рис. 1) и режимов нагружения (рис. 2 и 3) видно, что наибольшее значение общей степени уплотнения равно 0,58, причем она уменьшается со снижением времени выдержки под давлением до 30 сек и уменьшением начальной влажности заготовок ниже 30%. Рекомендуемая влажность заготовок 30% и выше, а время выдержки под давлением 90—120 сек. Удельное давление в исследованных пределах не влияет на общую степень уплотнения. Предполагаем, что можно применять удельное давление ниже 250 кгс/см<sup>2</sup> без уменьшения общей степени уплотнения.

Из формулы (2), путем введения величины  $F_1$  (площади поперечного сечения заготовок после уплотнения) и соответствующих преобразований, можно вывести математическую зависимость общей степени уплотнения от ее составляющих

$$E_o = \frac{F_0 - F_1}{F_0} + \frac{F_1 - F_2}{F_1} \cdot \frac{F_1}{F_0} \quad (3)$$

Первый член уравнения (3) есть степень уплотнения при прессовании заготовок  $E_{пр}$ , а второй член уравнения есть степень уплотнения при сушке  $E_c$ , умноженная на отношение площадей поперечного сечения заготовок после и до прессования. Это отношение можно представить как поправочный коэффициент  $k$ , учитывающий влияние степени уплотнения при прессовании на степень уплотнения при сушке.

Тогда формула (3) принимает вид

$$E_o = E_{пр} + E_c \cdot k$$

Но степень уплотнения при прессовании всесторонним гидравлическим сжатием зависит от режимов нагружения и состояния древесины,

то есть ее водо- и газонаполненности. Таким образом, можно сказать, что коэффициент  $k$  учитывает величину возрастания степени уплотнения при сушке за счет факторов, препятствующих уплотнению древесины при прессовании всесторонним гидравлическим сжатием.

### Выводы

1. При сушке обработанных аммиаком и прессованных методом всестороннего гидравлического сжатия заготовок с высокой начальной влажностью и повышенным количеством поглощенного газа происходит основное уплотнение древесины.

2. Степень уплотнения при сушке оказывает существенное влияние на общую степень уплотнения, по которой и следует определять режимы получения пластифицированной древесины методом всестороннего гидравлического сжатия.

3. Из характера изменения общей степени уплотнения следует, что наиболее выгодны в исследованных интервалах: удельное давление  $250 \text{ кгс/см}^2$ , время выдержки под давлением  $90\text{—}120 \text{ сек}$  и начальная влажность заготовок не ниже  $30\%$ .

4. Общую степень уплотнения можно определить исходя из степеней уплотнения при прессовании и сушке, причем последняя степень уплотнения уменьшается поправочным коэффициентом.

Поступила 7 марта 1973 г.

УДК 634.0.865

## СИЛОВЫЕ ЗАВИСИМОСТИ ПРИ ШЛИФОВАНИИ ДРЕВЕСНОСЛОИСТОГО ПЛАСТИКА

В. Г. ЛЮБИМОВ

Львовский лесотехнический институт

Приведены экспериментальные данные, показывающие влияние окружной скорости круга, продольной подачи и глубины резания на составляющие силы резания при шлифовании древеснослоистого пластика абразивными кругами. Установлена закономерность изменения сил резания, выведены формулы для их расчета.

В статье приведены результаты исследований сил, возникающих при шлифовании древеснослоистого пластика марки ДСП-В (ГОСТ 8697—58) кругами с абразивными зернами из стекла на бакелитовой связке [4]. Обладая свойством самозатачиваемости, круги показали хорошие режущие свойства [2], обеспечивающие высокое качество шлифованной поверхности [3].

Для проведения экспериментов применяли круги с наружным диаметром  $190\text{—}196 \text{ мм}$ , высотой  $22 \text{ мм}$ , зернистостью 50, твердостью  $800 \text{ кг/см}^2$ . Шлифование проводили на модернизированном плоскошлифовальном станке модели 371-М1 и горизонтально-фрезерном станке модели 6П80Г. Тангенциальную  $P_z$  и нормальную  $P_y$  составляющие силы резания измеряли динамометром УДМ100 конструкции ВНИИ. Сигналы от тензодатчиков через усилитель ТА-5 передавали на шлейфовый осциллограф МПО-2. Осциллограммы записывали на пленку шириной  $35 \text{ мм}$ . Образцы длиной  $L = 40 \text{ мм}$  и шириной  $B = 15 \text{ мм}$  жестко закрепляли на столе динамометра и шлифовали по двум направлениям: перпендикулярно к расположению слоев шпона (торцовые поверхности)

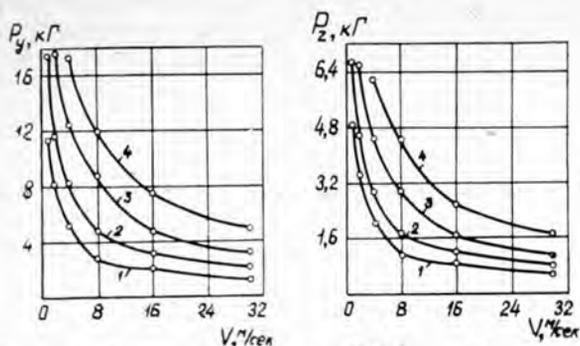
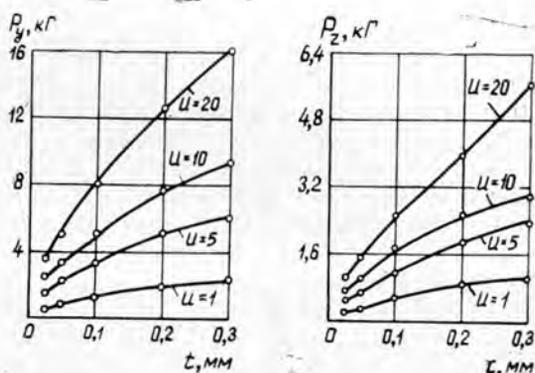


Рис. 1. Зависимость нормальной  $P_y$  и тангенциальной  $P_z$  составляющих силы резания от окружной скорости и скорости подачи образца.

$t = 0,1$  мм;  $B = 15$  мм; 1 —  $u = 1$  м/мин; 2 — 2,4 м/мин; 3 — 5 м/мин; 4 — 10 м/мин (шлифование торцовых поверхностей).

Рис. 2. Зависимость нормальной  $P_y$  и тангенциальной  $P_z$  составляющих сил резания от глубины шлифования и скорости подачи образца.

$v = 30$  м/сек;  $B = 15$  мм (шлифование торцовых поверхностей).



и в направлении слоев шпона (боковые поверхности). Переменные факторы режима обработки: окружная скорость круга  $v = 1 \div 30$  м/сек, скорость подачи образца (продольная подача)  $u = 1 \div 20$  м/мин, глубина шлифования  $t = 0,025 \div 0,3$  мм.

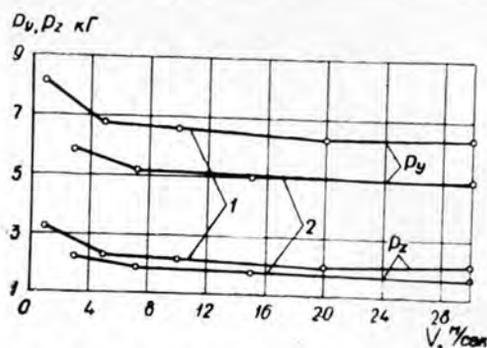
Результаты исследований сил, возникающих при шлифовании торцовых поверхностей древесностойкого пластика представлены на рис. 1 и 2. При шлифовании боковых поверхностей имели место зависимости, аналогичные представленным на этих рисунках, но составляющие силы резания снижались в среднем в 1,4 раза.

Из рис. 1 видно, что с увеличением окружной скорости круга и снижением скорости подачи образца силы резания заметно уменьшаются. Значительное снижение составляющих  $P_y$  и  $P_z$  обусловлено тем, что с увеличением окружной скорости круга уменьшается толщина слоя материала, срезаемого каждым зерном, находящимся в контакте с образцом; уменьшается трение между обрабатываемым материалом и стружкой, задерживающейся в порах круга. При низких окружных скоростях круга ( $v = 1 \div 4$  м/сек) пространство между зернами быстро заполняется стружкой, а центробежная сила и воздушные потоки при этом настолько малы, что они не преодолевают сил слипания стружки с рабочей поверхностью круга. С увеличением глубины шлифования и скорости подачи образца составляющие  $P_y$  и  $P_z$  возрастают (рис. 2). Это объясняется увеличением толщины стружек, срезаемых абразивными зернами; возрастанием площади контакта и трения между обрабатываемым материалом и связкой; ухудшением условий размещения стружек между зернами, так как часть стружек задерживается и уплотняется в порах, увеличивая трение.

Анализ экспериментального материала показал, что окружная скорость круга и скорость подачи образца оказывают почти равное, но

Рис. 3 Зависимость нормальной  $P_y$  и тангенциальной  $P_z$  составляющих силы резания от окружной скорости круга при постоянной подаче на один оборот круга.

$t = 0,1$  мм;  $B = 15$  мм;  $1 - s_0 = 5$  мм/об;  $2 - s_0 = 3,33$  мм/об (шлифование торцовых поверхностей).



противоположное влияние на составляющие  $P_y$  и  $P_z$ . Из этого следует, что при постоянной подаче на один оборот круга ( $s_0 = \text{const}$ ) или при постоянном отношении окружной скорости круга к скорости подачи образца ( $\frac{v}{u} = \text{const}$ ) силы резания с изменением  $v$  не претерпевают существенных изменений. Из приведенных на рис. 3 зависимостей видно, что при  $s_0 = \text{const}$  и скоростях  $v = 8 \div 30$  м/сек составляющие  $P_y$  и  $P_z$  практически остаются постоянными. Как видно из дальнейшего изложения, эта закономерность облегчает расчет сил резания при шлифовании древеснослоистых пластиков.

На каждое абразивное зерно круга, принимающее участие в резании, действуют тангенциальная  $P_{z_3}$  и нормальная  $P_{y_3}$  составляющие силы резания. Номинальный объем материала, снимаемый режущими зернами круга при плоском шлифовании за 1 мин,

$$Q = 1000utB \text{ мм}^3/\text{мин}, \quad (1)$$

где  $u$  — скорость подачи изделия, м/мин;

$t$  — глубина шлифования, мм;

$B$  — часть ширины круга, участвующая в резании и равная ширине образца, мм.

Этот объем материала снимается режущими абразивными зернами, подводимыми в зону резания в 1 мин,

$$N_{мин} = n\pi D B c, \quad (2)$$

здесь  $n$  — число оборотов круга в 1 мин;

$D$  — диаметр круга, мм;

$c$  — количество режущих абразивных зерен на 1 мм<sup>2</sup> поверхности круга.

Число оборотов круга в 1 мин

$$n = \frac{60 \cdot 1000v}{\pi D},$$

где  $v$  — окружная скорость круга м/сек.

После подстановки значения  $n$  в формулу (2) имеем

$$N_{мин} = 60 \cdot 1000v B c \text{ зерен в 1 мин.}$$

Объем среза, удаляемого отдельным абразивным зерном, получим делением объема материала, снимаемого всеми режущими зернами в 1 мин, на количество абразивных зерен, подводимых за это время в зону резания,

$$\omega = \frac{Q}{N_{\text{мин}}} = \frac{ut}{60vc} \quad (3)$$

Средняя площадь сечения среза, снимаемая отдельным зерном,

$$f_3 = \frac{\omega}{l} = \frac{ut}{60vcl} \quad (4)$$

здесь  $l$  — длина дуги контакта зерна с обрабатываемым материалом (теоретическая длина стружки).

Тангенциальная составляющая, действующая на одно зерно,

$$P_{z3} = \sigma_v f_3 = \sigma_v \frac{ut}{60vcl} \quad (5)$$

где  $\sigma_v$  — условное напряжение резания,  $\text{кг/мм}^2$ .

Количество зерен, одновременно участвующих в резании (число зерен, находящихся в данный момент в контакте с изделием), подсчитываем по формуле

$$N_k = Bcl_k \quad (6)$$

где  $l_k$  — длина дуги контакта круга с обрабатываемым материалом.

Так как  $l_k = l$ , то среднее сечение среза, снимаемое этими зернами,

$$f = f_3 N_k = \frac{utB}{60v} \text{ мм}^2 \quad (7)$$

Выражение (7) характеризует мгновенное сечение среза, снимаемого зернами, находящимися в контакте с изделием в данный момент.

Суммарная составляющая силы резания

$$P_z = P_{z3} N_k = \sigma_v f_3 N_k = \sigma_v f = \sigma_v \frac{utB}{60v} \text{ кг} \quad (8)$$

При шлифовании металлов и пластмасс нормальная составляющая  $P_y$  оказывает не менее важное влияние на процесс шлифования, чем тангенциальная  $P_z$ . Проф. Г. Б. Лурье [1] считает, что нагрузка на абразивные зерна и их поведение в процессе шлифования характеризуются не тангенциальной силой, а нормальной. Известно, что срезание стружки происходит под действием тангенциальной силы, однако стружкообразование невозможно осуществить, если к абразивному зерну не приложена нормальная сила, вдавливающая его в обрабатываемую поверхность;  $P_y$  всегда больше  $P_z$ . Величина  $P_y$  может быть определена по формуле

$$P_y = \frac{P_y}{P_z} \sigma_v f \quad (9)$$

но отношение  $\frac{P_y}{P_z}$  не является постоянным, оно меняется с изменением условий обработки (режима шлифования, характеристики инструмента, метода правки и др.). Произведение  $\frac{P_y}{P_z} \sigma_v$  обозначим коэффициентом  $p_n$ , тогда получим

$$P_n = \frac{P_y}{P_z} \sigma_v$$

Коэффициент  $p_n$  назовем условным нормальным давлением. Он представляет отношение нормальной составляющей  $P_{y3}$ , вдавливающей

абразивное зерно в обрабатываемый материал, к площади сечения среза  $f_3$ , снимаемого этим зерном, то есть

$$p_n = \frac{P_{y3}}{f_3}. \quad (10)$$

По аналогии с выведенной зависимостью (8) суммарная составляющая

$$P_y = P_{y3} N_k = p_n f = p_n \frac{utB}{60v} \text{ кг}. \quad (11)$$

Условное напряжение резания  $\sigma_v$  и условное нормальное давление  $p_n$  не являются постоянными величинами, они меняются с изменением всех элементов режима резания (рис. 4). Экспериментально установлено, что при  $v = 8 \div 30 \text{ м/сек}$ ;  $u = 1 \div 20 \text{ м/мин}$ ;  $t = 0,025 \div 1 \text{ мм}$  величины  $\sigma_v$  и  $p_n$  описываются следующими зависимостями:

$$\sigma_v = \frac{\sigma_0}{s_0^\lambda t^\varepsilon} \text{ кг/мм}^2; \quad (12)$$

$$p_n = \frac{p_0}{s_0^{\lambda_1} t^{\varepsilon_1}} \text{ кг/мм}^2. \quad (13)$$

В формулах (12) и (13) введены следующие обозначения:

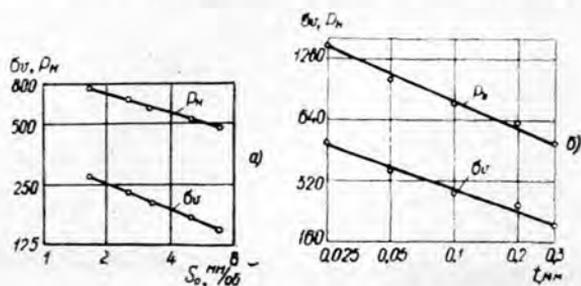
$\sigma_0$  и  $p_0$  — коэффициенты, характеризующие физико-механические свойства обрабатываемого материала;

$s_0$  — подача на один оборот круга, мм/об;

$t$  — глубина шлифования, мм.

Показатели степеней определяют в логарифмических координатах как тангенсы углов наклона прямых  $\sigma_v$  и  $p_n$  к осям абсцисс (рис. 4).

Рис. 4. Зависимость условного напряжения резания  $\sigma_v$  и условного нормального давления  $p_n$  от подачи на один оборот круга —  $a$  и от глубины шлифования (шлифование торцовых поверхностей) —  $b$ .



Средние значения показателей степени, найденные путем обобщения результатов опытов:  $\lambda = 0,4$ ;  $\varepsilon = 0,33$ ;  $\lambda_1 = 0,32$  и  $\varepsilon_1 = 0,4$ . Эти значения сохраняются приблизительно одинаковыми при шлифовании как торцовых, так и боковых поверхностей. Из формул (12) и (13) видно, что при  $s_0 = 1 \text{ мм/об}$  и  $t = 1 \text{ мм}$  коэффициент  $\sigma_0$  численно равен условному напряжению резания, а коэффициент  $p_0$  — условному нормальному давлению. Коэффициенты  $\sigma_0$  и  $p_0$  легко определяют опытным путем. Средние значения коэффициентов при шлифовании торцовых поверхностей:  $\sigma_0 = 159$ ;  $p_0 = 356$ ; при шлифовании боковых поверхностей:  $\sigma_0 = 114$ ;  $p_0 = 255$ .

После подстановки значений  $\sigma_v$  и  $p_n$  в формулы (8) и (11) получаем

$$P_z = \frac{\sigma_0}{s_0^{0,4} \cdot t^{0,33}} f \text{ кг}; \quad (14)$$

$$P_y = \frac{P_0}{s_0^{0,32} t^{0,4}} f \text{ кг} \quad (15)$$

Величину  $f$  определяем по формуле (7), а значения  $\sigma_0$  и  $P_0$  берем из табл. 1 в зависимости от направления шлифования.

Значения  $P_y$  и  $P_z$ , вычисленные по формулам (14) и (15) и измеренные динамометром при шлифовании торцовых поверхностей древеснослоистого пластика, приведены в табл. 1. Из данных этой таблицы видно, что расчетные значения составляющих  $P_y$  и  $P_z$  хорошо совпадают с опытными.

Таблица 1

Режим шлифования			Составляющие силы резания, кг				Погрешность вычисления, %	
$v$ , м/сек	$u$ , м/мин	$t$ , мм	расчетные		опытные		$P_y$	$P_z$
			$P_y$	$P_z$	$P_y$	$P_z$		
30	5	0,1	3,14	1,15	3,2	1,15	1,9	0
30	5	0,3	6,1	2,4	6	2,4	1,8	0
30	20	0,1	8	2,6	8	2,5	0	4
16	10	0,1	7,7	2,52	7,5	2,56	2,7	1,6
8	2,4	0,1	4,7	1,63	4,9	1,8	4	9,4
8	1	0,1	2,6	0,97	2,86	1,18	9,1	11,7

Формулы (14) и (15) справедливы и для других марок древеснослоистых пластиков, а также для шлифовальных кругов различной зернистости. С изменением физико-механических свойств пластиков и зернистости кругов меняются значения коэффициентов  $\sigma_0$  и  $P_0$ , показатели же степеней практически сохраняются постоянными.

Анализ экспериментального материала показал, что для  $v = 8 \div 30$  м/сек,  $u = 1 \div 20$  м/мин и  $t = 0,025 \div 1$  мм средняя погрешность вычисления сил резания по формулам (14) и (15) не превышает 10%. Выведенные формулы можно использовать для расчета сил резания при шлифовании древеснослоистых пластиков.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Г. Б. Лурье. Шлифование металлов. Изд-во «Машиностроение», М., 1969.  
 [2]. В. Г. Любимов. Производительность абразивных кругов при шлифовании древеснослоистого пластика. Реферативный журнал «Фанера и плиты» № 5, ВНИПИЭИЛеспром, М., 1972. [3]. В. Г. Любимов. Исследование шероховатости поверхности при шлифовании древеснослоистого пластика. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1972. [4]. А. И. Яцюк, А. В. Якубовский. Рецептура абразивных кругов для шлифования древесины. Журн. «Лесная, бумажная и деревообрабатывающая промышленность» № 5, Киев, 1969.

Поступила 22 октября 1973 г.

УДК 634.0.34

## АНАТОМИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ЩЕПЕ ПРИ ОТКРЫТОМ КУЧЕВОМ ХРАНЕНИИ

О. Н. МАЛЫШЕВА, В. А. СОЛОВЬЕВ \*

Ленинградская лесотехническая академия

Рассматриваются процессы разрушения технологической щепы грибами в зависимости от давности ее хранения и саморазогревания, а также гистохимические особенности в распределении экстрактивных веществ. Показано, что «умеренная гниль» является основным типом разрушения и ей предшествует разогревание щепы.

Осенью 1972 г. нами была обследована технологическая щепка, хранящаяся в открытых кучах на Соломбальском целлюлозно-бумажном комбинате (г. Архангельск). Кучи щепы формировали с середины мая; отдельные их части имели разную давность хранения. Щепка поступает с соседних деревообрабатывающих предприятий, где используют окоренную древесину после сплава. Чистая (без грибных окрасок) щепка составляет около 95% (по сырому весу), в ней встречается синевая (около 4%) и в малых количествах — кофейная темнина, желтизна, розоватость, продубина. Во время хранения в неразогревающейся щепе значительно возрастает содержание грибных окрасок, особенно синевы, а в разогревающейся щепе цвет древесины постепенно меняется на светло-бурый, бурый или красновато-бурый. Саморазогревание кучи происходит очагами.

Известно, что кучевое хранение щепы приводит к потере экстрактивных веществ и разрушению древесины. Одна из задач, стоявших перед нами при обследовании открытых куч щепы, — гистохимическое исследование превращений экстрактивных веществ, а также выяснение анатомической картины заселения щепы грибами и ее разрушения в зависимости от давности хранения и саморазогревания. При анатомическом исследовании выяснили наличие грибных гиф, повреждений клеточных стенок, а также гистохимические особенности в распределении крахмала, жиров и жирных кислот. Все исследования проводили на поперечном и радиальном срезах по методике У. Дженсена [1] и И. Г. Крапивиной [3]. Объектом наблюдения являлась только еловая щепка (так как она составляет основную массу хранящейся щепы) в следующем состоянии: свеженасыпанная; разогревающаяся; красная (встречающаяся во всей массе щепы); разогревшаяся (хранившаяся около 4 месяцев); щепка давней отсыпки (5—6 лет). Ниже приводим описание исследованной щепы.

Свеженасыпанная щепка — светлая, без окрасок. Грибных повреждений на стенках клеток и гиф грибов не обнаружено. В лучевой паренхиме крахмала нет, нейтральные жиры и жирные кислоты присутствуют в виде овальных и вытянутых капель, причем преобладают нейтральные жиры. Содержащаяся в смоляных ходах смола окрашивается реактивами в яркий рубиновый цвет.

Разогревающаяся щепка по цвету разделена на розовую и светло-бурую. В розовой щепе грибных повреждений и гиф не обнару-

жено. В отдельных паренхимных клетках сердцевинных лучей встречаются небольшие скопления крахмальных зерен. На этой стадии, по-видимому, происходит активное окисление жиров. Содержимое смоляных ходов окрашивается реактивами в синий цвет. В светло-бурой щеле на стенках клеток также не обнаружено грибных повреждений, но в отдельных лучевых паренхимных клетках видны тонкие бесцветные гифы грибов. Крахмал встречается очень редко, присутствуют как жиры, так и жирные кислоты.

В красной щеле не обнаружено повреждений клеточных оболочек и гиф грибов. В лучевой паренхиме крахмальных зерен нет, преобладают жирные кислоты, которые чаще всего занимают всю полость клетки; капли нейтральных жиров встречаются довольно редко. Содержимое смоляного хода окрашивается в синий цвет.

Разогревшаяся щела имеет характерный сладковатый запах. По внешнему виду ее можно разделить на светло-бурую и красновато-бурую. В клетках лучевой паренхимы, а иногда и в полостях отдельных трахеид светло-бурой щелы встречаются узкие и широкие бесцветные гифы, но отверстий от действия гиф на стенках клеток не обнаружено. Переход нейтральных жиров в кислые особенно интенсивен в присутствии грибных гиф. В красновато-бурой щеле грибы развились сильнее, чем в светло-бурой. На радиальном неокрашенном срезе видны бесцветные и окрашенные в желто-бурый цвет тонкие и толстые гифы без пружек. Они заходят в паренхимные клетки лучей, идут в полостях трахеид, проникая из клетки в клетку через окаймленные поры и стенки клеток. На стенках трахеид встречаются небольшие отверстия неправильной формы, образованные гифами грибов. Гистохимический анализ показал полное отсутствие крахмала и жиров. Полости паренхимных клеток пусты или заполнены бурым мелкозернистым веществом, являющимся, по-видимому, продуктом жизнедеятельности грибов.

Щела из старого отвала имеет цвет от шоколадного до темно-бурого и разрушается по типу умеренной, или «плесневой гнили». Анализ одинаковой по внешнему виду щелы из двух разных температурных зон кучи показал, что щела, взятая из зоны с низкой температурой, более разрушена по сравнению со щелой из зоны с высокой температурой. Бурые гифы проникают в клетку, пересекая стенку под прямым углом и при этом сильно утончаясь (рис. 1, а). Вокруг гиф, проникших в центральный слой вторичной оболочки клеточной стенки, образуются полости, хорошо заметные как на окрашенном, так и на неокрашенном срезе. Полости образуют характерные цепочки, идущие вдоль фибриллярной структуры клетки (рис. 1, б, в). В более продвинутой стадии разрушения под воздействием грибов стенки клеток, начиная с внутреннего слоя вплоть до срединной пластинки, утончаются (рис. 1, г). Паренхимные клетки сердцевинных лучей и смоляного хода, а также пленка и торус поры как менее лигнифицированные растворяются ферментами грибов в первую очередь.

В старом отвале обнаружена также щела, разлагающаяся по типу «белой гнили» и встречающаяся в виде одиночных щелок, а чаще — в виде небольших очагов (диаметром 20—30 см). Для такой щелы характерны белые выцветы по светло-бурому или бурому фону, иногда хорошо видна коррозионная структура. Во вторичной оболочке трахеид такой щелы имеются многочисленные отверстия от гиф. Встречаются целые группы клеток, оболочки которых содержат преимущественно целлюлозу, причем делигнификация начинается с внутреннего слоя вторичной оболочки клетки. В первую очередь делигнифицируются оболочки паренхимных клеток сердцевинного луча и смоляного хода. По мере разрушения отдельные отверстия, образованные гифами, сливаются

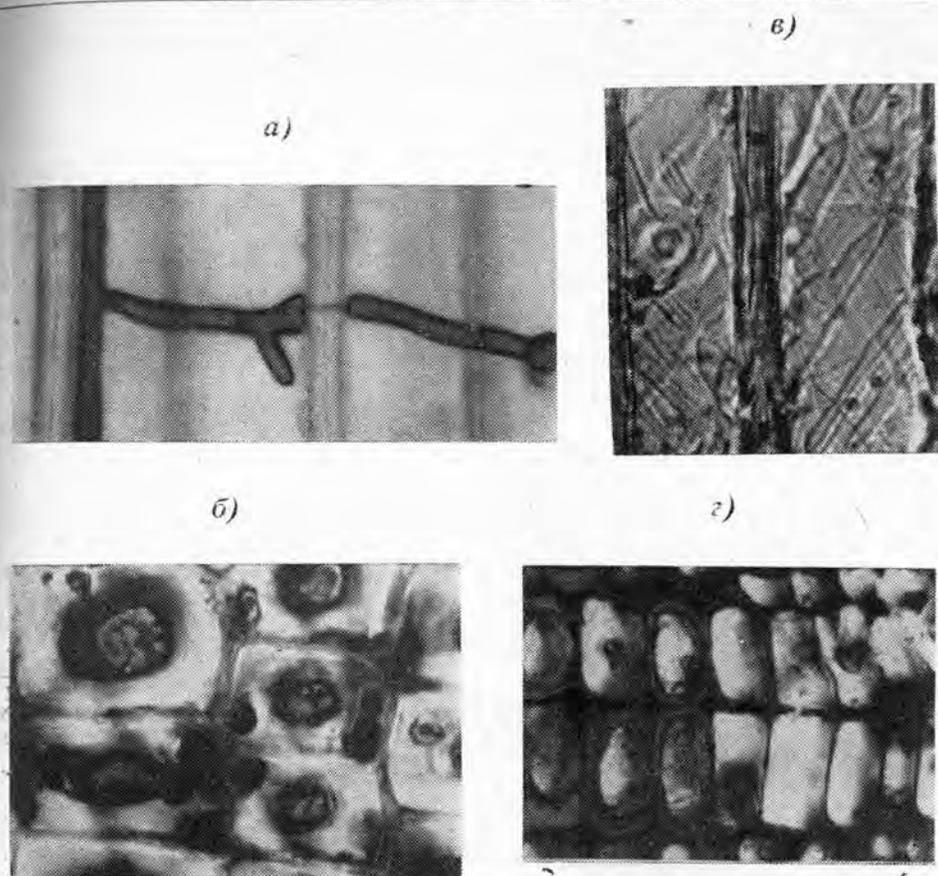


Рис. 1. Разрушение клеточной стенки еловой щепы грибами умеренной гнильи.

а — гифы гриба проникают сквозь стенку трахеиды (увелич. в 300 раз); б и в — полости во вторичной оболочке клеточной стенки (б — поперечный срез, увелич. в 470 раз; в — радиальный срез, увелич. в 470 раз); г — оболочка клеточной стенки разрушена до срединной пластинки (поперечный срез, увелич. в 300 раз).

в больше полости с неправильным зубчатым краем, а затем остаются только отдельные фрагменты клеточных стенок.

Анатомическое исследование технологической щепы, взятой из пунктов, разных по температурным условиям и давности хранения, показало, что пораженность щепы связана, в первую очередь, со сроком складирования. Процесс заселения щепы грибами в открытых кучах в условиях Соломбальского ЦБК можно разделить на четыре стадии.

В начальной (нулевой) стадии свежая щепка не имеет грибов и грибных повреждений клеточной стенки. В лучевой паренхиме преобладают нейтральные жиры. Смола окрашивается нильским синим в рубиновый цвет.

Первая стадия характеризуется интенсивным изменением запасных веществ, происходящим в паренхимных клетках сердцевинных лучей. Крахмал исчезает совсем, а нейтральные жиры начинают интенсивно окисляться. Этот процесс происходит, по-видимому, под воздействием ферментов самой клетки, в присутствии гиф грибов он активизируется. Нильским синим смола окрашивается в синий цвет, что указывает на ее иное качественное состояние. Тонкие бесцветные гифы грибов встречаются довольно редко и только в лучевой паренхиме. Гриб-

ных повреждений на стенках трахеид нет. В этой стадии находится красная и разогревающаяся щепка.

Первые повреждения анатомических элементов (вторая стадия) встречаются только в разогретой щепке. В ней присутствует масса бесцветных и окрашенных в желто-бурый цвет гиф без пружек. Эти гифы образуют на стенках клеток отверстия неправильной формы. Запасные вещества на этой стадии отсутствуют.

Третья стадия поражения щепки характеризуется разложением древесины по типу умеренной гнили. Эта стадия наиболее ярко выражена в щепке давней отсыпки. По мнению ряда авторов, исследовавших разрушение древесины по типу умеренной гнили, разные виды плесневых грибов различаются по степени и характеру воздействия на древесину. В частности, И. Г. Крапивина [2] обнаружила различия в поведении плесневых грибов и грибов синевы; последние она отнесла к возбудителям умеренной гнили. По данным этого автора, плесневые грибы приводят к диффузному изменению всего вторичного слоя клеточной стенки, не вызывая заметного нарушения его структуры; в отличие от грибов синевы некоторые виды плесневых грибов способны разрушать срединную пластинку и торусы пор.

Разрушение технологической щепки по типу умеренной гнили напоминает действие грибов синевы, но имеет и свои особенности. Поселяющиеся при разогревании щепки грибы проникают в центральный слой вторичной оболочки клетки, где в результате растворения пучков целлюлозных фибрилл образуются полости. По мере разложения древесины полости увеличиваются в размере, вторичная оболочка разрушается полностью, в результате остается только сильно лигнифицированная срединная пластинка. Пленка и торус поры растворяются вплоть до ободка.

Наряду с умеренной гнилью иногда малыми очагами в кучах щепки (старого отвала) встречается белая гниль, характерная, по-видимому, для щепки, не прошедшей стадию предварительного разогревания.

Таким образом, грибы начинают развиваться в щепке постепенно и в первое время не оказывают серьезного влияния на ее качество и на начальные процессы разогревания. Умеренная гниль — основной тип разрушения технологической щепки, и появлению этой гнили предшествует разогревание щепки.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. У. Дженсен. Ботаническая гистохимия. Изд-во «Мир», М., 1965. [2]. И. Г. Крапивина. К вопросу об изменениях в древесине, вызываемых плесневыми грибами. Вестник Московского университета, сер. VI, № 5, 1962. [3]. И. Г. Крапивина. Применение некоторых красителей и реактивов при анатомических исследованиях пораженной древесины. Научные труды ЦНИИМОДа, вып. 21, Архангельск, 1967.

Поступила 14 мая 1973 г.

## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 674.815-41

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СМОЛЫ С ДРЕВЕСИНОЙ  
В УСЛОВИЯХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

И. А. ГАМОВА, А. А. ЭЛЬБЕРТ, Е. В. ВИКТОРОВА

Ленинградская лесотехническая академия

Путем количественного определения формальдегида, входящего в различные группировки, показано, что при увеличении температуры прессования плит имеет место углубление взаимодействия между связующим и древесиной. Показано, что создание условий для более полного взаимодействия между смолой и компонентами древесины — один из путей улучшения физико-механических показателей древесностружечных плит.

Ранее [4] было изучено взаимодействие карбамидной смолы и древесины в условиях изготовления древесностружечных плит путем исследования основных компонентов древесного комплекса. Мы считаем, что в этом случае при довольно жестких обработках материала возможно разрушение образовавшихся связей между смолой и древесиной. Кроме того, установлено, что при выделении лигнина на его молекулах осаждается некоторое количество гемицеллюлоз [6].

Цель настоящей работы — выяснение влияния условий изготовления древесностружечных плит на взаимодействие между смолой и компонентами древесины. Была сделана попытка количественно оценить образующиеся химические связи. Оценка взаимодействия смолы с древесиной путем идентификации функциональных групп связей с помощью ИК-спектроскопии оказалась весьма сложной задачей из-за наличия широких полос поглощения амидных групп, перекрывающих полосы других группировок [2].

Мы применили методику, заключающуюся в химическом определении формальдегида, входящего в ту или иную группу. С этой целью анализируемые образцы (опилки, полученные из древесностружечных плит и прошедшие через сито с диаметром отверстий 1 мм) подвергали соответствующим гидролитическим обработкам, отщепляющим формальдегид с последующим его количественным определением. Вычисляли общее содержание формальдегида в образцах путем их обработки 45%-ной  $H_3PO_4$  и отгонки с паром [1].

Исследователи считают, что полимер диметилормочевины при обработке 0,1 н. HCl при определенных условиях полностью гидролизует [3], [9]. При этом обнаружено, что в аппретированных карбамидными смолами хлопчатобумажных тканях связи, образовавшиеся между полимером и целлюлозой, не разрушаются [8]. Чтобы определить количество химических групп, образовавшихся в результате взаимодействия метилольных групп связующего и гидроксильных групп компонентов древесины, достаточно из общего количества выделяющегося из материала формальдегида вычесть то его количество, которое выделяется при разрушении отвержденного связующего (гидролиз 0,1 н. HCl). Мета и Моди рекомендуют определять формальдегид,

присутствующий в виде метиленовых мостиков, гидролизом образца 12 н.  $H_2SO_4$  [7].

Для определения взаимодействия смолы и древесины мы отбирали образцы опилок из поверхностных (до глубины 2—3 мм) и внутренних слоев древесностружечных плит. Изготавливали плиты толщиной 19 мм с содержанием связующего 10 и 15% от веса абс. сухой древесины при различных температурах (от 105 до 180°C) и продолжительности прессования 10 мин. Анализировали также плиты, отпрессованные по тем же режимам, но без добавления в композицию связующего, чтобы сделать поправку на количество формальдегида, выделяющегося из древесины.

Чтобы правильно оценить влияние условий изготовления плит на образование химической связи смолы с древесиной, анализу подвергали образцы отвержденной смолы и древесностружечной плиты. Высушенные до постоянного веса в вакууме образцы смолы с добавлением 1% отвердителя  $NH_4Cl$  (в количестве 1%) подвергали термообработкам при температурах 105—210°C в течение 10 мин. Выбор этого интервала температур обусловлен тем, что при 140—180°C производят прессование плит, а до температуры, равной 105°C, нагревается середина плиты при прессовании.

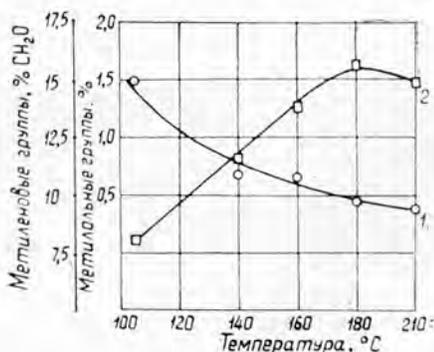


Рис. 1. Изменение функциональных групп смолы в зависимости от температуры обработки.

1 — метилольные группы; 2 — метиленовые группы.

Известно, что при 105°C отверждение смолы происходит неполностью, это отрицательно сказывается на конечных свойствах материала [5]. Анализ образцов смолы после термообработки показал (рис. 1), что с увеличением температуры обработки степень отверждения смолы углубляется: свободного формальдегида нет ни в одном из образцов, количество метилольных групп уменьшается, а количество метиленовых связей возрастает, причем рост последних происходит до определенного предела (180°C), после чего они, вероятно, разрушаются.

Высушенная под вакуумом при 20°C смола содержит 0,425% свободного формальдегида, 2,34% метилольных групп и 5,16% метиленовых групп. Максимальная степень отверждения изолированной от древесины смолы при анализируемых условиях наблюдается при температуре 180°C.

Данные о количестве формальдегида, выделяющегося из древесностружечных плит при обработке 12 н.  $H_2SO_4$  (табл. 1), показали, что образование метиленовых групп в смоле зависит от теплового воздействия на плиту, а присутствие древесины несколько смещает их максимальное содержание.

Данные о количестве формальдегида, выделяющегося из плиты без связующего и со связующим (15%), и результаты расчетов на их основе приведены в табл. 2. Полученные показатели свидетельствуют

Таблица 1

Образец для анализа	Температура прессования, °С	Количество выделившегося формальдегида, % к весу сухой композиции		
		из плиты без связующего	при содержании связующего в плитах, %	
			10	15
С поверхности плиты	105	0,22	<u>0,79</u>	<u>1,82</u>
			<u>0,57</u>	<u>1,60</u>
	140	0,28	<u>1,02</u>	<u>2,01</u>
			<u>0,74</u>	<u>1,73</u>
160	0,27	<u>1,81</u>	<u>2,34</u>	
		<u>1,54</u>	<u>2,07</u>	
Из середины плиты	180	0,26	<u>1,55</u>	<u>2,29</u>
			<u>1,29</u>	<u>2,04</u>
	105	2,75	<u>3,05</u>	<u>3,24</u>
			<u>0,30</u>	<u>0,49</u>
140	2,86	<u>3,42</u>	<u>3,86</u>	
		<u>0,56</u>	<u>1,00</u>	
160	2,76	<u>4,16</u>	<u>4,52</u>	
		<u>1,40</u>	<u>1,76</u>	
180	2,78	<u>3,94</u>	<u>4,00</u>	
		<u>1,16</u>	<u>1,22</u>	

Примечание. В числителе данные для плиты; в знаменателе — для смолы.

Таблица 2

Образец для анализа	Температура прессования, °С	Количество выделившегося формальдегида, % к весу сухой композиции		
		из плиты со связующим	из плиты без связующего	смолой
С поверхности плиты	105	<u>8,10</u>	<u>2,92</u>	<u>5,18</u>
		<u>5,03</u>	<u>0,83</u>	<u>4,80</u>
	140	<u>9,93</u>	<u>4,54</u>	<u>5,39</u>
		<u>5,48</u>	<u>1,04</u>	<u>4,44</u>
160	11,40	<u>5,12</u>	<u>6,28</u>	
		<u>5,19</u>	<u>4,07</u>	
180	9,97	<u>3,98</u>	<u>5,99</u>	
		<u>5,86</u>	<u>4,33</u>	
Из середины плиты	105	<u>8,60</u>	<u>3,33</u>	<u>5,27</u>
		<u>5,83</u>	<u>0,67</u>	<u>5,16</u>
	140	<u>8,43</u>	<u>3,32</u>	<u>5,11</u>
		<u>5,48</u>	<u>0,99</u>	<u>4,49</u>
160	8,65	<u>3,35</u>	<u>5,30</u>	
		<u>5,63</u>	<u>4,55</u>	
180	8,45	<u>3,30</u>	<u>5,15</u>	
		<u>5,95</u>	<u>4,58</u>	

Примечание. В числителе данные при обработке плит 45%-ной  $H_3PO_4$ ; в знаменателе — при обработке 0,1 н. HCl.

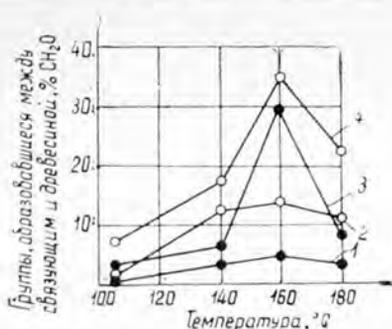


Рис. 2.

1 и 3 — содержание связующего 10%; 2 и 4 — содержание связующего 15%; 1 и 2 — середина плиты; 3 и 4 — поверхность плиты.

о том, что значительное количество формальдегида, введенного в плиты со связующим, находится в отвержденном полимере диметилгломочевины.

На рис. 2 показано изменение количества групп, образовавшихся в результате взаимодействия гидроксидов древесины и метилольных групп смолы и выраженных через концентрацию формальдегида, в зависимости от места отбора пробы и количества введенного связующего. (Полученные данные отнесены к общему количеству формальдегида, находящегося в отвержденном связующем). Из этого рисунка видно, что с повышением температуры прессования и количества связующего углубляется взаимодействие между карбамидной смолой и древесиной, причем максимум соответствует температуре прессования 160°C. При этом отвержденная смола имеет наибольшее содержание метиленовых связей, свидетельствующих о глубине отверждения. Образец, отобранный с поверхности плиты, по сравнению с образцом из середины плиты содержит большее количество групп, определяющих связи связующего и наполнителя. Снижение количества этих групп при температуре выше 160° можно объяснить воздействием водяных паров и газообразных продуктов разложения древесины при прессовании.

Таблица 3

Физико-механические показатели плит	Числовые значения показателей при температуре прессования, °C		
	140	160	180
Объемный вес, $г/см^3$	0,71	0,73	0,73
Предел прочности при статическом изгибе, $кгс/см^2$	303,5	423,5	348,3
Предел прочности при растяжении перпендикулярно поверхности, $кгс/см^2$	4,64	9,71	6,86
Водопоглощение, %	58,03	21,15	24,50
Разбухание, %	20,55	7,53	7,96

Физико-механические испытания древесностружечных плит (толщина 19 мм, содержание связующего 15%) при продолжительности прессования 10 мин (табл. 3) показали, что лучшие данные имеют плиты, полученные при температуре 160°C. В наших опытах оптимальное время прессования соответствовало также температуре 160° (около 0,55 мин на 1 мм толщины готовой плиты). Это говорит о том, что

наравне с отверждением полимера имеет значение взаимодействие смолы и древесины.

Создание условий для более полного взаимодействия между смолой и компонентами древесины — один из путей улучшения физико-механических показателей древесностружечных плит.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Т. Н. Калинина, Л. С. Кастерина. Химические методы исследования синтетических смол и пластических масс. Госхимиздат, М., 1963. [2]. К. Накасини. Инфракрасные спектры и строение органических соединений. Изд-во «Мир», М., 1965. [3]. Е. А. Осмилин, Б. А. Мельников. Труды Ивановского химико-технологического института, 1969. [4]. Г. Ф. Потуткин, Г. Л. Дранишников. ИВУЗ. «Лесной журнал» № 1, 1971. [5]. А. А. Эльберт, Н. С. Тиме, З. В. Царева. Фанера и плиты. ВНИИПИЭИлеспрома, № 2, 1972. [6]. H. Augustin. Holz forschung, 24, № 4, 1970, 125—128. [7]. P. C. Mehta, J. R. Mody. Textile research journal, 30, 1960, 582. [8]. J. C. Morath, J. T. Woods. Analit. chem., 30, 1958, 14371. [9]. R. Steele. Textile research journal, 25, 1955, 545.

Поступила 4 октября 1973 г

УДК 634.0.824.86

### ПРОЧНОСТЬ СКЛЕИВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ РАЗНЫХ ПОРОД В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАСХОДА СВЯЗУЮЩЕГО И ДАВЛЕНИЯ ПРИ СКЛЕИВАНИИ

В. П. ЖУКОВ

Воронежский лесотехнический институт

Показано, что склеивание древесных частиц разных пород при малом расходе связующего, различно. Повышение расхода связующего приводит к увеличению прочности склеивания в одинаковой степени для всех изучаемых пород. Однако это повышение относительно незначительно. Давление при склеивании в большей степени влияет на прочность склеивания, чем расход связующего, особенно в диапазоне 2—20 кг/см<sup>2</sup>; при этом прочность повышается в три раза и более.

Физико-механические свойства древесностружечных плит в значительной степени определяются прочностью клеевых соединений древесных частиц, образующих эти плиты. Прочность этих соединений зависит от целого ряда факторов и в том числе от способности к склеиванию древесины различных пород, от расхода связующего и давления при склеивании.

Вопросы о способности к склеиванию древесины различных пород, а также о влиянии давления и расхода связующего на прочность склеивания в значительной степени изучены. Однако, в основном, это относится к склеиванию массивной древесины и в меньшей степени к слоистой при различных условиях склеивания как по режимам, так и, в особенности, по расходу связующего. Поэтому имеющиеся данные не могут быть использованы в качестве теоретических предпосылок при разработке технологии производства плит.

Прочность склеивания мы определяли по прочности на сдвиг соединения строганого шпона, склеенного внахлестку; толщина шпона 1 мм, ширина 20 мм, длина нахлестки 10 мм. Склеивание производили при температуре плит пресса 160° и оптимальной продолжительности выдержки 80—100 сек, соответствующей максимальной прочности клеевого соединения; последняя зависит от породы древесины, что было установлено экспериментально. В качестве рабочего раствора свя-

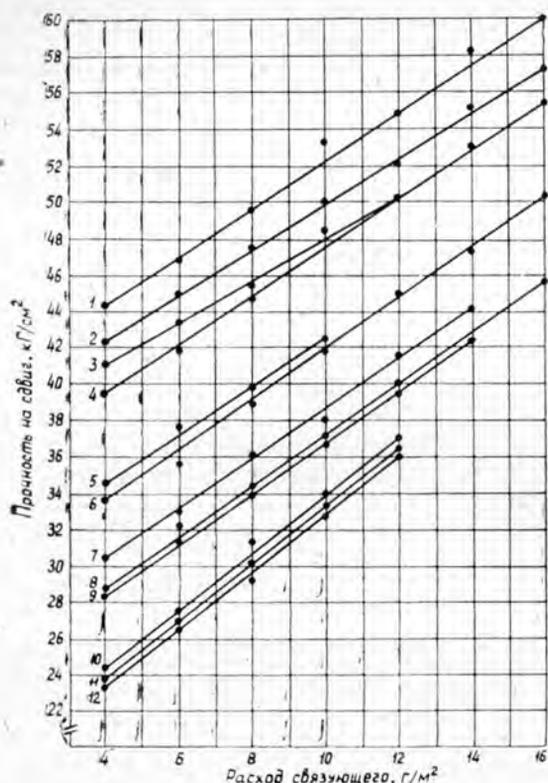


Рис. 1. Прочность клеевых соединений в зависимости от расхода связующего при склеивании древесины.

1 — граба; 2 — бука; 3 — ливенницы; 4 — березы; 5 — сосны (ядро); 6 — ольхи; 7 — ели; 8 — осины; 9 — сосны (заболонь); 10 — липы; 11 — пихты кавказской; 12 — пихты сибирской.

зующего использовали смолу УКС 50%-ной концентрации с временем отверждения 1 мин. Отвердитель — хлористый аммоний. Разрушение образцов производили после акклиматизации при влажности  $8 \pm 0,5\%$ .

Для оценки влияния расхода связующего на прочность клеевых соединений нами были проведены исследования при расходе 4—16 г/м<sup>2</sup> склеиваемой поверхности и давлении 20 кг/см<sup>2</sup>. Этот расход связующего принят при производстве древесностружечных плит. Результаты приведены на рис. 1.

Из рисунка видно, что самой высокой способностью к склеиванию обладает древесина граба, а самой низкой — пихты. При расходе связующего 6 г/м<sup>2</sup> прочность склеивания древесины пихты составляет всего 55% от прочности склеивания древесины граба. С увеличением расхода связующего в исследуемых пределах прочность клеевых соединений возрастает линейно и в одинаковой степени для всех изучаемых пород. При этом с увеличением расхода связующего от 4 до 16 г/м<sup>2</sup> прочность повышается для всех пород почти на одну и ту же величину, а именно, на 15,8—16,4 кг/см<sup>2</sup> и практически не зависит от различной способности к склеиванию древесины этих пород. Так, для древесины граба прочность склеивания возрастает на 15,8 кг/см<sup>2</sup>, а для древесины осины, имеющей более низкую способность к склеиванию, увеличивается на 16,4 кг/см<sup>2</sup>. При относительной оценке нарастания прочности клеевых соединений интенсивность ее увеличивается с уменьшением абсолютного значения способности к склеиванию. Так, при повышении расхода связующего от 4 до 16 г/м<sup>2</sup> прочность клеевого соединения древесины граба увеличивается на 36%, а древесины осины — на 56%. Однако для достижения равнопрочных клеевых сое-

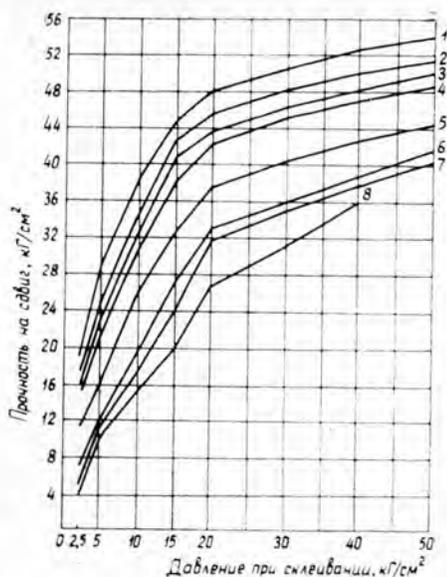


Рис. 2. Прочность клеевых соединений в зависимости от давления при склеивании древесины.

1 — граба; 2 — бука; 3 — лиственницы; 4 — березы; 5 — ольхи; 6 — ели; 7 — сосны (заболонь); 8 — липы.

динений из древесины осины и граба расход связующего для древесины осины должен быть в четыре раза выше, чем для древесины граба.

Полученные результаты дают возможность в какой-то мере по-новому оценить степень пригодности и экономической эффективности использования древесных пород в производстве древесностружечных плит.

Результаты исследований, проведенных нами ранее [1], говорят о наличии связи между способностью древесины различных пород к склеиванию, точнее, между прочностью клеевых соединений и прочностью древесностружечных плит, изготовленных из древесины этих пород. Было показано, в частности, что отношение прочностей древесностружечных плит на изгиб, изготовленных из березы и пихты, составляет 1,5 : 1,0 при одинаковом уплотнении и расходе связующего на единицу поверхности стружек. По данным настоящих исследований, при таком же расходе связующего отношение прочностей клеевых соединений древесины этих же пород составляет 1,4 : 1,0.

Учитывая, что давление меняется в процессе выдержки плит в прессе, нами были проведены исследования нескольких пород древесины для выяснения влияния давления при склеивании на прочность клеевых соединений при малом расходе связующего. Результаты приведены на рис. 2, из которого следует, что с увеличением давления прочность клеевых соединений возрастает в значительной степени почти с одинаковой интенсивностью при склеивании всех исследуемых пород. Так, при повышении давления от 2,5 до 50  $\text{кг/см}^2$  прочность клеевых соединений граба возросла на 35,1  $\text{кг/см}^2$ , березы — на 33,3  $\text{кг/см}^2$ , ольхи — на 33,7  $\text{кг/см}^2$  и т. д.

При относительной оценке повышения прочности, в зависимости от увеличения давления, интенсивность ее возрастает с уменьшением начальной прочности клеевых соединений, так же, как и при повышении прочности в связи с увеличением расхода связующего. С увеличением давления от 2,5 до 50  $\text{кг/см}^2$  прочность клеевых соединений древесины граба возрастает в 2,8 раза, березы — в 3,2 раза, ольхи — в 3,8 раза. При этом зависимость нарастания прочности от давления склеивания не имеет линейного характера. Наиболее интенсивно проч-

ность нарастает при повышении давления до  $20 \text{ кг/см}^2$ . Так, в случае склеивания древесины граба при повышении давления с 2,5 до  $20 \text{ кг/см}^2$  прочность возрастает в 2,5 раза, а при дальнейшем увеличении давления с 20 до  $50 \text{ кг/см}^2$  прочность возрастает в 1,17 раза. Для ольхи повышение давления при склеивании с 2,5 до  $20 \text{ кг/см}^2$  приводит к увеличению прочности клеевых соединений в 3,1 раза. Дальнейшее повышение давления с 20 до  $50 \text{ кг/см}^2$  приводит к росту прочности в 1,2 раза.

Из приведенных данных видно, что давление, при котором происходит склеивание в случае малого расхода связующего сильно влияет на прочность получаемых клеевых соединений. Это необходимо учитывать при разработке технологии прессования древесностружечных плит.

В частности, известно, что одно из слабых мест конструктивных древесностружечных плит плоского прессования, изготавливаемых в настоящее время промышленностью, — низкая прочность на разрыв перпендикулярно пласти плиты, определяемая прочностью клеевых соединений древесных частиц в центре плиты (а также то, что величины прочности клеевых соединений на отрыв и сдвиг обуславливают друг друга). Отсюда можно сделать вывод, что принятая технология прессования древесностружечных плит [2], при которой склеивание стружек в центре плиты происходит при низком давлении, не может обеспечить изготовление плит с высокими показателями прочности на разрыв перпендикулярно пласти плиты без значительного повышения их плотности или увеличения количества связующего, наносимого на поверхность стружек внутреннего слоя.

С учетом результатов настоящих исследований, прочность плит можно повысить, увеличивая давление при склеивании стружек в центре пакета без увеличения плотности плиты, за счет ускоренного и одновременного отверждения связующего по толщине плиты; последнее может быть достигнуто при склеивании плит с нагревом в поле токов высокой частоты с применением быстро твердеющего связующего.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. П. Жуков, Н. А. Михайлов. Повышение прочности на растяжение перпендикулярно плоскости древесностружечной плиты. Экспресс-информация «Фанера и плиты», вып. 4, ЦНИИТЭИлеспром, М., 1967. [2]. В. П. Жуков, В. С. Мурзин. Мягколиственная древесина как сырье для производства древесностружечных плит. «Механическая обработка», вып. 7, ЦНИИТЭИлеспром, М., 1968.

Поступила 10 августа 1973 г.

УДК 547.914

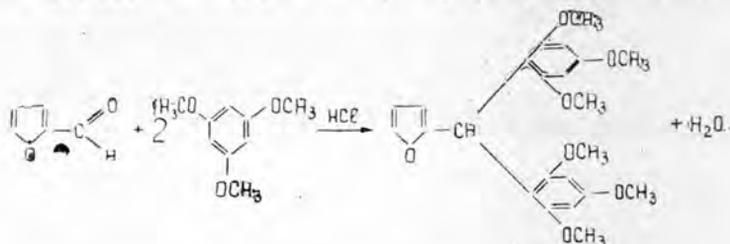
## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБРАЗОВАНИЯ СМОЛ НА ОСНОВЕ ФУРФУРОЛА И ТРЕХАТОМНЫХ ФЕНОЛОВ

И. М. БОХОВКИН, Б. К. СЕМЕНОВ

Архангельский лесотехнический институт

Приведены результаты исследования ИК-спектров смол, полученных конденсацией фурфурола с оксигидрохиноном и флороглюцином при различных температурах и разном времени в области частот  $700-1800 \text{ см}^{-1}$  и  $3000-3800 \text{ см}^{-1}$ . Установлено наличие водородной связи в процессе смолообразования.

В связи с применением в качестве клеев смол на основе фурфурола и трехатомных фенолов [2] интересно было изучить химизм взаимодействия фурфурола с трехатомными фенолами. Некоторые авторы [3] полагают, что при реакции фурфурола с триметилловым эфиром флороглюцина на холоду в присутствии разбавленной соляной кислоты образуется промежуточный продукт конденсации, состоящий из одной молекулы фурфурола и двух молекул эфира флороглюцина,



Однако данные о конечных продуктах не приведены.

При исследовании диаграмм плавкости бинарных систем фурфурола с оксигидрохиноном и фурфурола с флороглюцином нами было установлено [1], что в области, близкой к эквимолекулярному составу, без катализаторов идет процесс смолообразования. При этом выделяется вода, что свидетельствует о наличии конденсации. (Воду определяли методом Дина — Старка). При конденсации фурфурола с оксигидрохиноном получают термопластичные смолы, а при конденсации фурфурола с флороглюцином — термореактивные. Смолы на основе оксигидрохинона хорошо растворяются во многих растворителях (в воде, спирте, диоксане, в растворах кислот и щелочей), а смолы на основе флороглюцина — не растворяются в этих растворителях.

### Экспериментальная часть

Нами были записаны на спектрофотометре UR-20 ИК-спектры продуктов конденсации фурфурола с оксигидрохиноном и флороглюцином в суспензии твердого вещества в вазелиновом масле и в виде запрессовок в таблетках КВг. Для сравнения были сняты спектры флороглюцина, оксигидрохинона и фурфурола. Из-за идентичности спектров, полученных при снятии образцов в вазелиновом масле и в таблетках КВг, мы приводим спектры запрессовок в таблетках КВг (рис. 1—3). Смолы получали при различных температурах и разном времени выдержки.

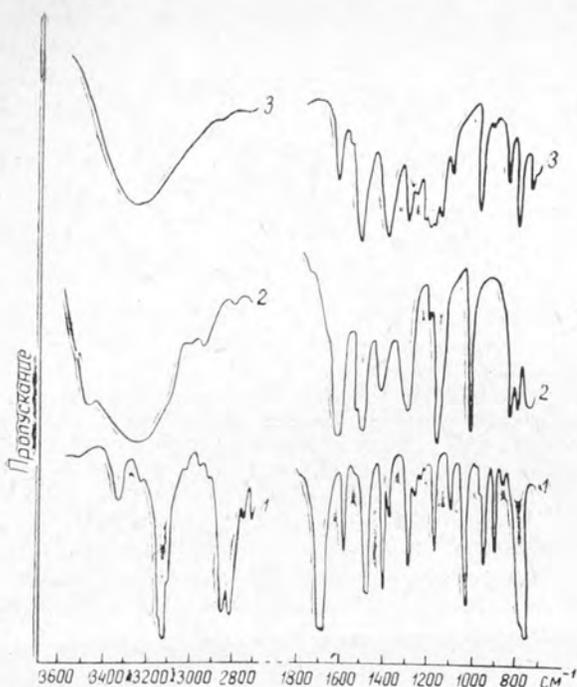
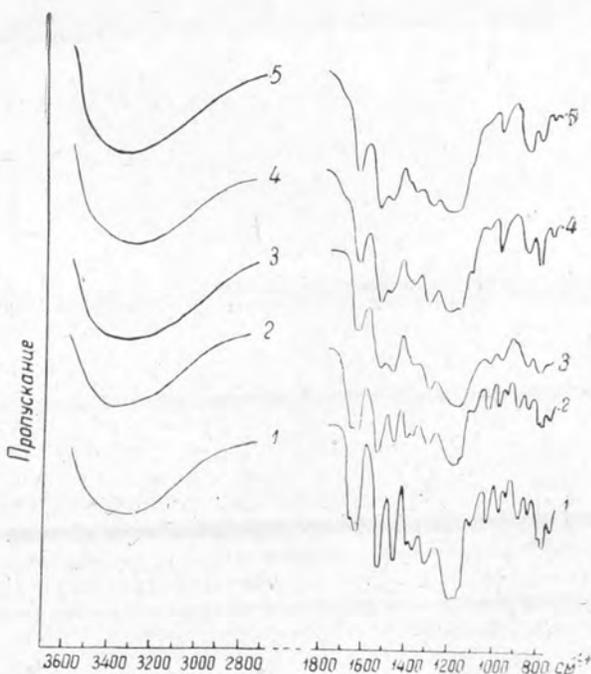


Рис. 1. ИК-спектры.

1 — фурфурол (жидкая фаза);  
 2 — флороглюцин (твердая фаза,  
 в КВг); 3 — оксигидрохинон твер-  
 дая фаза, в КВг).

Рис. 2. ИК-спектры смол на  
 основе фурфуrolа и оксигидро-  
 хинона, полученных при раз-  
 личиных температурах и разном  
 времени выдержки.

1 — 100°C, 1 час; 2 — 100°C,  
 2 часа; 3 — 100°C, 10 час; 4 —  
 150°C, 1 час; 5 — 150°C, 10 час.



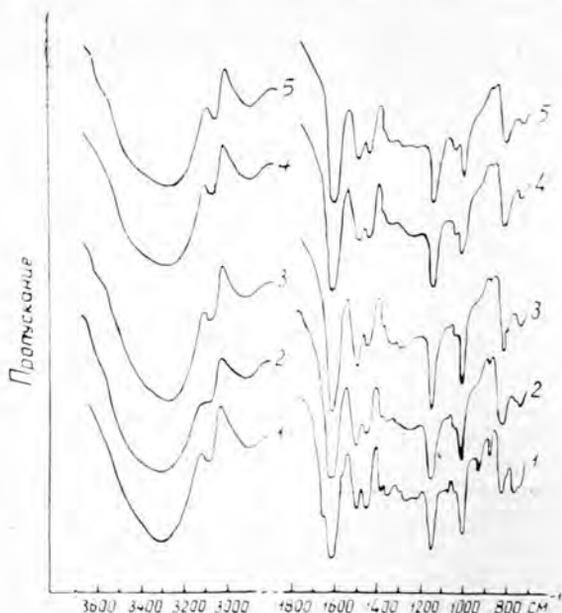


Рис. 3. ИК-спектры смол на основе фурфурола и флороглюцина, полученных при различных температурах и разном времени выдержки.

1 — 20°C, 24 час; 2 — 100°C, 1 час; 3 — 100°C, 10 час;  
4 — 150°C, 1 час; 5 — 150°C, 10 час.

Исходные вещества брали марки х.ч.; перед исследованием их дополнительно очищали. Фурфурол дважды перегоняли с дефлегматором в вакууме при  $T_{пл} = -36,5^\circ$ . Оксигидрохинон получали синтезом из хинона [4]. После двукратной кристаллизации из эфира  $T_{пл}$  оксигидрохинона равнялась  $140,5^\circ$ , для флороглюцина  $T_{пл} = 219^\circ$ .

### Обсуждение результатов

Анализ спектров смол, полученных на основе фурфурола и оксигидрохинона, показал, что в области  $1600-1700\text{ см}^{-1}$ , где находится полоса валентных колебаний  $C=O$  фурфурола, происходит изменение спектров (рис. 2). В спектрах смол, полученных при  $100^\circ\text{C}$  и времени выдержки при этой температуре в течение 1 и 2 час, наблюдается полоса валентных колебаний  $C=O$  фурфурола, смещенная в сторону меньших частот до  $1655\text{ см}^{-1}$ . Смещение в сторону меньших частот составляет  $20\text{ см}^{-1}$ , что свидетельствует об ослаблении этой связи и ее участии в образовании водородной связи комплексов. Причем у смолы, полученной при  $100^\circ\text{C}$  и времени выдержки 2 часа, интенсивность этой полосы меньше. В остальных смолах, полученных при более жестких условиях, полоса валентных колебаний  $C=O$  фурфурола не проявляется. Следовательно, взаимодействие между фурфуролом и оксигидрохиноном в начальный период идет с участием водородной связи, что и способствует дальнейшему процессу конденсации.

Представляло интерес проследить за поведением фуранового ядра. Фуран в области основных валентных и деформационных колебаний имеет девять полос:  $747, 870, 991, 1064, 1173, 1388, 1490, 1588, 3109\text{ см}^{-1}$ . Эти полосы, характеризующие поглощение фуранового ядра, явно проявляются в спектрах других его производных, включая и фурфурол [5]. По нашим данным и данным других авторов [5], [10], для

фурфурола полосы имеют соответственно следующие частоты: 756, 883, 1018, 1081, 1159, 1392, 1467—1475 (дублет), 1570, 3135  $\text{см}^{-1}$ .

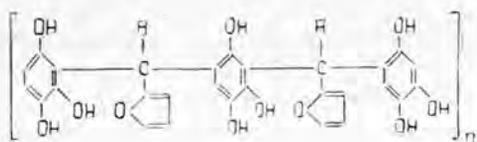
Из рис. 2 видно, что полосы, соответствующие деформационным колебаниям фуранового кольца с частотами 883 и 1081 [5], хорошо проявляются в смолах, полученных при 100°C и времени выдержки 1 и 2 часа, а в остальных смолах полосы проявляются менее отчетливо. Дублетная полоса при 1467—1475  $\text{см}^{-1}$ , соответствующая характеристическим колебаниям фуранового кольца, наблюдается во всех смолах. Полоса при 1570  $\text{см}^{-1}$  проявляется для смол, полученных при 100°C и времени выдержки 1 и 2 часа, а для смол, полученных в более жестких условиях, она не проявляется. Пик поглощения —С—О—С—связи при 1018  $\text{см}^{-1}$  [6], [7], [8] проявляется во всех смолах. За изменением полосы при 756 и 1159  $\text{см}^{-1}$  проследить не удалось из-за перекрывания ее полосами оксигидрохинона.

В области 3100—3600  $\text{см}^{-1}$  в смолах хорошо проявляется полоса валентных колебаний О—Н связи оксигидрохинона, несколько смещенная в сторону больших частот по сравнению с оксигидрохиноном.

Сопоставление ИК-спектров смол, полученных на основе фурфурола и флороглюцина (рис. 3), показывает, что лишь в спектре смолы, полученной при температуре 20°C, наблюдается полоса валентных колебаний С=О фурфурола, смещенная в сторону меньших частот до 1660  $\text{см}^{-1}$ . Смещение в сторону меньших частот составляет 15  $\text{см}^{-1}$ . В остальных смолах полоса валентных колебаний С=О фурфурола не проявляется. Полосы, соответствующие деформационным колебаниям фуранового кольца 883, 1081, 1392  $\text{см}^{-1}$ , проявляются во всех смолах, но в спектрах смол (особенно при температуре 150°C и времени выдержки 10 час) полосы выражены слабо. Дублетная полоса с частотами 1467—1475  $\text{см}^{-1}$  проявляется во всех смолах, но в отличие от смол на основе оксигидрохинона она смещена в сторону меньших частот 1450—1460  $\text{см}^{-1}$ .

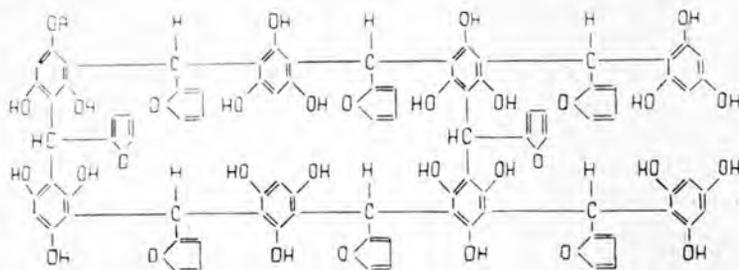
Полоса при 1570  $\text{см}^{-1}$  проявляется только у смолы, полученной при температуре 20°C. Следует отметить появление в спектрах смол новой полосы при 1045  $\text{см}^{-1}$ . В смоле, полученной при 20°C, она проявляется в виде плеча, а в смолах, полученных при более жестких условиях, эта полоса проявляется отчетливо. В области 3100—3600  $\text{см}^{-1}$  во всех смолах хорошо проявляется полоса валентных колебаний О—Н связей флороглюцина, несколько смещенная в сторону больших частот.

Таким образом, нами установлено, что при взаимодействии фурфурола с оксигидрохиноном и флороглюцином в начальном периоде процесса образуется межмолекулярная водородная связь между фурфуролом и трехатомными фенолами по схеме С=О...Н—О, вследствие чего связь между кислородом и углеродом в С=О группе фурфурола ослабляется и способствует процессу конденсации. Процесс конденсации фурфурола с оксигидрохиноном идет, по-видимому, по следующей схеме [3]:



с образованием растворимых смол.

Процесс конденсации фурфурола с флороглюцином идет по схеме [9]



при этом образуются неплавкие и нерастворимые смолы. Изменения в спектрах смол на основе фурфурола и флороглюцина в области колебаний фуранового кольца позволяют предположить возможность некоторого участия фуранового кольца в шивке макромолекул.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. И. М. Боховкин, Б. К. Семенов. О взаимодействии фурфурола с трехатомными фенолами. Сборник трудов АЛТИ, XXV, Архангельск, 1971. [2]. И. М. Боховкин, Б. К. Семенов. Авторское свидетельство СССР № 336180, «Бюллетень изобретений» № 8, 1972, [3]. А. А. Пономарев. Синтезы и реакции фурановых веществ. Изд. Саратовского университета, 1960. [4]. Препаративная органическая химия. Изд-во «Химия», М., 1964, 587. [5]. Ю. И. Холькин, Л. С. Соловьев, А. В. Финкельштейн, Ю. С. Пилипчук. Спектроскопия, Изд-во «Наука», 1964, 126. [6]. Я. А. Эйбус, К. К. Венгер, И. В. Зуйка. ХГС, 1967, 402. [7]. Я. А. Эйбус, Д. О. Лоля, К. К. Венгер, А. К. Гринвальде. Известия АН Латвийской ССР, № 2, 1970, 18. [8]. A. H. I. Cross, S. G. Stevens, T. H. E. Wats. J. Appl. Chem., 7, 10, 562, 1956. [9]. A. Norton. Ind. Eng. Chem., 40, 2362, 1948. [10]. Wataru Suetaka. Gazzetta Chimica Ital, 86, 783, 1956.

Поступила 12 ноября 1973 г.

УДК 676.1.023.7

## ЭЛЕКТРОКИНЕТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРОКЛЕЕННОЙ БУМАЖНОЙ МАССЫ

В. А. ВОЛКОВ, В. И. ЮРЬЕВ

Ленинградская лесотехническая академия

Исследовано влияние присутствия кальциевых и магниевых форм клевого осадка на изменение электрокинетического потенциала комплекса волокно — клеевой осадок. Изучено влияние на величину  $\beta$ -потенциала состава равновесного раствора, вида клея, исходной катионной формы клевого осадка, концентрации катионов алюминия в системе. Показано, что при постоянном составе комплекса волокно — клеевой осадок параметры двойного электрического слоя зависят от вида равновесного раствора.

В процессах проклейки бумаги канифольным клеем большое значение имеют силы электростатического взаимодействия между частицами клея и поверхностью волокна [2], [5]. Благодаря введению электролитов в систему происходит снижение отрицательного заряда, а иногда и перезарядка поверхности клеевых частиц и, параллельно, некоторое уменьшение электроотрицательности поверхности волокна.

Величина энергетического барьера в конечном счете может определять направление коагуляционных процессов (в системе волокно — клеевой осадок), приводящих к более или менее значительному агрегированию клеевых частиц, что нежелательно для проклейки.

Величина и характер двойного электрического слоя определяются ионами, находящимися на поверхности раствора и в ближайшем к ней слое. Вводимый при проклейке катион алюминия легко взаимодействует со всеми компонентами бумажной массы. В то же время находящиеся там ранее катионы кальция, магния и некоторые другие, а также анионы  $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{Cl}^{-1}$  оказывают влияние на строение двойного электрического слоя. Перечисленные выше ионы, а также ион алюминия могут адсорбироваться на поверхностях компонентов, принимающих участие в проклейке [3], [6].

В настоящей работе сделана попытка промоделировать процесс образования смешанных катионных форм клеевых осадков, изучить их влияние на электрокинетический потенциал комплекса волокно — клеевой осадок, а также на потенциал протекания  $\frac{E}{P}$  и поверхностную проводимость  $K_s$ .

В качестве волокнистого материала использовали сульфитную белевую целлюлозу марки Б-1 (производства Сяського ЦБК), размолотую до  $35 \pm 2^\circ\text{ШР}$ . Массу склеивали нейтральным и высокосмоляным клеями с расходом 3% от веса волокна. До клея в массу вводили соли  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{MgSO}_4$ , в последнюю очередь — сульфат алюминия  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ . Электрокинетические параметры определяли методом потенциала протекания  $\zeta$ . Величину этого потенциала рассчитывали с учетом поверхностной проводимости. В качестве равновесных растворов использовали: дистиллированную воду; обратную воду, соответствующую разбавлению, применяемому при отливе лабораторных образцов.

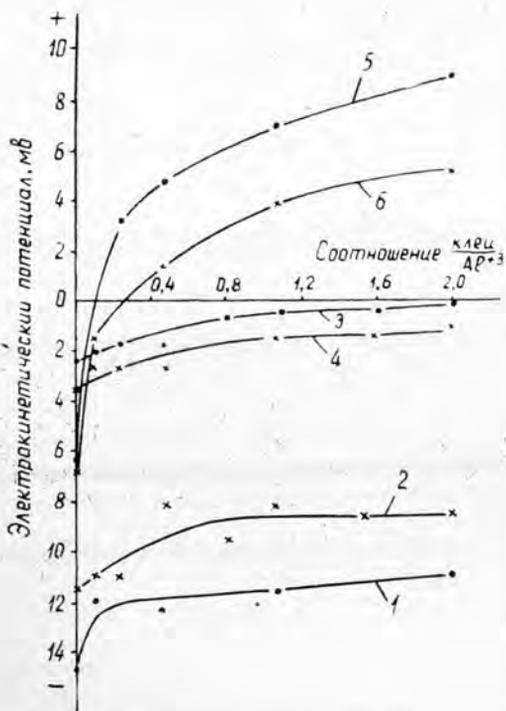


Рис. 1. Al-форма из  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ .

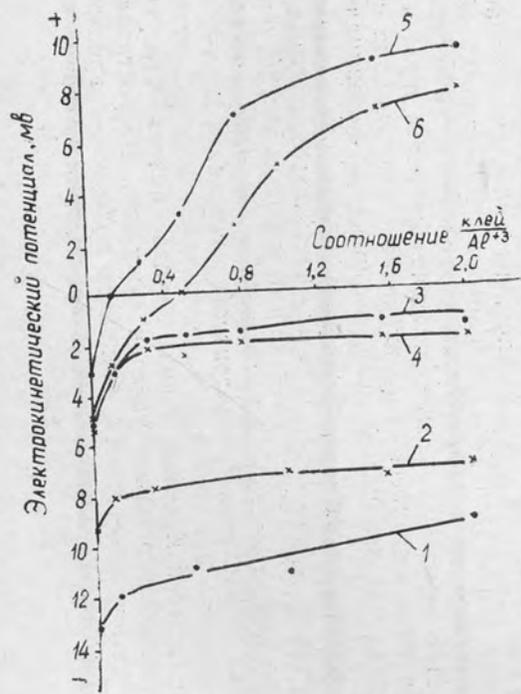


Рис. 2. Ca-Al-форма из  $\text{CaSO}_4$  и  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ .

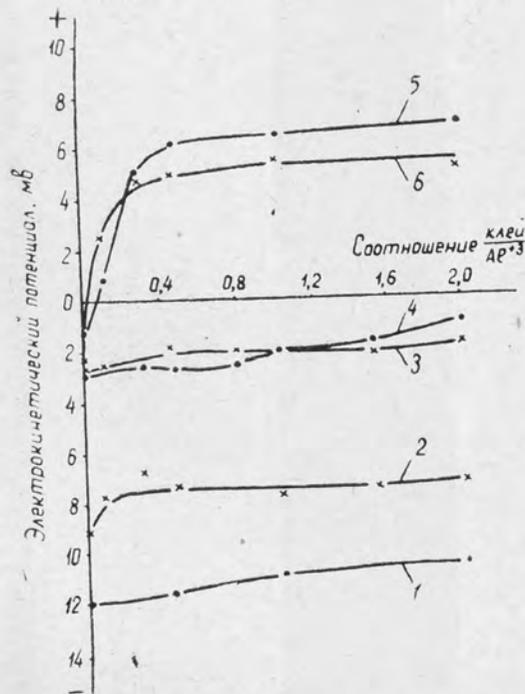


Рис. 3. Ca-Al-форма из  $\text{CaCl}_2$  и  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ .

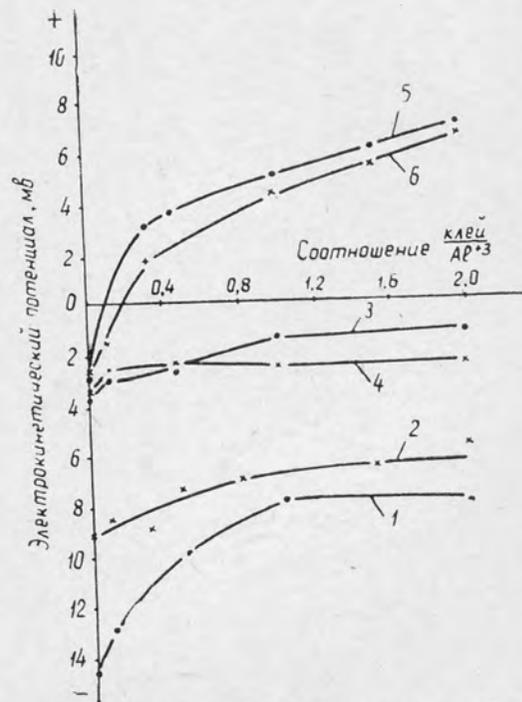


Рис. 4. Mg-Al-форма из  $\text{MgSO}_4$  и  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ .

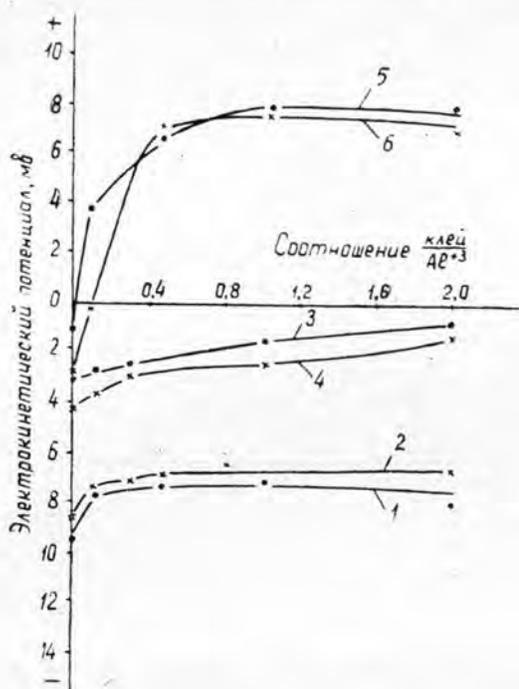


Рис. 5. Mg-Al-форма из  $\text{MgCl}_2$  и  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ .

на аппарате Ралид-Кёттен; фильтрат, полученный после набивки ячеек 1%-ной массой. Величину  $\zeta$ -потенциала рассчитывали по обычной методике [1].

На рис. 1—5 показано изменение электрокинетического потенциала проклеенной бумажной массы в зависимости от состава клеевого осадка. В качестве равновесных растворов брали дистиллированную воду (кривые 1 и 2 на всех рисунках), оборотную воду (кривые 3 и 4), фильтрат (кривые 5 и 6). В состав комплекса входит нейтральный клей (кривые 1, 3 и 5) и высокосмоляной клей (кривые 2, 4 и 6). Анализ полученных данных позволяет вывести некоторые закономерности.

При использовании дистиллированной воды не происходит переадреса поверхности проклеенных целлюлозных волокон. Заряд комплекса, содержащего высокосмоляной клей, несколько ниже по абсолютной величине, чем заряд целлюлозных волокон, обработанных нейтральным клеем. По отношению к фильтрату эта закономерность носит обратный характер. При измерении электрокинетических параметров по отношению к оборотной воде абсолютное значение  $\zeta$ -потенциала снижается. В присутствии двухвалентных солей величина  $\zeta$ -потенциала оказывается несколько большей, чем при проклейке чисто алюминиевой формой осадка. Это связано с тем, что часть двухвалентных катионов не вытесняется алюминием с поверхности клеевых частиц, оставаясь в двойном электрическом слое в качестве противоионов, которые уменьшают эффект от введения трехвалентного катиона.

Использование фильтрата в качестве равновесного раствора приводит к быстрому изменению знака заряда поверхности комплекса уже при относительно малом расходе алюминия. В растворах солей кальция и магния поверхность комплекса волокно — клеевой осадок остается отрицательно заряженной. В присутствии катиона алюминия

поверхность сразу приобретает положительный заряд. Величина электроотрицательности комплексов в кальциевой и магниевой формах невелика и составляет —  $(1 \div 3)$  мв. При увеличении концентрации алюминия измерения по отношению к фильтрату показывают относительно большие положительные значения  $\zeta$ -потенциала. В присутствии аниона хлора эти значения несколько меньше, чем для сульфатов.

Изменение концентрации ионов в равновесном растворе приводит к изменению величины  $\zeta$ -потенциала одной и той же поверхности. Это связано с адсорбционными процессами, с изменением состояния двойного электрического слоя, а также со сдвигом границы скольжения свободного раствора по отношению к поверхности.

Полученные результаты показали, что состав равновесного раствора влияет не только на  $\zeta$ -потенциал, но и на другие электрокинетические характеристики. Изучая изменение поверхностной проводимости и потенциала течения, удалось установить, что по отношению к дистиллированной воде потенциал течения имеет максимальное значение для алюминиевой формы комплекса. Присутствие солей кальция и магния снижает величину этого потенциала. Поверхностная проводимость в тех же условиях минимальна для алюминиевой формы. В комплексах, содержащих нейтральный клей, потенциал течения медленно возрастает (особенно в присутствии сульфат аниона), а поверхностная проводимость монотонно убывает. Для комплексов с высокосмоляным клеем величины потенциала течения и поверхностной проводимости практически не меняются по мере роста концентрации катиона алюминия в растворе. Это связано, по-видимому, с меньшей адсорбционной активностью поверхности высокосмоляного клея к катионам. Закономерности изменения тех же параметров по отношению к оборотной воде носят более сложный характер и требуют дальнейшего детального изучения. Можно лишь отметить, что величина поверхностной проводимости по мере увеличения концентрации катионов в равновесном растворе возрастает.

На ход процессов, изучаемых в данной работе, влияет величина рН массы. Практически значение рН задавали расходом сульфата алюминия. В случае использования различных растворов равновесный рН менялся в широких пределах (от 7,5 до 3,1). Естественно, при этом форма существования катионов, особенно алюминия, различна для одного и того же катионного состава на поверхности комплекса. Кроме того, гидролиз солей алюминия зависит от присутствия в растворе нейтральных солей [4]. Все это оказывает влияние на электрокинетические свойства поверхности комплексов волокно — клеевой осадок. Представленные закономерности описывают суммарный эффект этих процессов.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. О. Н. Григоров и др. Электрокинетические свойства капиллярных систем. Изд-во «Наука», М., 1965, стр. 27. [2]. А. Ф. Киприанова. Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук. ЛТА, Л., 1965. [3]. Т. Е. Хрипунова, В. И. Юрьев. Применение сцинтилляционного метода для изучения адсорбции электролитов на целлюлозных материалах. Труды ВНИИБа, 51, 1965, стр. 85—90. [4]. В. А. Чернов. О природе почвенной кислотности. М., 1947, стр. 53. [5]. E. Thode, I. Gorham, R. Atwood. Surface properties of rosin size precipitate. Paper Mill News, 76, 20, 1953. [6]. E. I. Vanderberg, H. M. Spurlin. Mechanism of the rosin sizing of paper. TAPPI, 50, № 5, 1967, 209—224.

## КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

УДК 634.0.377

### СТАТИСТИЧЕСКИЙ МЕТОД ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛЕСОТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

С. Г. КОСТОГРЫЗ

Хмельницкий технологический институт

И. П. КОВТУН

Львовский лесотехнический институт

Изложена методика определения передаточных функций от возмущающих воздействий к выходным исследуемым параметрам динамических процессов, имеющих место в лесотранспортных машинах, по реализации этих воздействий и параметров. Показаны преимущества этой методики и приведены примеры приложения к решению практических задач динамики лесотранспортных машин.

В исследованиях лесотранспортных машин широко применяют методы статистической динамики. Однако их результативность в большой степени зависит от правильного определения динамических характеристик этих машин. Такими характеристиками в общем случае являются передаточные функции от входных возмущающих воздействий  $x_i$  к выходным исследуемым параметрам  $y_i$ , а также соответствующие этим функциям амплитудно-фазовые частотные характеристики.

Обычно в практике исследований эти характеристики определяют или аналитическим методом на основе идеализированной динамической модели машины и соответствующих ей уравнений движения, или экспериментальным методом, задавая гармоническое воздействие на входе системы. Первый метод в силу неизбежной идеализации недостаточно объективен; кроме того, он громоздок, особенно для много-массовых систем, например, для трансмиссий. Вторым методом получают достаточно точные результаты, однако это связано с созданием специальных дорогостоящих установок, задающих гармоническое воздействие, а следовательно, с дополнительной затратой времени и средств.

Трудность определения динамических характеристик по реализациям процессов входа  $x(t)$  и выхода  $y(t)$  заключается в том, что лесотранспортные машины — динамические системы со многими входами



Рис. 1. Лесотранспортная машина как динамическая система со многими входами и выходами.

по воздействию и выходами по исследуемым параметрам, которые коррелированы между собой (рис. 1). При этом каждый из выходных параметров может являться результатом воздействия на систему нескольких возмущений [1]. Поэтому методика экспериментального

определения динамических характеристик по реализациям процессов входа и выхода должна обладать селективными свойствами, то есть иметь способность учитывать в реализациях динамических процессов только те воздействия, по которым определяют интересующую исследователя динамическую характеристику.

Ниже изложена методика, апробированная авторами при исследовании динамики лесотранспортных машин и основанная на известных зависимостях и положениях теории автоматического регулирования.

Передаточную функцию можно определить по известным реализациям (осциллограммам) процессов входа  $x(t)$  и выхода  $y(t)$  с помощью выражения [3]

$$W_y(i\omega) = \frac{S_{xy}(\omega)}{S_x(\omega)}, \quad (1)$$

где  $S_{xy}(\omega)$  — взаимная спектральная плотность входного и выходного параметров;

$S_x(\omega)$  — спектральная плотность входного параметра.

На основании выражения (1) можно определить вещественную  $K(\omega)$  и мнимую  $Q(\omega)$  частотные характеристики, соответствующие передаточной функции (1)

$$\left. \begin{aligned} K(\omega) &= \frac{\operatorname{Re} [S_{xy}(\omega)]}{S_x(\omega)}; \\ Q(\omega) &= \frac{\operatorname{Im} [S_{xy}(\omega)]}{S_x(\omega)}. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Модуль амплитудно-фазовой частотной характеристики вычисляют по формуле

$$|W_y(i\omega)| = W_y(\omega) = \sqrt{K^2(\omega) + Q^2(\omega)}. \quad (3)$$

Из выражений (1) — (3) следует, что для получения указанных динамических характеристик необходимо найти спектральные плотности  $S_x(\omega)$  и  $S_{xy}(\omega)$  по реализациям процессов  $x(t)$  и  $y(t)$ . Их можно определить, используя известное положение о связи понятия спектральной плотности  $S_x(\omega)$  с понятием текущего частотного спектра  $X(i\omega)$  случайного процесса  $x(t)$ , заданного достаточно продолжительной реализацией на конечном интервале  $T$  [3]

$$S_x(\omega) = \frac{1}{T} |X(i\omega)|^2. \quad (4)$$

Поэтому приближенный вид графика функции  $S_x(\omega)$  можно получить, построив линейчатый спектр случайного процесса  $x(t)$ , заданного продолжительностью  $T$ , принимая, что эта продолжительность равна периоду функции  $x(t)$  [3]. Для этого функцию раскладывают в ряд Фурье

$$x(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos \omega_n t + b_n \sin \omega_n t). \quad (5)$$

Текущий амплитудный спектр процесса  $x(t)$

$$X(\omega) = |X(i\omega)| = \sqrt{a_n^2 + b_n^2}. \quad (6)$$

Тогда для круговой частоты  $\omega_n = \frac{2\pi n}{T}$  спектральную плотность рассматриваемого процесса можно определить по формуле

$$S_x(\omega_n) = \frac{1}{T} (a_n^2 + b_n^2). \quad (7)$$

Из выражения (7) следует, что для вычисления спектральной плотности необходимо по реализации процесса определить коэффициенты ряда Фурье. Для этого воспользуемся формулами, позволяющими определить коэффициенты ряда в том случае, когда функция  $x(t)$  задана дискретно, то есть определенным числом ординат  $N$ , взятых через определенный интервал  $\Delta$  на отрезке  $T$  [2], [4],

$$\left. \begin{aligned} a_n &= \frac{2}{N} \sum_{k=1}^N x_k \cos 2\pi \frac{n}{N} k; \\ b_n &= \frac{2}{N} \sum_{k=1}^N x_k \sin 2\pi \frac{n}{N} k, \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

где  $N$  — количество ординат на отрезке  $T$ ;  
 $k$  — порядковый номер ординаты;  
 $n$  — порядковый номер гармоники;  
 $x_k$  — ордината измеряемой величины  $x$ .

Длина отрезка  $T$  на осциллограмме может соответствовать времени одного заезда, или времени цикла испытания. Эту длину определяют, предварительно задавшись количеством реализаций  $m$ , допустимой относительной ошибкой  $\sigma$  и необходимой разрешающей способностью по частоте  $\Delta\omega$  [3].

$$T = \frac{1}{\sigma^2 \cdot m \cdot \Delta\omega} \text{ сек.} \quad (9)$$

Если же задаться длиной реализации  $T$ , то по формуле (9) можно вычислить необходимое количество реализаций опытов процесса  $m$ . Следует однако помнить, что если имеется только одна реализация, то разрешающая способность  $\Delta\omega$  по частоте не может быть меньше  $T^{-1}$  [3]. При этом интервал дискретности  $\Delta$  между ординатами измеряемой величины выбираем так, чтобы получить максимальное количество информации, содержащееся в реализации процесса заданной продолжительности  $T$ . Согласно теореме Котельникова [3],

$$\Delta \leq \frac{\pi}{\omega_0}, \quad (10)$$

где  $\omega_0$  — ожидаемая наивысшая частота спектральной плотности  $S_x(\omega)$ , интересующая исследователя.

По значению интервала дискретности определяем количество измеряемых ординат на отрезке  $T$

$$N = \frac{T}{\Delta}. \quad (11)$$

Для определения взаимной спектральной плотности  $S_{xy}(\omega)$  процессов  $x(t)$  и  $y(t)$  воспользуемся выражением [3]

$$S_{xy}(\omega) = \frac{1}{T} X(i\omega) Y(i\omega), \quad (12)$$

для частоты  $\omega_n$

$$S_{xy}(\omega_n) = \frac{1}{T} (a_n + ib_n)(c_n - id_n), \quad (13)$$

где  $c_n$  и  $d_n$  — соответствующие коэффициенты ряда Фурье текущего спектра  $Y(i\omega)$  процесса  $y(t)$ , которые можно определить, используя зависимости (8).

Следовательно, статистический метод экспериментального определения динамических характеристик лесотранспортных машин состоит из этапов определения: 1) продолжительности реализаций исследуемых процессов и количества опытов; 2) интервала дискретности и необходимого количества измеряемых ординат по длине осциллограмм; 3) коэффициентов ряда Фурье для процессов входа и выхода по выражению (8); 4) спектральных плотностей по формулам (7) и (13); 5) передаточной функции или частотных характеристик с помощью выражений (2) и (3).

На основе изложенной методики с помощью ЭВМ нами были рассчитаны спектральные плотности высот неровностей нескольких участков лесовозных дорог (рис. 2), а также амплитудно-частотные характеристики колебаний угловой скорости коленчатого вала двигателя лесовозного автопоезда в составе ЗИЛ-130+1-Р-4 от воздействия по неровностям дороги (рис. 3). При этом для обеспечения допускаемой относительной погрешности  $\sigma = 0,1$ , разрешающей способности по частоте  $\Delta\omega = 1 \text{ сек}^{-1}$  и  $\omega_0 = 32 \text{ сек}^{-1}$  потребовалось пять реализаций продолжительностью  $T = 20 \text{ сек}$  и 200 ординат процесса на отрезке  $T$ .

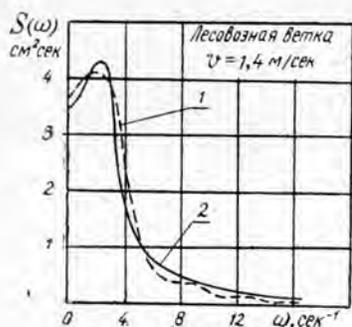


Рис. 2.

1 — расчет по изложенной нами методике; 2 — расчет по традиционной методике.

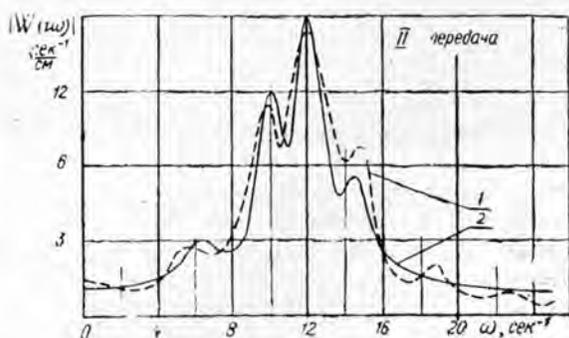


Рис. 3.

Обозначения те же.

Определенные таким методом спектральные плотности достаточно близки к рассчитанным через корреляционные функции. Расхождение в площадях под их кривыми составляет не более 5—10% при указанных здесь данных.

Поскольку динамические характеристики определяются через спектральные плотности, точность вычисления которых изложенным здесь методом достаточна, то можно утверждать и о достаточной точности определения этих характеристик.

Достоинства изложенной методики, указывающие на целесообразность ее практического применения для решения задач динамики лесотранспортных машин: сравнительная простота, достаточная точность, возможность определения динамических характеристик по реализациям, записанным как в лабораторных, так и в производственных условиях, в том числе при наличии в системе случайных помех.

## ЛИТЕРАТУРА

[1]. С. Г. Костокрыз, И. П. Ковтун. К вопросу исследования динамики подпрессоренной массы трелевочного трактора ТДТ-55 как системы автоматического регулирования с обратной связью. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1969. [2]. М. Г. Серебрянников, А. А. Первозванский. Выявление скрытых периодичностей. Изд-во «Наука», М., 1965. [3]. Техническая кибернетика. Книга 2. Под ред. В. В. Солодовникова, изд-во «Машиностроение», М., 1967. [4]. А. А. Харкевич. Спектры и анализ. Изд. 4, физматгиз, 1962.

Поступила 12 марта 1973 г.

УДК 65.011.56

## ФИЛЬТРАЦИЯ СИГНАЛОВ ПРИ АВТОМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЯХ ПАРАМЕТРОВ ДРЕВЕСИНЫ НА ЛЕСОПОТОКАХ

Г. А. ЖОДЗИШСКИЙ

КарНИИЛП

Методами линейной статистической фильтрации решена задача синтеза оптимальных фильтров для сглаживания помех, возникающих при измерении размеров лесоматериалов на потоках. Сигнал диаметра при измерении бревен представлен в виде нестационарной случайной функции, а сигналы размера пиломатериалов — в виде случайной постоянной. Погрешности измерения аппроксимированы случайным стационарным процессом с экспоненциальной корреляционной функцией.

Автоматическое измерение геометрических размеров лесоматериалов на потоках деловой древесины обычно происходит в условиях значительных помех, источниками которых для бревен являются сучья, местные наплывы, заломы, задиры и остатки коры, а для досок — характерные неровности поверхности; погрешности вызываются также несовершенством метрологических средств и условиями проведения измерений. Помехи могут существенно исказить результаты измерений.

В одной из работ [3] указано, что при автоматических измерениях диаметры круглых лесоматериалов можно определять статистическими методами выделения полезного сигнала из смеси с помехой. Нами была решена задача определения размеров лесоматериалов при аппроксимации погрешностей измерения белым шумом, то есть случайным стационарным процессом с равномерно распределенным в бесконечных пределах энергетическим спектром.

В настоящей работе полученное ранее [4] решение обобщено для случая, когда энергетический спектр помехи распределен в сколь угодно узком диапазоне частот. Принимаем, что корреляционная функция помехи имеет вид экспоненты.

Сигнал диаметра при непрерывном измерении бревен можно приближенно описать нестационарной функцией

$$x(t) = a + bt, \quad (1)$$

где  $a$  и  $b$  — случайные постоянные, математические ожидания которых суть  $M_a$  и  $M_b$ , а дисперсии —  $A^2$  и  $B^2$ ;

$t$  — текущее время от начала измерения, пропорциональное длине бревна при равномерном движении.

Величины  $a$  и  $b$  соответствуют диаметру торцевого сечения и тангенсу угла наклона образующей бревна к горизонту.

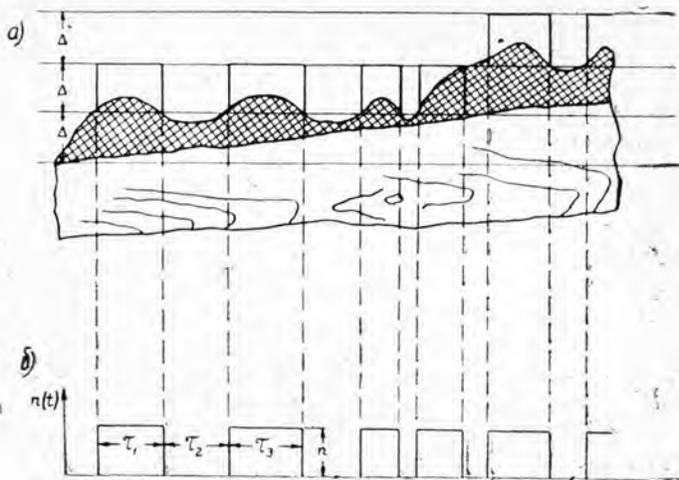


Рис. 1.

Возникновение помехи при измерении поперечных сечений круглых лесных материалов схематически показано на рис. 1, а. Из-за наличия коры, сучьев и т. п. измерительное устройство относит определяемую величину — диаметр — к одному из ближайших градационных уровней квантования. В простейшем случае сигнал помехи можно представить в виде последовательности прямоугольных импульсов, расстояния между которыми и их длительности — случайные величины (рис. 1, б).

Предположим, что помеха — стационарный случайный процесс и что она не коррелирована с полезным сигналом. Последнее допущение требует особого разъяснения. Для лесоматериалов различных пород установлены [2], [5] зависимости, например, между толщиной коры и диаметром. Однако вследствие отпада и повреждения коры эти зависимости теряют силу и можно говорить о независимости величин.

Сигнал, поступающий с выхода измерительного устройства, можно записать в следующем виде:

$$s(t) = x(t) + n(t), \quad (2)$$

где  $x(t)$  — полезный сигнал, являющийся заданной функцией времени;

$n(t)$  — сигнал помехи.

Корреляционная функция полезного сигнала

$$R_{xx} = A^2 + B^2\tau t; \quad (3)$$

корреляционная функция помехи

$$R_{nn} = \sigma^2 e^{-\beta|t-\tau|}, \quad (4)$$

здесь  $\sigma^2$  — дисперсия помехи;

$\beta$  — коэффициент, имеющий размерность, обратную размерности времени, и характеризующий скорость убывания корреляционной связи при увеличении разности аргументов  $\tau$ .

Нами поставлена задача построения оптимального фильтра, способного выделить из измеренного полезный сигнал, наименее искаженный помехой. Сигнал на выходе фильтра [1]

$$u = \int_0^t g(t, \tau) s(\tau) d\tau, \quad (5)$$

где  $g(t, \tau)$  — весовая функция фильтра.

Условие оптимальности фильтра соответствует требованию обращения дисперсии разности в минимум

$$\overline{|x(t) - u(t)|^2} = \min. \quad (6)$$

Как известно, интегральное уравнение, определяющее весовую функцию фильтра, имеет вид

$$\int_0^t R_{ss} g(\tau, \tau_1) d\tau_1 = R_{xs}, \quad (7)$$

здесь  $R_{ss}$  — корреляционная функция измеренного сигнала;

$R_{xs}$  — взаимная корреляционная функция полезного и измеренного сигналов.

После подстановки выражений (3) и (4) в уравнение (7) получим

$$\int_0^t g(\tau, \tau_1) [A^2 + B^2 \tau \tau_1 + \sigma^2 e^{-\beta|\tau_1 - \tau|}] d\tau_1 = A^2 + B^2 t \tau. \quad (8)$$

Для нахождения оптимальной весовой функции из интегрального уравнения (8) приходится прибегать к специальным приемам.

Введем обозначения

$$\begin{aligned} \lambda_1(t) &= \int_0^t g(\tau, \tau_1) d\tau_1; \\ \lambda_2(t) &= \int_0^t \tau_1 g(\tau, \tau_1) d\tau_1. \end{aligned} \quad (9)$$

Тогда интегральное уравнение (8) примет вид

$$\sigma^2 \int_0^t g(\tau, \tau_1) e^{-\beta|\tau_1 - \tau|} d\tau_1 = A^2 (1 - \lambda_1) + B^2 \tau (t - \lambda_2). \quad (10)$$

Применим к уравнению (10) дифференциальный оператор

$$\frac{d^2}{d\tau^2} - \beta^2.$$

Для этого обе части уравнения (10) продифференцируем дважды по  $\tau$  и из полученного результата вычтем исходное уравнение, помноженное на  $\beta^2$

Произведя первое дифференцирование, получим

$$\sigma^2 \int_0^t g(t, \tau_1) \varphi(\tau, \tau_1) d\tau_1 = B^2 (t - \lambda_2), \quad (11)$$

где  $\varphi(\tau, \tau_1)$  — разрывная функция, показанная на рис. 2, а;

$$\varphi(\tau, \tau_1) = \begin{cases} -\beta e^{\beta\tau_1} e^{-\beta\tau} & \text{при } \tau_1 < \tau; \\ \beta e^{-\beta\tau_1} e^{\beta\tau} & \text{при } \tau_1 > \tau. \end{cases}$$

Второе дифференцирование дает

$$\sigma^2 \int_0^t g(t, \tau_1) \frac{d}{d\tau} \varphi(\tau_1, \tau) d\tau_1 = 0, \quad (12)$$

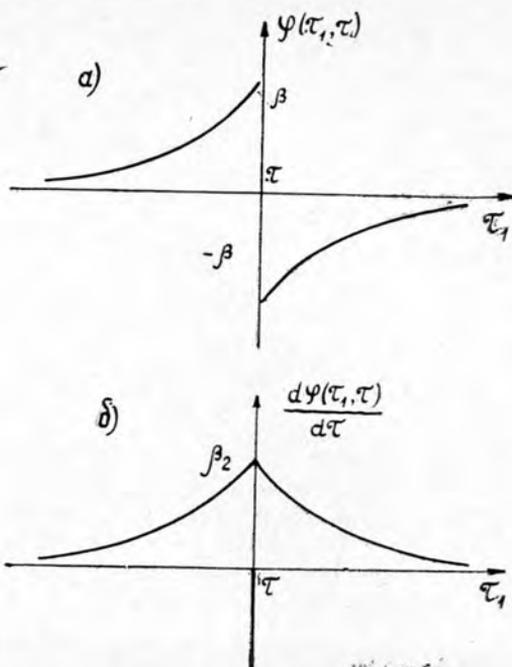


Рис. 2.

$$\text{здесь } \frac{d}{d\tau} \varphi(\tau_1, \tau) = \begin{cases} \beta^2 e^{\beta\tau_1} e^{-\beta\tau} & \text{при } \tau_1 < \tau; \\ \beta^2 e^{-\beta\tau_1} e^{\beta\tau} & \text{при } \tau_1 > \tau; \\ -2\beta\delta(\tau_1 - \tau) & \text{при } \tau_1 = \tau; \end{cases}$$

$\delta(\tau_1 - \tau)$  — дельта функция (Дирака).

Представим  $\frac{d}{d\tau} \varphi(\tau, \tau_1)$  в следующем виде (рис. 2, б):

$$\frac{d}{d\tau} \varphi(\tau_1, \tau) = \beta^2 e^{-\beta|\tau_1 - \tau|} - 2\beta\delta(\tau_1 - \tau).$$

После подстановки последнего выражения в уравнение (12) и составления требуемого дифференциального оператора получим весовую функцию фильтра в виде

$$g(t, \tau) = \frac{\beta}{2\sigma^2} [A^2(1 - \lambda_1) + \tau B^2(t - \lambda_2)]. \quad (13)$$

Поскольку начальное уравнение (8) может иметь особенности в точках  $\tau = 0$  и  $\tau = t$ , то в решение (13) следует ввести добавочные члены

$$g_0(t, \tau) = g(t, \tau) + F(t)\delta(\tau) + G(t)\delta(t - \tau), \quad (14)$$

где  $F(t)$  и  $G(t)$  — неизвестные функции времени.

Заменив в уравнении (14) величину  $g(t, \tau)$  по равенству (13) и подставив полученное выражение в уравнение (10), получим

$$\begin{aligned} \sigma^2 \int_0^t \left[ \frac{\beta A^2}{2\sigma^2} y + \frac{\beta B^2}{2\sigma^2} \tau_1 z + F(t)\delta(\tau) + G(t)\delta(t - \tau) \right] e^{-\beta|\tau_1 - \tau|} d\tau_1 = \\ = A^2 y + B^2 \tau z, \end{aligned} \quad (15)$$

здесь для краткости записи введены обозначения

$$y = 1 - \lambda_1 \quad \text{и} \quad z = t - \lambda_2. \quad (16)$$

Интегрируя, получим

$$\begin{aligned} \frac{A^2 y}{2} [1 - e^{-\beta \tau} - e^{-\beta(t-\tau)}] + \frac{B^2 z}{2} \left[ \tau + \frac{e^{-\beta \tau}}{\beta} - \frac{e^{-\beta(t-\tau)}}{\beta} - \right. \\ \left. - t e^{-\beta(t-\tau)} \right] + F(t) \sigma^2 e^{-\beta \tau} + G(t) \sigma^2 e^{-\beta(t-\tau)} = 0. \end{aligned} \quad (17)$$

Требую тождественного удовлетворения уравнения (17) при  $\tau = 0$  и  $\tau = t$ , найдем

$$\begin{aligned} F(t) &= \frac{1}{2\sigma^2} \left( A^2 y - \frac{B^2 z}{\beta} \right); \\ G(t) &= \frac{1}{2\sigma^2} \left[ A^2 y + \frac{B^2 z}{\beta} (1 + \beta t) \right]. \end{aligned} \quad (18)$$

Определим неизвестные  $y$  и  $z$ . Для этого подставим выражение для  $g(t, \tau)$  из уравнения (14), с учетом выражений (13), (16) и (18), в соотношения (9). Выполнив интегрирование, получим систему линейных алгебраических уравнений относительно  $y$  и  $z$ . При ее решении получим

$$\begin{aligned} y &= \frac{2\sigma^2}{A^2 Q} \left( \beta t - \frac{\beta^3 t^3}{6} - \frac{2\beta^2 \sigma^2}{B^2} \right); \\ z &= \frac{2\sigma^2}{B^2 Q} \left( \beta t + \frac{\beta^2 t^2}{2} + \frac{2\beta t \sigma^2}{A^2} \right), \end{aligned} \quad (19)$$

$$\text{где} \quad Q = \left( 2 + \beta t + \frac{2\sigma^2}{A^2} \right) \left( \beta t + \beta^2 t^2 + \frac{\beta^3 t^3}{3} + \frac{2\beta^2 \sigma^2}{B^2} \right) - \left( \beta t + \frac{\beta^2 t^2}{2} \right)^2. \quad (20)$$

Следовательно, оптимальная весовая функция фильтра

$$\begin{aligned} g_0(t, \tau) &= \frac{\beta}{Q} \left[ \beta t - \frac{\beta^3 t^3}{6} + \frac{2\beta^2 \sigma^2}{B^2} + \beta t \left( \beta t + \frac{\beta^2 t^2}{2} + \frac{2\beta t \sigma^2}{A^2} \right) + \right. \\ &+ \delta(\tau) \left( -\frac{\beta t^2}{2} - \frac{\beta^3 t^3}{6} + \frac{2\sigma^2 \beta}{A^2} \right) + \delta(t - \tau) \left( 2t + \frac{3}{2} \beta t^2 + \frac{1}{3} \beta^2 t^3 + \right. \\ &\left. \left. + \frac{2\sigma^2 \beta}{B^2} + \frac{2\sigma^2 t (1 + \beta t)}{A^2} \right) \right]. \end{aligned} \quad (21)$$

Это выражение представим в следующем виде:

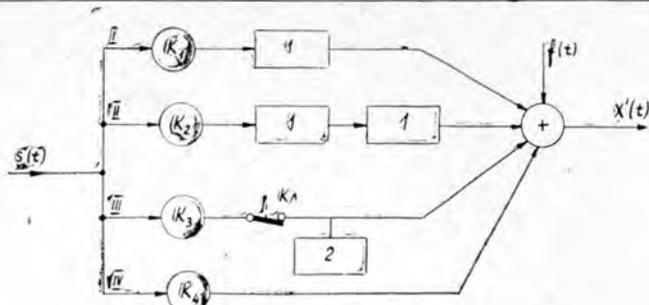
$$g_0(t, \tau) = K_1(t) + K_2(t)(t - \tau) + K_3(t)\delta(\tau) + K_4(t)\delta(t - \tau), \quad (22)$$

где введены следующие обозначения:

$$\begin{aligned} K_1(t) &= \frac{\beta}{Q} \left[ \beta t \left( 1 + \beta t + \frac{\beta^2 t^2}{3} \right) + 2\sigma^2 \beta^2 \left( \frac{1}{B^2} + \frac{t^2}{A^2} \right) \right]; \\ K_2(t) &= -\frac{\beta^3 t}{Q} \left( 1 + \frac{\beta t}{2} + \frac{2\sigma^2}{A^2} \right); \\ K_3(t) &= -\frac{1}{Q} \left[ \frac{\beta^2 t^2}{2} \left( 1 + \frac{\beta t}{3} \right) + 2\sigma^2 \left( \frac{\beta t}{A^2} - \frac{\beta^2}{B^2} \right) \right]; \\ K_4(t) &= \frac{\beta}{Q} \left[ t \left( 2 + \frac{3}{2} \beta t - \frac{\beta^2 t^2}{3} \right) + 2\sigma^2 \beta \left( \frac{t + t^2}{A^2} + \frac{\beta}{B^2} \right) \right]. \end{aligned} \quad (23)$$

Выражение (22) определяет состав и функциональное назначение элементов фильтра (рис. 3). Фильтр состоит из четырех параллельных

Рис. 3.



цепей, в которых установлены усилители с коэффициентами передачи  $K_1, K_2, K_3, K_4$ . В цепях I и II сигнал подвергается с помощью звеньев I соответственно однократному и двукратному интегрированию. По цепи III передается начальное значение сигнала в соответствии с выражением (5)

$$\int_0^t K_3(t) \delta(\tau) s(\tau) d\tau = K_3(0) s(0).$$

В этой цепи предусмотрен ключ  $K_4$ , который размыкается при  $\tau = 0$ , и на запоминающем элементе 2 запоминается указанное начальное значение. По цепи IV передается текущее значение сигнала в соответствии с выражением (5)

$$\int_0^t K_4(t) \delta(t - \tau) s(\tau) d\tau = K_4(t) s(t).$$

Схема фильтра упрощается при выполнении условий несмещенности, то есть при достаточно больших значениях  $A^2$  и  $B^2$ . В этом случае коэффициенты (23) принимают вид

$$\begin{aligned} K_1'(t) &= 4\beta \frac{3 + 3\beta t + \beta^2 t^2}{(2 + \beta t)(12 + 6\beta t + \beta^2 t^2)}; \\ K_2'(t) &= -\frac{6\beta^2}{12 + 6\beta t + \beta^2 t^2}; \\ K_3'(t) &= -\frac{2\beta t(3 + \beta t)}{(2 + \beta t)(12 + 6\beta t + \beta^2 t^2)}; \\ K_4'(t) &= 2 \frac{12 + 9\beta t + 2\beta^2 t^2}{(2 + \beta t)(12 + 6\beta t + \beta^2 t^2)}. \end{aligned} \quad (24)$$

Рассмотрим теперь задачу синтеза оптимального фильтра для сглаживания помехи с экспоненциальной корреляционной характеристикой при измерении геометрических размеров пиломатериалов. В этом случае сигнал ожидается [4] в виде

$$x(t) = a, \quad (25)$$

где  $a$  — случайная постоянная величина, соответствующая измеряемому размеру.

Помеху определяют из выражения (4). Известны также математическое ожидание  $M_a$  и дисперсии сигнала  $A^2$ .

Выражение для оптимальной весовой функции фильтра можно получить, если в выражения (23) подставить значения параметров сигнала и помехи.

Учитывая, что  $B^2 = 0$ , получим

$$\begin{aligned}
 K_{1n} &= \beta K_n(t); \\
 K_{2n} &= 0; \\
 K_{3n} = K_{4n} &= K_n(t) = \frac{A^2}{(2 + \beta t) A^2 + 2\sigma^2}.
 \end{aligned} \tag{26}$$

При выполнении условий несмещенности имеем

$$\begin{aligned}
 K'_{1n} &= \beta K'_n(t); \\
 K'_{2n} &= 0; \\
 K'_n(t) &= \frac{1}{2 + \beta t}.
 \end{aligned} \tag{27}$$

Схема фильтра при измерении пиломатериалов для рассматриваемого вида помехи представлена на рис. 4. Фильтр содержит усилитель с коэффициентом усиления  $K_n(t)$ , на вход которого поступает измеряемый сигнал. По цепи I передача сигнала осуществляется с интегрированием и умножением на постоянную величину  $\beta$ . В цепи III фиксируется начальное значение сигнала, соответствующее моменту времени  $t = 0$ , а в цепи II передаются текущие его значения.

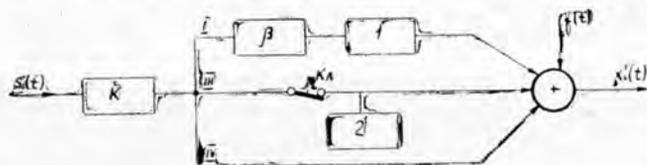


Рис. 4.

Неслучайная функция  $f(t)$  служит для компенсации постоянной составляющей помехи, которая проходит через фильтр без искажений. Если математическое ожидание помехи равно нулю, то вводить коррекцию на выходе фильтра не нужно.

Таким образом, нами получены структурные схемы оптимальных фильтров для сглаживания погрешностей, возникающих при измерении лесо- и пиломатериалов, когда энергетический спектр помехи распределен в узком диапазоне частот. Фильтры можно устанавливать во входных цепях специализированных вычислительных машин, применяемых для автоматизации производственных процессов лесопромышленных предприятий. Они позволяют увеличить точность измерений лесоматериалов без усложнения конструкций измерительных преобразователей. Реализация операций фильтрации связана с техническими трудностями. Поэтому ее следует сочетать с разработкой достаточно надежных измерительных устройств.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Дж. Бендат. Основы теории случайных шумов и ее применение. ИЛ. М., 1962. [2]. Г. А. Вильке. Основы автоматизации и автоматизации производственных процессов в лесной промышленности, ч. II, М., 1964. [3]. В. М. Виноградов. Определение разрешающей способности датчика диаметров бревен. В сб. «Научные труды по лесославу» № 10, изд-во «Лесная промышленность», М., 1968. [4]. Г. А. Жодзишский. Фильтрация сигналов при автоматическом измерении геометрических параметров лесоматериалов. В сб. «Применение математических методов и вычислительной техники в лесной и деревообрабатывающей промышленности». Изд-во «Карелия», Петрозаводск, 1971. [5]. А. Н. Песоцкий. Лесопильное производство. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1971. [6]. В. С. Пугачев. Теория случайных функций и ее применение. Изд-во «Наука» М., 1962.

УДК 65.011.56

## ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЛУЩИЛЬНЫХ СТАНКОВ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ЛУЩЕНИЯ

А. Ф. НИКОЛАЕВ

Ленинградская лесотехническая академия

На основе теории устойчивости лущения сделана попытка осмыслить физику процесса прижима и на основе этого разработать теорию прижимных устройств.

Устойчивость процесса лущения в значительной степени определяется поведением чурака, его устойчивостью по отношению к различного рода возмущениям. В свою очередь, устойчивость чурака зависит от текущего значения относительной осевой сжимающей силы [1]

$$p(x) = \frac{P}{P_3(d)}, \quad (1)$$

где  $x = \frac{d}{d_k}$  — относительный текущий диаметр чурака;

$P = P(d)$  — осевая сжимающая сила;

$P_3(d)$  — эйлеровская критическая сила, соответствующая диаметру чурака  $d$ ;

$d_k$  — принятый расчетный диаметр карандаша.

Чтобы повысить устойчивость процесса, необходимо уменьшить относительную осевую силу. Здесь возможны два пути — уменьшение осевой сжимающей силы или увеличение эйлеровской критической силы.

Первый путь не дает желаемого эффекта, так как существуют жесткие границы возможного уменьшения силы  $P(d)$ , ниже которых процесс не может протекать нормально. Второй путь сводится к увеличению критической силы, определяемой выражением

$$P_3(d) = \left(\frac{\pi}{l_3}\right)^2 EI = \left(\frac{\pi}{l_3}\right)^2 \frac{\pi}{64} Ed^4 \quad (2)$$

или

$$P_3(d) = \left(\frac{\pi}{l_3}\right)^2 EI = \left(\frac{\pi}{l_3}\right)^2 EI_k \frac{l}{l_k} = P_3 x^4, \quad (3)$$

здесь  $P_3$  — эйлеровская критическая сила, соответствующая диаметру  $d_k$  (конец лущения);

$l_3$  — эффективная длина чурака;

$E$  — модуль упругости древесины.

Из уравнения (3) следует, что единственный путь увеличения критической силы — уменьшение эффективной длины чурака  $l_3$ , которая определяется схемой загрузки его осевой силой  $P(d)$  и граничными условиями дифференциального уравнения изгиба. (Сила  $P(d)$  входит в дифференциальное уравнение изгиба как параметр [2]).

Иногда высказывается предположение, что увеличение осевой силы должно повысить устойчивость за счет реактивных моментов, возникающих на опорах (кулачках). Это высказывание требует тщательной проверки из-за двойной роли осевой силы. С одной стороны, эта сила увеличивает реактивные моменты на опорах, способствуя повышению устойчивости, но с другой, как всякая осевая сила она ухудшает устойчивость. Какая из этих тенденций выражена наиболее сильно — таков будет и эффект.

Этот метод увеличения критической силы можно применять только в том случае, если на всем диапазоне лущения при осевой силе, превышающей первую критическую (с шарнирной моделью опор), рост ее вызывает более интенсивное увеличение критической силы. Математически это условие выражается неравенством

$$\frac{\Delta P_{\text{эп}}(d)}{\Delta P(d)} > 1, \quad (4)$$

где  $\Delta P(d)$  и  $\Delta P_{\text{эп}}(d)$  — приращения осевой и критической сил с учетом реактивных моментов на опорах.

Предельная величина критической силы соответствует жесткой заделке и равна  $4P_3$ . Так как жесткость опор имеет конечное значение, то

$$\lim_{\Delta P(d) \rightarrow \infty} \frac{\Delta P_{\text{эп}}(d)}{\Delta P(d)} = 0, \quad (5)$$

поэтому  $\Delta P_{\text{эп}}(d) < \Delta P(d)$ , и основное условие использования предложенного метода увеличения устойчивости не выполняется.

Для повышения устойчивости лущения на станках многих предприятий Советского Союза были установлены прижимные ролики с постоянным усилием прижима. Принципиально все эти конструкции можно свести к схеме (рис. 1); при достижении чураком определенного диаметра в средней части по образующей чурака прикладывается поперечная сила  $N$ . Предполагается, что эта сила улучшит динамику, так как она уменьшает величину прогиба. На практике все конструкции этого типа оказались малоэффективными, поскольку при таком прижме критическая сила остается прежней, а не увеличивается.

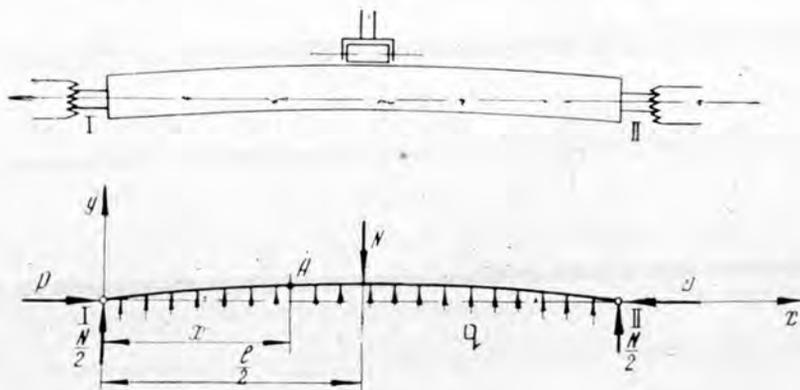


Рис. 1.

Взяв момент относительно точки А (рис. 1), получим дифференциальное уравнение упругой линии

$$EIy'' = -Py + \frac{1}{2} Nx. \quad (6)$$

Решение этого уравнения находим в виде

$$y = C_1 \sin \alpha x + C_2 \cos \alpha x + \frac{1}{2} \frac{N}{P} x, \quad (7)$$

где  $\alpha = \sqrt{\frac{P}{EI}}$  — параметр.

Поскольку в уравнение (7) входят две постоянные  $C_1$  и  $C_2$ , необходимо воспользоваться двумя граничными условиями:

$$y|_{x=0} = 0 \text{ и } y'|_{x=\frac{l}{2}} = 0. \quad (8)$$

Из выражений (7) и (8) получим условие существования решения уравнения (6)

$$\sin \alpha l = 0. \quad (9)$$

Отсюда для определения критической силы  $P_3(d)$  найдем

$$P_3(d) = P_{3к} \alpha^4, \quad (10)$$

здесь

$$P_{3к} = P_3(d) |_{d=d_k}.$$

Итак, система с постоянной по величине поперечной силой  $N$ , приложенной к чураку посередине, имеет ту же критическую силу, что и исходная система. Поэтому, хотя поперечная сила и уменьшает прогиб, критическая сила не увеличивается. Анализируя ход решения и окончательный результат, необходимо отметить одну особенность. Независимо от вида поперечной нагрузки в определитель системы, получаемой при решении уравнения (6), входят только граничные условия (8), но не параметры нагрузки. Отсюда следует вывод, что, изменяя характер внешних сил (кроме осевой), нельзя добиться изменения критической силы, так как она определяется только граничными условиями. По этой причине все системы, которые не изменяют граничных условий по сравнению с исходной, имеют одно и то же значение критической силы, и нет необходимости рассматривать различные варианты. Это обстоятельство является основным в причинах, по которым указанные системы оказались неэффективными.

Из проведенного анализа следует, что для эффективного изменения критической силы необходимо создать такую систему прижима, которая бы обеспечивала изменение граничных условий (8). А это приводит к системам, у которых определяющим является перемещение (геометрический параметр как и граничные условия). Для этой цели могут быть использованы разомкнутые системы регулирования и замкнутые — следящие системы, в которых выходом является не усилие (как в предыдущем случае), а выходное перемещение прижимного устройства.

Рассмотрим наиболее общий случай, когда прижимная траверса с прижимным роликом большой длины или с несколькими роликами малой длины (по типу 2HV-66 «Raute») движется так, что расстояние между поверхностью недеформированного чурака и поверхностью прижимных роликов остается постоянным и равным некоторой величине  $f$ . При уменьшении диаметра чурака до величины  $d$  первая критическая сила снизится до величины  $P$ , и чурак потеряет устойчивость. Под действием внешних поперечных сил он деформируется и занимает положение, показанное на рис. 2. При надлежащем выборе

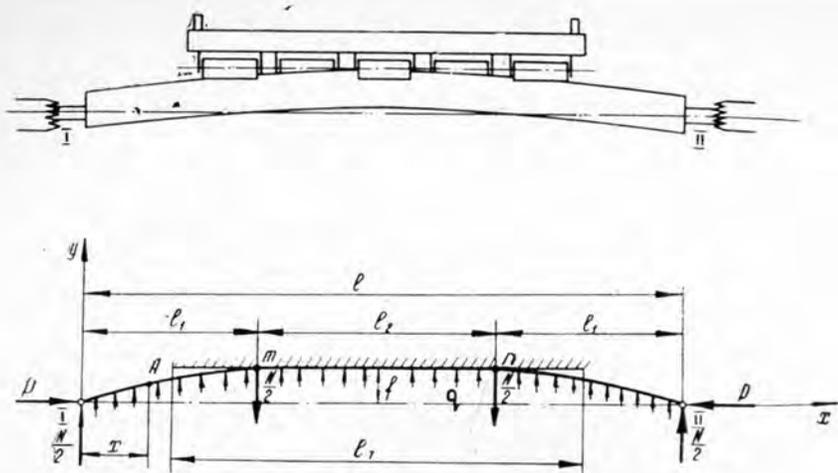


Рис. 2.

величин  $f$  такая потеря устойчивости может считаться допустимой, и процесс лущения не нарушается. Дело в том, что величина прогиба  $f$  может быть выбрана достаточно малой. В пределе она может быть уменьшена до значения установившейся ошибки сложения.

В соответствии с рис. 2 составим дифференциальное уравнение для участка чурака от точки I до  $m$  ( $0 \leq x \leq l_1$ ) в предположении, что осевая сила  $P$  превосходит величину  $P_{\text{эк}}$ .

В результате получим такое же уравнение как и (6), решение которого имеет вид выражения (7). Однако в этих уравнениях усилие  $N$  переменное. Главное различие заключается в граничных условиях, которые для рассматриваемой системы вместо равенства (8) имеют вид

$$y|_{x=0} = 0; \quad y|_{x=l_1} = f. \quad (11)$$

Из первого граничного условия следует, что  $C_2 = 0$ , тогда

$$y = C_1 \sin \alpha x + \frac{1}{2} \frac{N}{P} x. \quad (12)$$

При подстановке второго граничного условия неопределенность не исчезает, так как в уравнении появляется неизвестная величина  $l_1$ . Для решения уравнения необходимо задать еще одно граничное условие, которое вполне очевидно

$$y'|_{x=l_1} = 0. \quad (13)$$

Используя граничное условие (13) и уравнение (12), получим следующую систему:

$$\left. \begin{aligned} C_1 \sin \alpha l_1 + \frac{1}{2} \frac{N}{P} l_1 &= f \\ \alpha C_1 \cos \alpha l_1 + \frac{1}{2} \frac{N}{P} &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

Из системы (14) не представляется возможным получить соотношения для определения критической силы, так как, помимо величин  $C_1$  и  $l_1$ , неизвестна сила  $N$ . Поэтому необходимо иметь еще одно соотношение, связывающее силу  $N$  с длиной участка  $l_1$ .

Из рис. 2 следует, что на участке  $mn$  чурак прямолинеен, поэтому изгибающий момент равен нулю. Взяв момент относительно точки  $m$ , получим

$$f = \frac{1}{2} \frac{N}{P} l_1. \quad (15)$$

Подставив это выражение в первое уравнение системы (14), найдем

$$C_1 \sin \alpha l_1 = 0. \quad (16)$$

Для нетривиального (отличного от нуля) решения

$$\sin \alpha l_1 = 0 \text{ и } \alpha l_1 = \pi. \quad (17)$$

Находим связь критической силы  $P_{\text{к}}(\alpha)$  с длиной участка  $l_1$

$$P_{\text{к}}(\alpha) = \left(\frac{\pi}{l_1}\right)^2 EI = \left(\frac{l}{l_1}\right)^2 P_{\text{эк}} \alpha^4. \quad (18)$$

Следовательно, эффективная длина чурака определяется частью его длины, не касающейся прижимной траверсы.

При потере устойчивости прямолинейного чурака ( $P > P_{\text{эк}} \alpha^4$ ) он касается прижимной траверсы в одной точке, тогда  $l_1 = 0,5l$ , и критическая сила, при которой криволинейный участок теряет устойчивость, определяется соотношением

$$P_{\text{к}}(\alpha) = 4P_{\text{эк}} \alpha^4. \quad (19)$$

В чем же состоит потеря устойчивости криволинейного чурака? Она заключается в росте длины участка  $l_2$  (начиная с нуля) и уменьшении длины участка  $l_1$ ;  $l_1$  связана с силой  $P$  (превышающей  $4P_{\text{эк}} \alpha^4$ ) соотношением

$$l_1 = \frac{\pi}{\alpha} = \pi \sqrt{\frac{EI}{P}}. \quad (20)$$

Но тогда участок  $\overline{mn}$  длиной  $l_2$  можно рассматривать как отдельный чурак, нагруженный осевой силой  $P > P_{\text{эк}} \alpha^4$ , имеющей жесткую заделку в точках  $m$  и  $n$ . Для такого чурака критическая сила

$$P_{\text{к}}(\alpha) = 4 \left(\frac{\pi}{l_2}\right)^2 EI = 4 \left(\frac{l}{l_2}\right)^2 P_{\text{эк}} \alpha^4. \quad (21)$$

Одновременно эта же сила является критической для участка I —  $m$  длиной  $l_1$  (уравнение 20).

Приравняв силы, получим

$$4 \left(\frac{l}{l_2}\right)^2 = \left(\frac{l}{l_1}\right)^2. \quad (22)$$

Из соотношения  $l = 2l_1 + l_2$  и уравнения (22) найдем предельные значения для длин участков  $l_1$  и  $l_2$ , при которых средняя прямолинейная часть чурака теряет устойчивость

$$l_1 = \frac{l}{4} \text{ и } l_2 = \frac{l}{2}. \quad (23)$$

Это произойдет при осевой силе

$$P_{\text{к}}(\alpha) = 16P_{\text{эк}} \alpha^4. \quad (24)$$

Здесь мы предполагали, что сила  $P$  остается постоянной, но даже при гидравлическом приводе зажима кулачков возможны короткие

увеличения и уменьшения силы  $P$ . В работе В. И. Феодосьева [3] показано, что при снижении осевой силы ее критическое значение следует уменьшать до  $9P_{\text{ЭК}}$ . Эту величину мы и примем за предельную.

По существу мы рассмотрели две предельные системы прижима. Все используемые конструкции как бы располагаются между этими системами. Если использовать изложенную выше методику, то анализ конструкций не вызывает затруднений.

В табл. 1 представлены сравнительные характеристики проанализированных систем. В четвертой графе этой таблицы даны предельные значения осевой сжимающей силы, выраженные через эйлеровскую критическую силу для шарнирной модели опор и для диаметра чурака, равного диаметру карандаша. В шестой графе приведено значение требуемого усилия прижима. Входящую в это выражение величину прогиба  $f$  берут из пятой графы; для пятой и шестой систем величину прогиба находят как сумму скоростной и нагрузочной ошибок

$$f = h_{\text{сумм}} = h_{\text{скор}} + h_{\text{нагр}}. \quad (25)$$

Для третьей системы (ЛУ17-4) значение прогиба определяют как ошибку  $\delta_z$ , равную сумме кинематической ошибки (зависящей от размеров подвески) и гидравлической составляющей (зависящей от объемных к.п.д. гидроцилиндров суппорта, гидроцилиндра прижима и соединительных трубопроводов).

В седьмой графе дано выражение для добавочного диапазона лущения. В результате использования прижимного устройства лущение возможно не до предельного диаметра  $d_n$ , а до диаметра, определяемого выражением

$$d_{\text{пр}} = d_n - \Delta d_n. \quad (26)$$

Например, в станке ЛУ17-4 лущение возможно до диаметра:

$$a) d_{\text{пр}} = d_n - \Delta d_n = \frac{\sqrt{2}}{2} d_n$$

при  $P_{\text{кр}} = 4P_{\text{ЭК}}$ ;

$$б) d_{\text{пр}} = d_n - \Delta d_n = \frac{\sqrt{3}}{3} d_n$$

при  $P_{\text{кр}} = 9P_{\text{ЭК}}$ .

Диаметр, до которого возможно лущение, можно определить на основе выражений восьмой графы. Значения для добавочной мощности, снимаемой с ходовых винтов и расходуемой на осуществление прижима, даны в девятой графе. Для четвертой системы добавочную мощность определяют из выражения

$$N_{\text{доп}} = N_c \frac{R}{P_p^n \eta_1},$$

где  $N_c$  — мощность, расходуемая на подачу суппорта;

$R$  — усилие, которое развивает исполнительный механизм прижима;

$P_p^n$  — нормальная составляющая силы резания;

$\eta_1$  — общий к.п.д. цепи передачи ходовые винты — прижимные ролики.

В графах 10 и 11 даны вертикальная и горизонтальная составляющие суммарной радиальной нагрузки на шпиндельные узлы. Остальные

обозначения, используемые в табл. 1, имеют следующий смысл:  $R$  — требуемое усилие исполнительного механизма в прижимном устройстве со следящей подачей;  $R_1$  — требуемое усилие прижима в системах, имитирующих следящие;  $R_2$  — усилие, развиваемое исполнительным механизмом прижима в системах с постоянным усилием прижима;  $G_{\text{ч}}$  — вес чурака;  $N_{\text{тр}}$  — силы трения;  $\psi_p$  — угол между равнодействующей сил резания и вертикалью;  $\psi_n$  — угол между усилием прижима и вертикалью;  $P_p$  — усилие резания;  $R_{\text{ш}}$  — радиальная нагрузка на шпиндель и ее составляющие  $R_{\text{ш}}^{\text{в}}$  и  $R_{\text{ш}}^{\text{г}}$ .

### Выводы

1. При создании большого реактивного момента на опорах нецелесообразно увеличивать осевую силу, так как скорость ее роста выше по сравнению со скоростью роста критической силы.

2. Использование систем с постоянным усилием прижима (по типу ЛУ17-3) на практике оказалось малоэффективно, так как не повышает устойчивость процесса.

3. Прижим с короткой подвеской и следящей системой позволяет увеличивать критическую силу в четыре раза. При возрастании длины подвески (прижимной траверсы) максимальная осевая сила может увеличиться в девять раз, то есть практически максимально допустимое значение этой силы определяется только условием разрушения чурака (раскалывания) без потери устойчивости по Эйлеру.

4. Конструкция ЛУ17-4 (с подвеской и жесткой синхронной подачей) обладает двумя существенными недостатками. Первый заключается в наличии значительной суммарной кинематической ошибки; при переходе к следящей системе этот недостаток можно ликвидировать. Другой недостаток системы — чрезмерная перегрузка ходовых винтов суппорта из-за отбора мощности на прижимное устройство; при использовании следящей системы указанный недостаток также ликвидируется. Этот недостаток присущ всем системам этого типа, например, в станке ГР37 «Raute» отбор мощности на прижим производится также с ходовых винтов.

5. Конструкция прижимного устройства станка 2НВ-66 «Raute» обладает крупным недостатком — чрезмерной перегрузкой шпиндельных узлов из-за радиальных сил. От этого недостатка можно избавиться, вводя следящую систему.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. Ф. Николаев. Устойчивость чурака при лущении. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1969. [2]. А. Ф. Николаев. Влияние осевой сжимающей силы на динамическую устойчивость чурака при лущении. Материалы научно-технической конференции, ЛТА, Л., 1968. [3]. В. И. Феодосьев. Избранные задачи и вопросы по сопротивлению материалов. Изд-во «Наука», М., 1967.

Поступила 25 января 1971 г.

УДК 674.047+541.123.81

## ИССЛЕДОВАНИЕ ГИГРОСКОПИЧЕСКОГО МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ

А. Д. ПИНЧЕВСКИЙ, Т. И. СОЛОВОВА

Львовский лесотехнический институт

Приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований контроля влажности древесины в процессе камерной сушки с помощью гигроскопического метода.

При гигроскопическом методе контроля влажности используют зависимость давления водяных паров внутри материала от его влажности. В основе метода лежит измерение электрических или других физических параметров гигроскопического датчика, приведенного в контакт с контролируемым материалом [1]. Между датчиком и контролируемым материалом устанавливается термодинамическое равновесие, которое создается путем контактного влагообмена или влагообмена через промежуточную среду. Статическая характеристика такого влагомера — зависимость выходного сигнала датчика от влажности контролируемого материала. Так как свойства датчика известны заранее и сравнительно мало меняются в процессе эксплуатации, то статическая характеристика влагомера отличается хорошей воспроизводимостью, что обеспечивает высокую точность измерения влажности.

В настоящее время гигроскопический метод широко применяют при контроле влажности почвы, бумаги, природных газов и других материалов [2] — [4]. В деревообрабатывающей промышленности этот метод пока не используют, что, по-видимому, объясняется его инерционностью и гистерезисом сорбции древесины.

На кафедре автоматизации производственных процессов Львовского лесотехнического института гигроскопический метод исследован применительно к контролю влажности пиломатериалов в процессе камерной сушки. Рассмотрена задача установления термодинамического равновесия между цилиндрическим образцом большой длины и помещенным внутрь него датчиком цилиндрической формы. Между датчиком и контролируемым образцом существует комбинированный контакт: через воздушную среду и непосредственно по некоторой поверхности касания. Решение такой задачи представляет определенные трудности. Поэтому вопрос термодинамического равновесия между датчиком и образцом решали на модельной системе.

Первая модельная система предполагала наличие контакта между образцом и датчиком через воздушную прослойку, причем объем промежуточной воздушной среды во много раз меньше объема, занимаемого датчиком и образцом. Поэтому первую систему можно рассматривать как систему трех неограниченных цилиндров (считая, что в воздушном промежутке отсутствуют конвективные потоки). Во второй модельной системе предполагался плотный контакт между датчиком и образцом; модель рассматривали как систему двух неограниченных цилиндров.

Обе модельные системы описываются дифференциальными уравнениями тепломассообмена [6]

$$\frac{\partial T_i(X, F_0)}{\partial F_0} = \frac{\partial^2 T_i(X, F_0)}{\partial X^2} + \frac{1}{X} \cdot \frac{\partial T_i(X, F_0)}{\partial X} - \varepsilon K_0 \frac{\partial U_i(X, F_0)}{\partial F_0}; \quad (1')$$

$$\frac{\partial U_i(X, F_0)}{\partial F_0} = \text{Lu} \left[ \frac{\partial^2 U_i(X, F_0)}{\partial X^2} + \frac{1}{X} \cdot \frac{\partial U_i(X, F_0)}{\partial X} \right] - \text{Lu Pn} \left[ \frac{\partial^2 T_i(X, F_0)}{\partial X^2} + \frac{1}{X} \cdot \frac{\partial T_i(X, F_0)}{\partial X} \right]; \quad i = 1, 2, 3. \quad (1'')$$

Задачу решали в обобщенных координатах при следующих краевых условиях:

а) для системы с воздушной прослойкой начальные условия

$$T_1(X, 0) = T_2(X, 0) = T_3(X, 0) = 0; \quad (2')$$

$$U_1(X, 0) = U_{2p}(X, 0) = U_3(X, 0) = 0; \quad (2'')$$

граничные условия

$$\frac{\partial T_1(0, F_0)}{\partial X} = \frac{\partial U_1(0, F_0)}{\partial X} = 0; \quad (3)$$

$$T_1(X_1, F_0) = T_2(X_1, F_0); \quad (4')$$

$$T_2(X_2, F_0) = T_3(X_2, F_0); \quad (4'')$$

$$U_1(X_1, F_0) = U_{2p}(X_1, F_0); \quad (5')$$

$$U_{2p}(X_2, F_0) = U_3(X_2, F_0); \quad (5'')$$

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} \cdot \frac{\partial T_1(X_1, F_0)}{\partial X} = \frac{\partial T_2(X_1, F_0)}{\partial X}; \quad (6')$$

$$\frac{\lambda_2}{\lambda_3} \cdot \frac{\partial T_2(X_2, F_0)}{\partial X} = \frac{\partial T_3(X_2, F_0)}{\partial X}; \quad (6'')$$

$$\frac{a_{m_1} \rho_{\text{ОД}}}{a_{m_2} \rho_{\text{ОВ}}} \cdot \frac{\partial U_1(X_1, F_0)}{\partial X} = \frac{\partial U_{2p}(X_1, F_0)}{\partial X}; \quad (7')$$

$$\frac{a_{m_2} \rho_{\text{ОВ}}}{a_{m_3} \rho_{\text{ОТ}}} \cdot \frac{\partial U_{2p}(X_2, F_0)}{\partial X} = \frac{\partial U_3(X_2, F_0)}{\partial X}; \quad (7'')$$

$$\frac{\partial T_3(1, F_0)}{\partial X} - \text{Bi}_q [1 - T_3(1, F_0)] + (1 - \varepsilon) K_0 \text{Lu Ki}_m \exp(-\text{Pd} F_0) = 0; \quad (8')$$

$$- \frac{\partial U_3(1, F_0)}{\partial X} + \text{Pn} \frac{\partial T_3(1, F_0)}{\partial X} + \text{Ki}_m \exp(-\text{Pd} F_0) = 0; \quad (8'')$$

б) для системы без воздушной прослойки

начальные условия

$$T_1(X, 0) = T_2(X, 0) = 0; \quad (9')$$

$$\Theta_1(X, 0) = \Theta_2(X, 0) = 0; \quad (9'')$$

граничные условия

$$\frac{\partial T_1(0, F_0)}{\partial X} = \frac{\partial \Theta_1(0, F_0)}{\partial X} = 0; \quad (10)$$

$$T_1(X_1, F_0) = T_2(X_1, F_0); \quad (11)$$

$$\Theta_1(X_1, F_0) = \Theta_2(X_1, F_0); \quad (12)$$

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_3} \cdot \frac{\partial T_1(X_1, Fo)}{\partial X} = \frac{\partial T_2(X_1, Fo)}{\partial X}; \quad (13')$$

$$\frac{\lambda_{m_1}}{\lambda_{m_2}} \cdot \frac{\partial \theta_1(X_1, Fo)}{\partial X} = \frac{\partial \theta_2(X_1, Fo)}{\partial X}; \quad (13'')$$

$$\frac{\partial T_2(1, Fo)}{\partial X} - \text{Bi}_q [1 - T_2(1, Fo)] + (1 - \varepsilon) \times \\ \times \text{Ko Lu Ki}_m \exp(-\text{Pd Fo}) = 0; \quad (14')$$

$$- \frac{\partial \theta_2(1, Fo)}{\partial X} + \text{Pn} \frac{\partial T_2(1, Fo)}{\partial X} + \text{Ki}_m \exp(-\text{Pd Fo}) = 0. \quad (14'')$$

Приняты следующие обозначения:

- $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$  — соответственно коэффициенты теплопроводности датчика, воздушной прослойки и образца;  
 $a_{m_1}, a_{m_2}, a_{m_3}$  — коэффициенты диффузии влаги датчика, воздушной прослойки и образца;  
 $T_i, U_i, \theta_i$  — безразмерные потенциалы переноса;  
 $\rho_{\text{од}}, \rho_{\text{ов}}, \rho_{\text{от}}$  — плотность абс. сухого тела соответственно датчика, воздушного столба, образца;  
 $X = \frac{x}{R}$  — безразмерная координата;  
 $x$  — текущая координата;  
 $R$  — радиус тела;  
 $\varepsilon$  — критерий фазового перехода;  
 $\text{Ko}$  — критерий Коссовича;  
 $\text{Pn}$  — критерий Поснова;  
 $\text{Fo}$  — критерий Фурье;  
 $\text{Lu}$  — критерий Лыкова;  
 $\text{Bi}_q$  — теплообменный критерий Био;  
 $\text{Ki}_m$  — массообменный критерий Кирпичева;  
 $\text{Pd}$  — критерий Предводителя;  
 $\lambda_{m_1}, \lambda_{m_2}$  — коэффициенты массопроводности соответственно датчика и образца.

В точках контакта между телами предполагалось граничное условие четвертого рода (то есть равенство потенциалов и потоков), а на поверхности внешнего цилиндра — граничное условие третьего рода (конвективный теплообмен).

Задачу решали методом интегрального преобразования Лапласа [5]. Решение получено в виде быстросходящихся бесконечных рядов экспоненциальных составляющих.

Анализ полученных соотношений показал, что даже при малых значениях критерия  $\text{Fo}$ , соответствующих продолжительности в несколько часов, всеми членами ряда, кроме первого, можно пренебречь.

Поэтому окончательные расчетные соотношения для средних безразмерных потенциалов переноса имеют следующий вид:

а) для системы с воздушной прослойкой

$$U_1 = - \frac{1}{\varepsilon \text{Ko}} \left\{ d_6 + \sum_{i=1}^2 K_{iPd} (1 - \nu_i^2) \exp(-\text{Pd Fo}) \right\}; \quad (15')$$

$$U_3 = - \frac{1}{\varepsilon \text{Ko}} \left\{ d_{10} + \sum_{i=1}^2 [L_{iPd} + M_{iPd}] (1 - \nu_i^2) \exp(-\text{Pd Fo}) \right\}; \quad (15'')$$

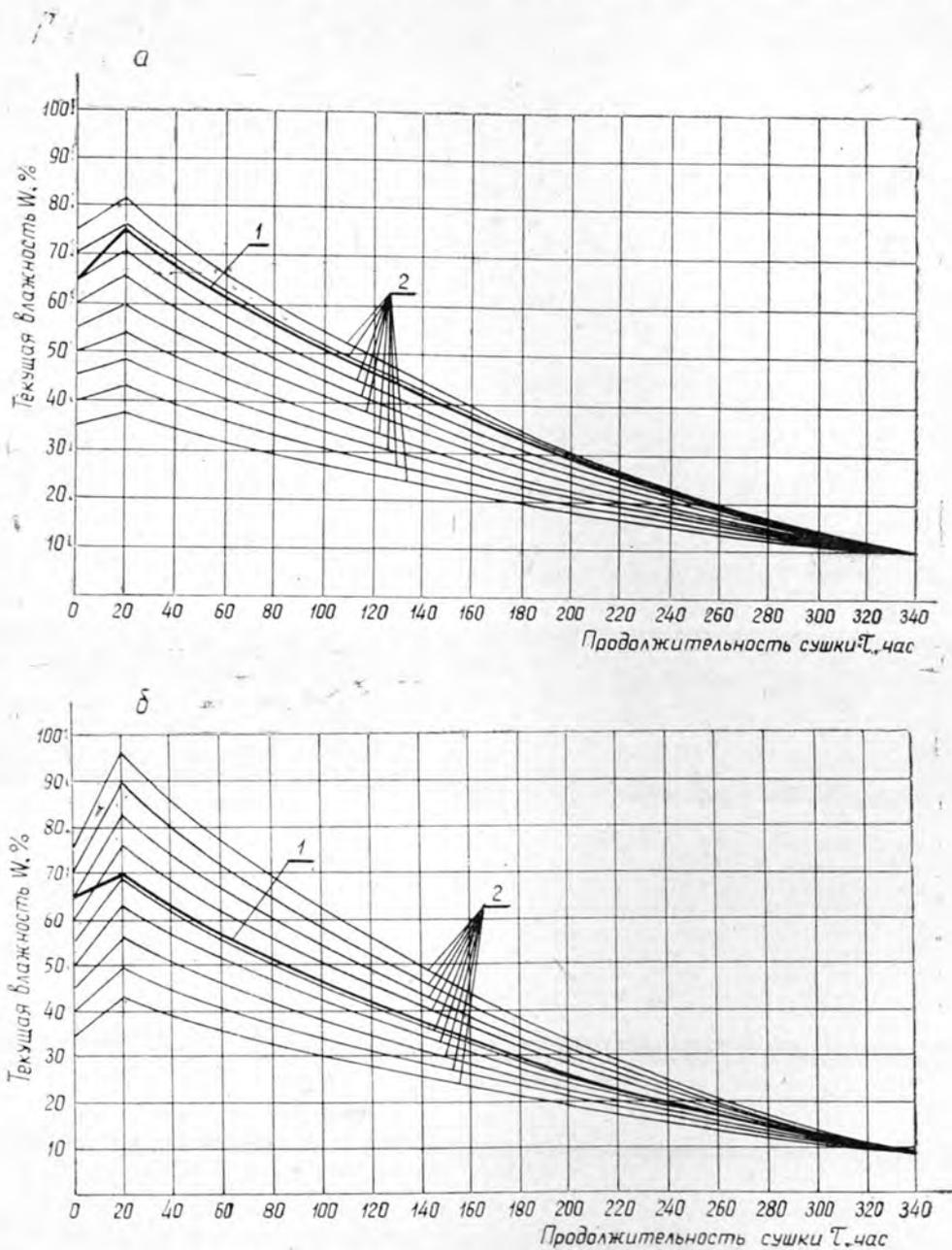


Рис. 1.

*a* — для системы с воздушной прослойкой; *б* — для системы без воздушной прослойки;  
 1 — для контрольного материала; 2 — для датчика с разной начальной влажностью.

б) для системы без воздушной прослойки

$$\Theta_1 = - \frac{1}{\varepsilon K_0} \left\{ d_2 + \sum_{i=1}^2 D_{iPd} (1 - \nu_i^2) \exp(-PdFo) \right\}; \quad (16')$$

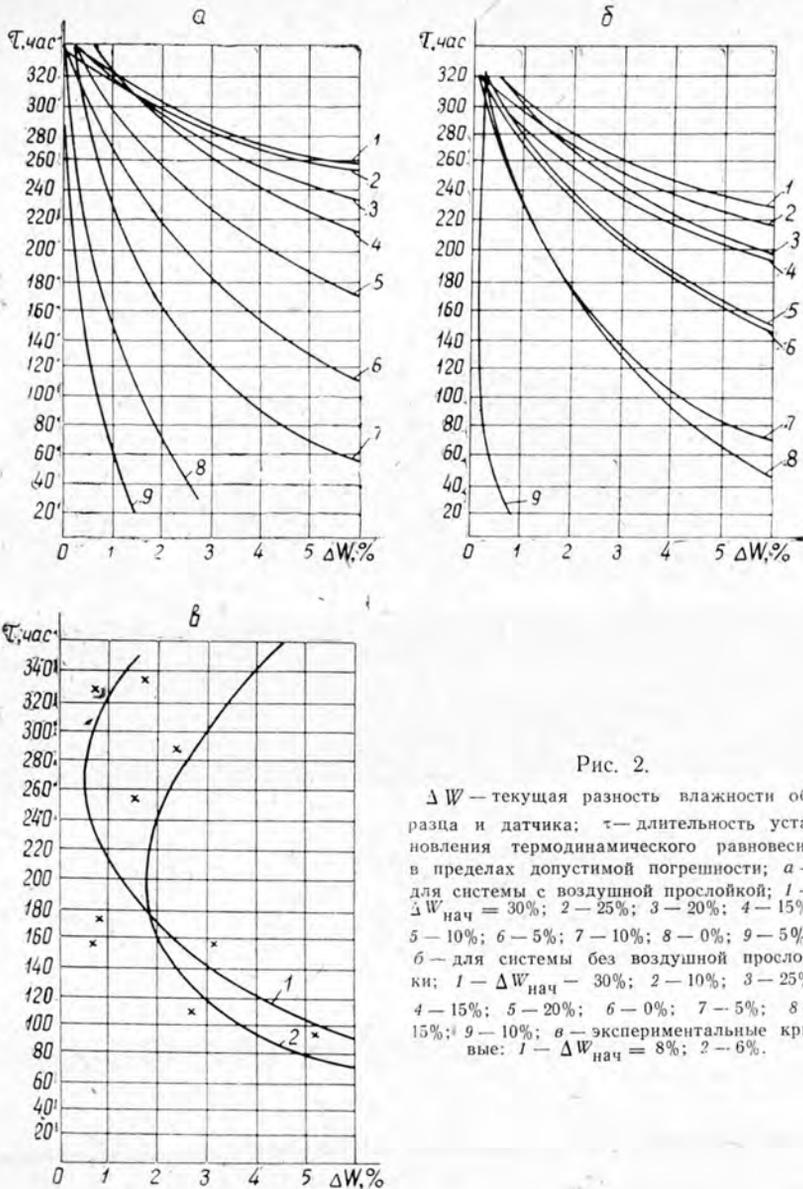


Рис. 2.

$\Delta W$  — текущая разность влажности образца и датчика;  $\tau$  — длительность установления термодинамического равновесия в пределах допустимой погрешности; а — для системы с воздушной прослойкой; 1 —  $\Delta W_{\text{нач}} = 30\%$ ; 2 — 25%; 3 — 20%; 4 — 15%; 5 — 10%; 6 — 5%; 7 — 10%; 8 — 0%; 9 — 5%; б — для системы без воздушной прослойки; 1 —  $\Delta W_{\text{нач}} = 30\%$ ; 2 — 10%; 3 — 25%; 4 — 15%; 5 — 20%; 6 — 0%; 7 — 5%; 8 — 15%; 9 — 10%; в — экспериментальные кривые: 1 —  $\Delta W_{\text{нач}} = 8\%$ ; 2 — 6%.

$$\theta_2 = - \frac{1}{\varepsilon K_0} \left\{ d_4 + \sum_{i=1}^n [N_{iPd} + S_{iPd}] (1 - \nu_i^2) \exp(-PdFo) \right\}, \quad (16'')$$

где  $d_2, d_4, d_6, d_{10}, K_{iPd}, L_{iPd}, M_{iPd}, D_{iPd}, N_{iPd}, S_{iPd}$  — постоянные коэффициенты;  
 $\nu_i$  — характеристические числа ( $i = 1, 2$ ).

Кривые сушки образца и датчика представлены на рис. 1, из которого видно, что начиная с некоторого времени  $\tau$  разность между влаж-

ностью материала и датчика становится меньше заданной погрешности  $\Delta W$ . На рис. 2 показаны зависимости  $\tau = f(\Delta W)$  для различных начальных разностей влажности материала и датчика ( $\Delta W_{\text{нач}}$ ). Как следует из этих кривых, при  $\Delta W = 3\%$  (в абсолютных единицах)  $\tau \leq 100-200$  час, если  $\Delta W_{\text{нач}} = 5 \div 10\%$ . Это означает, что гигроскопический метод можно использовать для непрерывного контроля влажности древесины, начиная со второй трети периода сушки.

Для проверки полученных теоретических результатов был проведен ряд экспериментов. Методика их состояла в следующем. В торце и в пласти контрольных образцов (дуб и бук, средние размеры  $60 \times 60$  мм) в шахматном порядке высверливали отверстия, в которые помещали датчики, отверстия закрывали пробками. В работе [1] указано, что наилучшие результаты можно получить при равенстве размеров пор датчика и влажного материала; это приводит к использованию в датчике самого исследуемого материала. В нашем случае датчики представляли собой цилиндрические стержни соответственно из материала дуба и бука. Образцы сушили в производственных условиях (на Львовской фирме «Карпаты»). В процессе сушки определяли текущую влажность образца и датчика весовым методом. По опытным данным строили кривые сушки образца и датчика.

Результаты экспериментальных исследований подтвердили теоретические предпосылки и позволили сделать следующие выводы: гигроскопический метод отличается высокой стабильностью и воспроизводимостью результатов, что позволяет эффективно применять его для контроля текущей влажности древесины в процессе ее сушки; при сушке буковых и дубовых пиломатериалов метод позволяет измерять влажность на втором и третьем этапах с погрешностью 3% и строить системы сигнализации окончания процесса сушки.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. М. А. Берлинер. Электрические измерения, автоматический контроль и регулирование влажности. Изд-во «Энергия», М.—Л., 1965. [2]. Г. Е. Вишневский, И. Е. Вишневский. Электрический сорбционный гигрометр. Журн. «Водоснабжение и санитарная техника» № 7, 1960. [3]. Л. И. Данилин. Измерение влажности почвы по омическому сопротивлению угольных электродов в стекловолокне, помещенных в почву. Журн. «Метеорология и гидрология» № 7, 1956. [4]. А. К. Карлов и др. Прибор для непрерывного определения влагосодержания природных газов. Журн. «Газовая промышленность» № 4, 1962. [5]. А. В. Лыков, Ю. А. Михайлов. Теория тепло- и массопереноса. Госэнергоиздат. М.—Л., 1963. [6]. А. В. Лыков. Теория сушки. Изд-во «Энергия», М., 1968.

## ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 634.0.6

**О ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРУДА  
УПРАВЛЕНЧЕСКОГО АППАРАТА В ЛЕСНИЧЕСТВАХ***И. В. ВОРОНИН, Б. А. ПАРШИН*

Воронежский лесотехнический институт

Предлагаются показатели учета производительности и эффективности труда работников административно-управленческого аппарата в целом.

Постоянный рост лесохозяйственного производства и технический прогресс предъявляют повышенные требования к системе управления. Традиционные приемы и методы уже не могут обеспечивать необходимой оперативности руководства и контроля за ходом производственного процесса.

Поэтому перед экономической наукой и практикой встает задача — тщательно изучить существующую систему управления и разработать мероприятия по повышению ее эффективности. В этих условиях важно создать оперативный, простой и экономичный аппарат управления. В последние годы на предприятиях лесного хозяйства больше внимания стали уделять совершенствованию работы руководящих и инженерно-технических работников и поискам объективных критериев оценки производительности их труда и эффективности различных структур аппарата управления лесничеств.

Результаты труда рабочих выражаются в конкретных материальных продуктах, которые создаются их непосредственным трудом. Деятельность инженерно-технических работников оценивается лишь через результаты труда всего коллектива лесхоза, лесничества, цехов и оказывает влияние на работу всего предприятия. Теория и методология оценки производительности и эффективности труда этой категории работников лесного хозяйства до сих пор не разработаны.

В системе управления производительность труда должна отражать способность управленческого персонала производить в единицу времени определенное количество продукции или полезной работы.

Некоторые авторы считают, что для предприятия в целом критерием, характеризующим эффективность системы управления, может выступать величина общей прибыли, приходящейся на 1 руб. затрат по содержанию инженерно-технических работников.

Однако для лесничеств прибыль далеко не всегда может быть принята в качестве критерия совершенствования организации управления производством. Уровень рентабельности нередко определяется не зависящими от данного лесничества факторами — удельным весом бюджетных лесохозяйственных работ и промышленной деятельности. При этом показатели прибыли характеризуют только одну сторону деятельности — промышленную. Лесохозяйственное производство имеет ряд отличительных особенностей, которые в известной степени затрудняют определение прибыли и экономической эффективности лесохозяйственных мероприятий.

Результаты деятельности большинства лесничеств мы видим через много лет, при главной рубке леса, что делает несколько условным сопоставление затрат и эффекта. Поэтому мы считаем, что показателем, характеризующим производительность труда инженерно-технических и руководящих работников лесного хозяйства, должно служить количество товарной продукции, выработанной в единицу времени, в отпускных ценах 1967 г. по промышленной деятельности и условно-стоимостной продукции в условных ценах 1965 г. по лесохозяйственной деятельности.

Однако рубль затрат в лесохозяйственной деятельности по трудоемкости не равен рублю промышленной деятельности, поэтому общий стоимостный объем работ, проводимых в лесничестве, можно определить по формуле, принятой Гослесхозом СССР,

$$P_y = 3U_{л/х} + U_{пром},$$

где  $P_y$  — общий объем условной продукции;

$U_{л/х}$  — объем лесохозяйственных работ в ценах 1965 г.;

$U_{пром}$  — объем реализованной продукции хозрасчетного производства в отпускных ценах 1967 г.

Так, в лесничестве площадью 12 тыс. га за 1969 г. было произведено товарной продукции на сумму 219,2 тыс. руб., а объем работ по лесному хозяйству составил 122,9 тыс. руб. Тогда общий стоимостный объем условной продукции за данный период

$$P_y = 3 \cdot 122,9 + 219,2 = 587,9 \text{ тыс. руб.}$$

Определенный таким образом общий стоимостный объем продукции может служить для расчетов производительности труда работников аппарата управления лесничеств. Для этой цели общий объем условной продукции распределяем пропорционально заработной плате, полученной каждой группой работающих. Считая, что размер заработной платы является объективным показателем количества и качества затраченного труда, общий объем условной продукции, приходящейся на долю каждого работника или группы работников, и производительность труда определим по формулам

$$B = \frac{U Z_p}{\Phi}; \quad \Pi = \frac{B}{M},$$

где  $B$  — стоимостный объем условной продукции, приходящейся на долю одного работника или группы работников;

$\Pi$  — показатель производительности труда за рабочую смену;

$U$  — общий стоимостный объем условной продукции лесничества, тыс. руб.;

$M$  — число отработанных человеко-смен;

$Z_p$  — фонд зарплаты отдельного работника или группы работников;

$\Phi$  — фактический фонд зарплаты всех работающих в лесничестве.

В табл. 1 приводятся данные о распределении зарплаты, затрат и производительности труда работников лесничества площадью 12 тыс. га, в одном из лесхозов Тамбовской области. Предлагаемый метод позволяет определить производительность труда для любого работника лесничества и сравнить ее с идентичными показателями по другому лесничеству.

Другой важный показатель работы аппарата управления лесничества — его эффективность. Абсолютную эффективность труда можно выразить достаточно определенно при помощи такого показателя, как

Т а б л и ц а 1

Категория работников лесничества	Фактическое количество работающих	Фонд заработной платы, руб.	Годовые трудозатраты, чел.-см.	Производительность труда, руб./чел.-см.
Лесничий	1	1440	305	28,65
Помощник лесничего	1	1020	305	20,29
Участковый техник-лесовод	2	1800	610	17,91
Лесник	12	9360	3660	15,52
Механик	1	1404	305	27,94
Мастер лесных культур	1	840	305	16,71
Мастер деревообработки	1	1020	305	20,29
Бухгалтер	1	900	305	17,91
Учетчик-кассир	1	780	305	15,52
Итого	21	18564	6405	17,59
Лесохозяйственные рабочие		37731	19349	11,83
Промышленные рабочие		40330	12371	19,78
Итого		78061	31720	14,93
Всего		96625	38125	15,38

величина общей условной продукции, приходящейся на рубль затрат по содержанию аппарата управления. Такой методологический прием, позволяющий оценивать эффективность труда административно-управленческих работников лесничества по совокупным результатам труда всего коллектива, представляется вполне логичным хотя бы потому, что от их работы, настойчивости и способностей зависит использование всех других ресурсов: рабочей силы, техники, оборудования и денежных средств.

Если отношение продукта труда работников предприятия к стоимости производственных фондов выражает фондоотдачу, то отнесение его к сумме заработной платы административно-управленческого персонала лесничества, очевидно, даст возможность характеризовать эффективность их труда. В нашем примере стоимость общей условной продукции лесничества (587,9 тыс. руб.) относим к фонду заработной платы управленческих работников (18564 руб.) и получаем эффективность затрат на оплату труда управленческого персонала лесничества (31,66 руб.). Таким образом, на каждый рубль по содержанию управленческого аппарата данного лесничества производится общей условной продукции на сумму 31 р. 66 к.

Повышение абсолютной эффективности труда этой категории работников лесничества, то есть изменение эффективности оплаты их труда за определенный период времени, должно найти выражение в увеличении объема валовой продукции, приходящейся на 1 руб. затрат по содержанию аппарата управления. Если предположить, что условия производства в лесничестве оставались постоянными в течение рассматриваемого времени, а менялась производительность труда работников управления, то повышенную абсолютную эффективность их труда можно представить в виде прироста объема валовой продукции в стоимостном выражении, приходящейся на рубль затрат по их содержанию в процентном отношении. Данное положение можно выразить формулой

$$\mathcal{E}_{\text{ап. вып}} = \left( \frac{Y_2}{Z_2} : \frac{Y_1}{Z_1} \right) \cdot 100\%,$$

где  $Y_1$  и  $Y_2$  — объем валовой продукции, относящейся к затратам управленческого труда, созданной в данный и равновеликий прошлый периоды времени;

$Z_1$  и  $Z_2$  — сумма затрат лесничества по содержанию аппарата управления в данном и прошлом периодах, руб.

Так, с 1969 г. по 1970 г. штат лесничества оставался неизменным, однако производительность труда аппарата управления изменилась (за 1970 г. было произведено условной продукции на сумму 824,0 тыс. руб.). Следовательно, абсолютная эффективность управленческого труда по отношению к 1969 г. составила

$$Э_{\text{ап. упр}} = \left( \frac{824000}{18564} : \frac{587900}{18564} \right) \cdot 100 = 140\%,$$

то есть увеличилась на 40%.

Совершенствование системы управления неизбежно связано с повышением затрат на техническое оснащение труда управленческого аппарата (средствами передвижения, связи, информации, вычислительными машинами). Поэтому как производительность труда, так и эффективность деятельности управленческого аппарата следует определять не на 1 руб. затрат фонда заработной платы по содержанию административного аппарата, а на 1 руб. общих административно-управленческих расходов (то есть с учетом амортизации технических средств управления).

Данный способ оценки эффективности труда работников аппарата управления лесничеств в принципе прост и достаточно конкретен. Он дает возможность разработать систему нормативов, которая стимулировала бы лесничества производить больше продукции с меньшей численностью управленческого персонала.

Поступила 12 февраля 1974 г.

УДК 621.311.031.001.2

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПЛЕКСНЫХ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В. А. БУКШТЫНОВ

Московский лесотехнический институт

На базе корреляционного анализа выведены уравнения связи между основными электроэнергетическими характеристиками комплексных лесохозяйственных предприятий: мощностью трансформаторной подстанции, расходом электроэнергии и объемом выпускаемой продукции. Высокие значения линейного коэффициента корреляции указывают на существенную тесноту связи и свидетельствуют о возможности использования полученных уравнений для определения в первом приближении потребной мощности трансформаторной подстанции и предполагаемого расхода электроэнергии проектируемого комплексного лесохозяйственного предприятия.

Почти все предприятия лесного хозяйства в большей или меньшей степени используют для производственных нужд электрическую энергию. На лесохозяйственных предприятиях Российской Федерации и Украины ежегодно потребляются сотни миллионов кВт·ч электроэнергии. Примерно 50% предприятий получают электроэнергию от государственных энергосистем. Для этого построены специальные высоко-

вольтные линии электропередачи и трансформаторные подстанции. Остальные предприятия получают электроэнергию от собственных автономных электростанций небольшой мощности. В качестве первичного двигателя электростанций в большинстве случаев используются двигатели внутреннего сгорания.

Электроэнергетика лесохозяйственных предприятий пока недостаточно изучена, поэтому большой практический интерес представляет исследование закономерностей, распределяющих мощность трансформаторных подстанций и годовой расход электроэнергии в зависимости от объема продукции, выпускаемой комплексным лесохозяйственным предприятием. Кафедрой электротехники и электропривода Московского лесотехнического института проведено исследование электроэнергетики ряда предприятий лесного хозяйства, результаты которого дают возможность разработать некоторые рекомендации по определению основных электроэнергетических параметров и по рациональному построению систем электроснабжения этих предприятий.

Электроэнергетика предприятий лесного хозяйства, как и других отраслей народного хозяйства, осуществляющих материальное производство, в первую очередь, зависит от объема производства и от уровня механизации, автоматизации и электрификации производственных процессов. Предприятия лесного хозяйства имеют многоотраслевой характер. Как известно, они выполняют самые разнообразные функции: управление лесами как общенародной собственностью; выращивание и воспроизводство леса; лесозексплуатацию и первичную переработку древесины; сельскохозяйственные работы и производство на базе продуктов побочного пользования лесом; техническое и материальное обслуживание производства; капитальное строительство; комплексное использование древесной зелени, дров, сучьев, пней, коры, дикорастущих плодов, ягод, грибов, лекарственного и технического сырья.

В общей сложности предприятия лесного хозяйства выпускают более 500 видов предметов производственного и культурно-бытового назначения, а также хозяйственного обихода. В течение восьмой пятилетки производство товаров и изделий из древесины и древесных от-

Т а б л и ц а 1

Тип предприятия	Вид зависимости	Средние значения исследуемых параметров		Дисперсии исследуемых параметров		Момент корреляции $\rho \cdot 10^6$	Коэффициент корреляции $r$	Уравнения регрессии $y = a + bx$
		$\bar{x} \cdot 10$	$\bar{y} \cdot 10^2$	$\sigma_x \cdot 10^3$	$\sigma_y \cdot 10^3$			
ЛК	$M(P)$	1,953	7,53	1,37	3,00	0,34	0,83	$M = 260 + 0,251P$ $\mathcal{E} = 210 + 0,341P$
	$\mathcal{E}(P)$	3,381	12,40	3,08	9,25	2,70	0,90	
ЛПХ	$M(P)$	2,000	8,58	1,14	5,00	0,56	0,92	$M = 20 + 0,431P$ $\mathcal{E} = 100 + 0,351P$
	$\mathcal{E}(P)$	1,715	7,01	1,22	4,56	0,51	0,90	
МЛХ	$M(P)$	0,384	2,20	0,36	1,83	6,27	0,91	$M = 50 + 0,471P$ $\mathcal{E} = 20 + 0,721P$
	$\mathcal{E}(P)$	0,337	2,24	0,18	1,32	2,31	0,93	
ЛХ	$M(P)$	0,447	1,98	0,26	1,03	2,49	0,89	$M = 38 + 0,371P$ $\mathcal{E} = 58 + 0,351P$
	$\mathcal{E}(P)$	0,396	2,06	0,11	1,36	1,44	0,94	
ЛХЗ	$M(P)$	0,815	2,94	0,60	0,96	4,83	0,84	$M = 120 + 0,181P$ $\mathcal{E} = 44 + 0,551P$
	$\mathcal{E}(P)$	0,380	2,54	0,29	1,72	4,82	0,93	

Примечание.  $x = P$  — объем совокупного производства, тыс. руб.;  $y = M$  — мощность трансформаторной подстанции, кВ.А;  $y = \mathcal{E}$  — годовой расход электроэнергии, тыс. кВ.ч.

ходов было расширено благодаря строительству 500 новых и реконструкции 450 действующих цехов и мастерских. К 1975 г. предполагается завершить строительство новых и реконструкцию 1000 действующих деревообрабатывающих и других цехов лесохозяйственных предприятий.

Все изложенное подтверждает актуальность задачи исследования электроэнергетики предприятий лесного хозяйства, в первую очередь, таких основных параметров, характеризующих энергоемкость предприятия, как мощность основного источника электроэнергии и годовой расход электроэнергии.

Анализ основных электроэнергетических характеристик лесохозяйственных предприятий сделан нами применительно к типам действующих предприятий: лесхозам (ЛХ), мехлесхозам (МЛХ), леспромхозам (ЛПХ), лесокombинатам (ЛК) и лесхозагам (ЛХЗ). На основании данных, собранных по 20 предприятиям каждого типа, методом корреляционного анализа исследованы связи между мощностью трансформаторных подстанций, годовым расходом электроэнергии и объемом продукции, выпускаемой предприятием. Как показывает табл. 1, высокие значения линейного коэффициента корреляции свидетельствуют о значительной степени связи соответствующих параметров и указывают на возможность использования полученных уравнений для познавательных и практических целей. На рис. 1—3 представлены графики зависимости мощности трансформаторной подстанции и годового расхода электроэнергии от объема продукции, выпускаемой лесохозяйственным предприятием. Для всех типов предприятий эти зависимости являются линейными и справедливы в определенных диапазонах изменения аргумента (объема продукции): для наиболее энергоемких предприятий (лесокombинатов и леспромхозов) — от 0,1 до 5 млн. руб./год, для мехлесхозов и лесхозов — от 0,1 до 0,7 млн. руб./год и для лесхозагов — от 0,1 до 1,5 млн. руб./год. Указанные ограничения отражают сложившиеся соотношения. Например, опыт эксплуатации

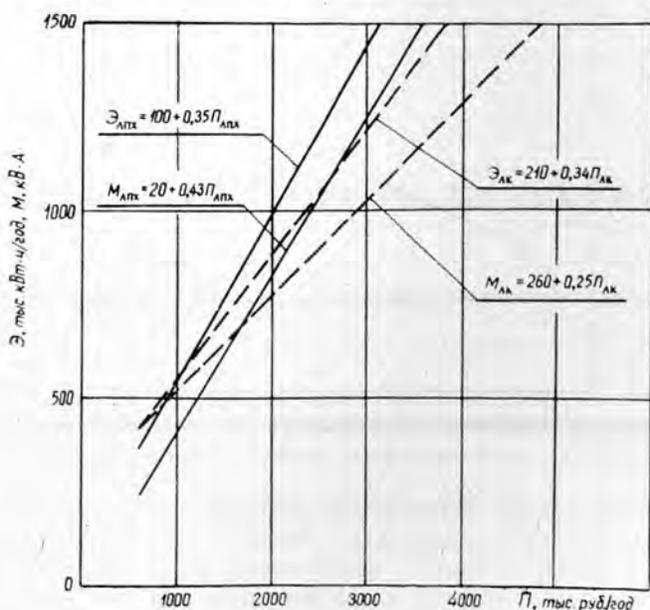


Рис. 1.

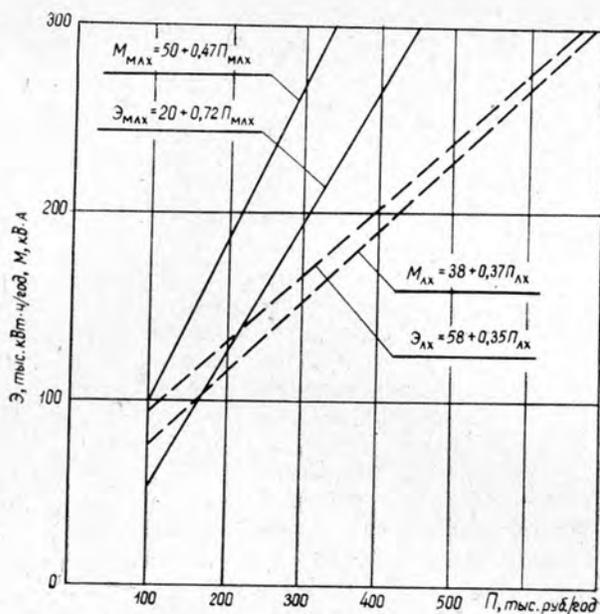


Рис. 2.

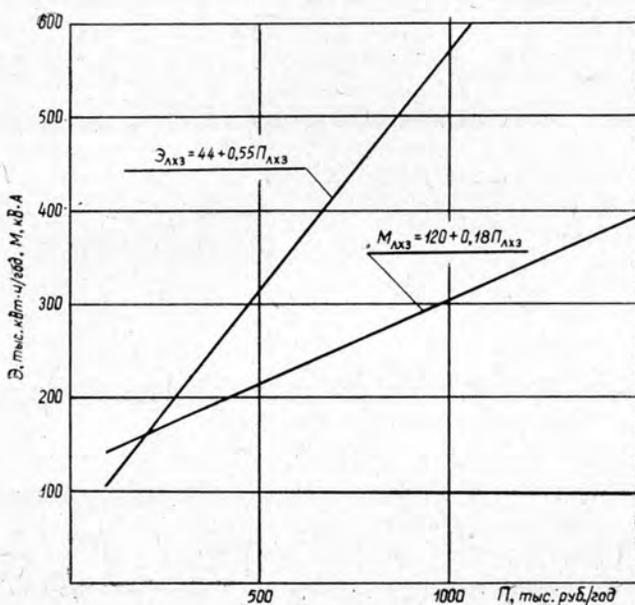


Рис. 3.

электроэнергетического оборудования показывает, что на предприятии с годовым объемом продукции в 0,1 млн. руб./год и менее установка трансформаторной подстанции мощностью ниже 100 кВт·А технически и экономически нецелесообразна. Анализ рис. 1 показывает далее, что зависимости  $M(П)$  и  $Э(П)$  для лесокомбинатов и леспромхозов довольно близки друг к другу. Это согласуется с тем, что принятое в

настоящее время в лесном хозяйстве определение размеров предприятий и перевод их из одного разряда в другой носит условный характер. Следовательно, с точки зрения электроэнергетических характеристик эти два типа предприятий можно было бы отнести к одной категории. Сказанное, с несколько меньшим основанием, может быть применено к мехлесхозам и лесхозам, исследуемые зависимости для которых изображены на рис. 2. Здесь лишь ярче выражена тенденция более быстрого возрастания  $M$  и  $\mathcal{E}$  с ростом  $P$  для мехлесхозов, чем для леспромхозов (рис. 1). Электроэнергетические характеристики лесхоззагов существенно отличаются от соответствующих характеристик предыдущих четырех типов лесохозяйственных предприятий: с ростом объема выпускаемой продукции расход электроэнергии возрастает значительно быстрее, чем мощность трансформаторной подстанции (рис. 3). Очевидно, это объясняется особенностями структуры и режимов работы производственных комплексов лесхоззагов.

Поступила 6 августа 1973 г.

УДК 658.27

## УРОВЕНЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОСНОВНЫХ ФОНДОВ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В ПОЛЕСЬЕ УССР

В. А. БУЗУН

Полесская агролесомелиоративная опытная станция УкрНИЛХА

В лесхозагах полесских областей Украинской ССР в течение последнего десятилетия (1961—1970 гг.) существенно возросли фондооснащенность, объем производства, фондовооруженность и производительность труда. В то же время фондоотдача в лесном хозяйстве падает, а фондоемкость увеличивается. Неблагоприятные тенденции будут преодолены к концу 80-х годов после завершения механизации основных работ.

По обеспеченности основными фондами лесное хозяйство отстает от многих других отраслей. Это заметно и в районах высокоинтенсивного лесохозяйственного производства. В Украинской ССР до войны и в послевоенные годы основные фонды лесного хозяйства росли очень медленно. В 1949—1952 гг. наблюдалось заметное их увеличение, в 1953—1954 гг. — некоторое уменьшение. Лишь с 1956 г. темпы роста начали существенно повышаться [5]. Коренная реорганизация лесного хозяйства в 1959 г. привела к новым возможностям для привлечения техники на работу в лесу.

Значительный объем основных фондов сосредоточен в лесохозяйственных предприятиях полесских областей УССР (Волинская, Ровенская, Житомирская, Киевская и Черниговская), где находится свыше 40% лесов республики. По состоянию на 1 января 1961 г. на балансе лесхоззагов этих областей числились основные фонды на сумму 32,1 млн. руб. по первоначальной стоимости, а за 1961—1970 гг. их объем возрос до 56,6 млн. руб. Среднегодовой темп прироста всех основных фондов лесхоззагов за десятилетие, определенный по базисному принципу [6], составил 7,6%, а основных фондов лесного хозяйства — 8,8%. Существенно увеличился удельный вес активной части — рабочих машин и механизмов, тракторов, транспортных средств.

В результате изменения объема и структуры основных фондов значительно выросла фондовооруженность труда. Если в 1961 г. фон-

довооруженность одного рабочего, занятого в лесном хозяйстве, составила 741 руб. а в лесной промышленности — 1141 руб., то в 1970 г. соответственно 1471 и 1813 руб. Хотя отставание лесохозяйственного производства от лесопромышленного по фондовооруженности труда, существовавшее в 1961 г., в течение десятилетия сократилось, полностью оно еще не преодолено. Уровень механизации наиболее трудоемких лесохозяйственных мероприятий в лесхозагах украинского Полесья ниже уровня механизации основных лесозаготовительных работ. Например, в 1971 г. посев и посадка леса здесь были механизированы на 49%, подготовка почвы под лесные культуры — на 89, уход за лесными культурами — на 49, заготовка древесины при рубках ухода за лесом — на 58, в том числе в молодняках — на 23%. В то же время валка леса на лесосеках главного пользования была механизирована на 100%, а вывозка древесины — на 99%. Поэтому в восьмой пятилетке темпы прироста фондовооруженности труда в лесопромышленной деятельности снизились и составили в среднем за год 1,6%, а в лесохозяйственной деятельности, наоборот, повысились до 9%. Такое же соотношение темпов роста основных фондов сохраняется в текущей пятилетке.

В современных условиях главным направлением подъема производства становится его интенсификация. Рост объема основных фондов должен сопровождаться улучшением их использования. Эффективность живого труда характеризуется его производительностью, эффективность использования основных фондов — показателем фондоотдачи. Наилучший результат достигается, естественно, в случае, когда научно-технический прогресс сопровождается ростом производительности труда и фондоотдачи. Однако сейчас в лесном хозяйстве одной из главных задач, которые решаются в процессе расширенного воспроизводства основных фондов, является механизация трудоемких работ, уменьшение затрат труда рабочих. В этом случае фондоотдача может временно снижаться. Эта тенденция в лесохозяйственном производстве отмечалась ранее [4]. Она подтверждается и на примере полесских областей Украинской ССР (табл. 1).

Таблица 1

Показатели	Величина показателей, % к 1961 г.					
	лесное хозяйство			лесозаготовки		
	1961 г.	1965 г.	1970 г.	1961 г.	1965 г.	1970 г.
Объем основных фондов	100	140	181	100	120	145
Объем производства*	100	107	107	100	84	113
Трудозатраты	100	86	71	100	87	75
Выработка на одного рабочего	100	104	118	100	115	137
Фондовооруженность одного рабочего	100	130	189	100	146	159
Фондоотдача	100	92	59	100	53	66
Фондоемкость	100	103	167	100	191	153

\* Для лесного хозяйства — в условных ценах 1965 г., для лесозаготовок — товарная продукция в ценах на 1 июля 1967 г.

Обстоятельный экономический анализ использования основных фондов в лесохозяйственном производстве во многом ограничен из-за недостатков их учета [1—3], но позволяет все же, при соответствующих оговорках, показать основные тенденции динамики таких показателей, как фондовооруженность одного рабочего, фондоотдача, фондоемкость единицы продукции. Приведенные данные свидетельствуют о том, что в рассматриваемый период объем основных фондов и объем

работ лесхоззагов возрастали. Рост фондовооруженности труда нашел отражение в снижении трудозатрат и увеличении выработки на одного рабочего. Однако параллельно наблюдалось падение фондоотдачи. В течение 1962—1965 гг. среднегодовой темп снижения фондоотдачи в лесном хозяйстве составил 2%, а в среднем за 1966—1970 гг. — уже 7,8%. Поскольку до сих пор более половины всего объема лесохозяйственных работ выполняется вручную, можно предположить, что фондоотдача будет снижаться и в последующие годы. По мере того, как механизация всех трудоемких работ будет завершаться, а главным направлением станет интенсификация использования основных производственных фондов, падение фондоотдачи должно прекратиться. Это предположение находит подтверждение, если проследить динамику фондоотдачи на лесозаготовках. В период с 1961 г. по 1965 г. фондоотдача в лесопромышленном производстве лесхоззагов полесских областей снижалась в среднем на 11,7% в год, а после завершения механизации основных лесозаготовительных работ и существенного улучшения использования основных фондов падение фондоотдачи прекратилось. Среднегодовой темп прироста ее в 1966—1970 гг. составил 4,8%.

Таблица 2

Показатели	Год	Величина показателей, руб., в лесном хозяйстве (числитель) и на лесозаготовках (знаменатель) по областям					
		Волинская	Ровенская	Житомирская	Киевская	Черниговская	в среднем для Полесья УССР
Фондовооруженность одного рабочего	1961	<u>724</u>	<u>505</u>	<u>999</u>	<u>963</u>	<u>733</u>	<u>777</u>
		<u>1907</u>	<u>1110</u>	<u>1225</u>	<u>789</u>	<u>626</u>	<u>1141</u>
	1965	<u>862</u>	<u>769</u>	<u>1348</u>	<u>1336</u>	<u>753</u>	<u>1010</u>
		<u>2067</u>	<u>1742</u>	<u>1664</u>	<u>1373</u>	<u>1351</u>	<u>1671</u>
	1970	<u>1801</u>	<u>1098</u>	<u>1506</u>	<u>1867</u>	<u>1301</u>	<u>1471</u>
		<u>1727</u>	<u>1885</u>	<u>1792</u>	<u>2174</u>	<u>1458</u>	<u>1813</u>
Фондоотдача	1961	<u>3,25</u>	<u>2,41</u>	<u>2,37</u>	<u>2,30</u>	<u>3,16</u>	<u>2,96</u>
		<u>1,72</u>	<u>2,80</u>	<u>2,83</u>	<u>4,41</u>	<u>5,46</u>	<u>2,90</u>
	1965	<u>2,82</u>	<u>2,74</u>	<u>1,58</u>	<u>1,83</u>	<u>3,09</u>	<u>2,88</u>
		<u>1,19</u>	<u>1,41</u>	<u>1,53</u>	<u>2,15</u>	<u>1,91</u>	<u>1,54</u>
	1970	<u>1,75</u>	<u>2,17</u>	<u>1,75</u>	<u>1,31</u>	<u>1,77</u>	<u>1,75</u>
		<u>2,07</u>	<u>1,86</u>	<u>1,83</u>	<u>1,68</u>	<u>2,49</u>	<u>1,92</u>
Фондоемкость	1961	<u>0,31</u>	<u>0,41</u>	<u>0,42</u>	<u>0,44</u>	<u>0,32</u>	<u>0,34</u>
		<u>0,58</u>	<u>0,36</u>	<u>0,35</u>	<u>0,23</u>	<u>0,18</u>	<u>0,34</u>
	1965	<u>0,36</u>	<u>0,36</u>	<u>0,63</u>	<u>0,54</u>	<u>0,32</u>	<u>0,35</u>
		<u>0,84</u>	<u>0,71</u>	<u>0,65</u>	<u>0,46</u>	<u>0,52</u>	<u>0,65</u>
	1970	<u>0,57</u>	<u>0,46</u>	<u>0,57</u>	<u>0,76</u>	<u>0,56</u>	<u>0,57</u>
		<u>0,48</u>	<u>0,54</u>	<u>0,55</u>	<u>0,60</u>	<u>0,40</u>	<u>0,52</u>

Такого же рода тенденции прослеживаются в динамике фондоотдачи на лесохозяйственных предприятиях каждой области (табл. 2). Следует, однако, отметить большие пределы колебания этого показателя, являющиеся результатом неодинаковой обеспеченности предприятий основными фондами и различного уровня использования имеющихся машин и оборудования.

Существовавший ранее разрыв в обеспеченности предприятий основными фондами в последние годы значительно сократился. Однако уровень использования техники, имеющейся в лесном хозяйстве, все еще остается низким. Велико число целосменных и внутрисменных

простоев машин и оборудования по различным причинам. Коэффициент использования времени тракторов, например, в лесхозагах украинского Полесья колеблется в пределах 0,49—0,60, коэффициент технической готовности составляет 0,63—0,92. Коэффициент сменности редко превышает 1,0. Сменная производительность трелевочных тракторов и нагрузка на рейс автомобилей ниже нормативной на 10—25%. Здесь кроются немалые резервы повышения эффективности основных фондов, использование которых путем правильной организации производства позволит преодолеть тенденцию к дальнейшему понижению фондоотдачи.

Для определения объема основных фондов и капиталовложений в лесное хозяйство на перспективу необходимо разработать их научно обоснованные нормы с учетом увеличения объема производства и роста производительности труда. В качестве норматива основных фондов может быть принята фондоемкость продукции (на 1000 руб. объема производства в основных ценах 1965 г. — в лесном хозяйстве и на 1000 руб. товарной или реализованной продукции — в лесопромышленном производстве), выражаемая формулой

$$\Phi_e = \frac{\Phi}{П},$$

где  $\Phi_e$  — фондоемкость;

$\Phi$  — объем основных производственных фондов;

$П$  — объем производства.

На протяжении последнего десятилетия в полесских областях УССР рост основных фондов в несколько раз опережал темпы роста объема производства. В результате фондоемкость увеличилась в лесном хозяйстве на 67%, а на лесозаготовках — на 53%. Это еще раз свидетельствует о том, что внимание планирующих органов в лесном хозяйстве должно быть направлено на сбалансированность роста основных фондов с ростом объема производства и производительности труда.

Сложившиеся тенденции развития экономики лесного хозяйства могут измениться только по прошествии некоторого периода. Поэтому следует, по аналогии с лесозаготовками, сделать вывод о том, что неблагоприятные явления в использовании основных фондов лесного хозяйства могут быть преодолены полностью уже к концу 80-х годов. К тому времени, при сохранении высоких темпов роста производительности труда, сначала стабилизируются, а затем и изменятся в желательном направлении показатели фондоотдачи и фондоемкости продукции лесохозяйственных предприятий.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. С. Ф. Викулов, М. П. Ковальков. О повышении эффективности использования основных производственных фондов в лесном хозяйстве. Сб. «Лесоведение и лесное хозяйство», вып. 3, изд-во «Высшая школа», Минск, 1970. [2]. С. Ф. Викулов, М. П. Ковальков. Структура и пути улучшения использования основных производственных фондов в лесхозагах БССР. БелНИИНТИ, Минск, 1972. [3]. М. П. Ковальков, С. Ф. Викулов. Структура основных фондов лесхозов Белоруссии. Журн. «Лесное хозяйство» № 7, 1971. [4]. А. Е. Смерчинский. Використання основних виробничих фондів у лісовому господарстві. «Вісник сільськогосподарської науки» № 10, Київ, 1965. [5]. А. Г. Солдатов. Вопросы планирования при комплексном ведении лесного хозяйства. Госсельхозиздат УССР, Киев, 1961. [6]. С. С. Якубян. Вопросы обработки динамических данных для экономических исследований. Изд. ЛТА, Л., 1958.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 631.472

**МАТЕРИАЛЫ К ХАРАКТЕРИСТИКЕ ПЕСТРОТЫ  
МОРФОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВЕРХНИХ ГОРИЗОНТОВ  
ЛЕСНЫХ ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ**

Б. Д. ЗАЙЦЕВ

ВНИИЛМ

Изучается вопрос о мощности верхних генетических горизонтов лесных подзолистых почв в пределах элементарного выдела на двух объектах при 25-кратной повторности. Сделаны выводы на основании биометрических показателей.

В полевой обстановке свойства почвенного покрова могут быть определены по таким внешним признакам, как мощность и окраска генетических горизонтов профиля почвы. При этом лесные подзолистые почвы могут иметь различные морфологические свойства даже на ограниченной территории, включаемой в элементарный почвенный выдел. Это явление, прежде всего, вызвано оподзоливанием и накоплением органического вещества в генетических горизонтах. Объективная характеристика такой неоднородности может быть дана методами биометрии.

Биометрия [2] характеризует неоднородность изучаемого объекта следующими основными показателями: лимит — предельные колебания полученных цифр; размах — разность между наибольшим и наименьшим значением признака; *M* — среднее арифметическое значение признака; *m* — средняя квадратическая ошибка; *P* — процентирующая ошибка; *V* — коэффициент вариации.

Мы изучали мощность генетических горизонтов почвы на двух объектах (Московская область). I объект — Хомяковское лесничество, вырубка, площадь 1,25 га. II объект — Красноармейское лесничество, вырубка, площадь 0,65 га.

На каждом из этих объектов было заложено по 25 прикопок глубиной 0,5 м и произведены замеры мощности генетических горизонтов.

Результаты биометрической обработки замеров даны в табл. 1. В ней приведены цифры как по отдельным горизонтам, так и по сумме горизонтов. Эти цифры показывают значительные колебания мощности генетических горизонтов на ограниченных территориях, включаемых в элементарный почвенный выдел. Такая неоднородность имеет характер беспорядочной пятнистости.

Таблица 1

Элементарный почвенный выдел	Генетические горизонты	Мощность генетических горизонтов					
		лимиты, см	размах, см	<i>M</i>	<i>m</i>	<i>P</i>	<i>V</i>
I объект — мелкодерновая среднеподзолистая почва на тяжелом покровном суглинке	A <sub>0</sub>	1—6	5	3,2	0,25	7,8	39
	A <sub>1</sub>	4—17	13	9,6	0,74	7,7	39
	A <sub>2</sub>	6—23	17	12,4	0,94	7,6	38
	A <sub>2</sub> B	10—32	22	15,4	1,03	6,7	34
	A <sub>1</sub> + A <sub>2</sub>	13—38	25	22,0	1,09	5,0	25
	A <sub>1</sub> + A <sub>2</sub> + A <sub>2</sub> B	23—59	36	37,4	1,50	4,0	20
II объект — мелкодерновая слабоподзолистая почва на тяжелом покровном суглинке	A <sub>1</sub>	4—10	6	6,8	0,35	5,1	25
	A <sub>1</sub> —A <sub>2</sub>	8—22	14	13,4	0,70	5,2	26
	A <sub>2</sub> B	9—25	16	13,4	0,74	5,5	28
	A <sub>1</sub> + A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	12—28	16	20,2	0,67	3,3	17
	A <sub>1</sub> + A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> + A <sub>2</sub> B	22—40	18	33,6	0,92	2,7	14

Можно также видеть, что в условиях морфологически резко выраженного процесса подзолообразования (I объект) мощность верхних генетических горизонтов колеблется больше. Специфической особенностью здесь является наличие горизонта грубого гумуса ( $A_0$ ), обладающего также неодинаковой мощностью.

Второй объект характеризуется меньшей пестротой в мощности верхних минеральных горизонтов и отсутствием горизонта грубого гумуса ( $A_0$ ). Однако и на этом объекте цифры размаха оподзоленных горизонтов могут быть значительными.

Суммарная мощность генетических горизонтов, захваченных процессами подзолообразования, на этих объектах обнаруживает меньшую пестроту по показателям процентированной ошибки  $P$  и коэффициента вариации  $V$ . При этом средняя мощность этих горизонтов выше для первого объекта.

Большую выраженность подзолообразовательного процесса на первом объекте надо связать с различиями в степени увлажнения, зависящей от неодинаковых условий стока.

Полученные материалы показывают, что неоднородность почвенного покрова в пределах элементарного выдела подзолистых почв может быть сильно выражена. Такое положение находит подтверждение и в других исследованиях [1], [3].

Учет этого момента будет способствовать выяснению особенностей характера наращений, естественного и искусственного возобновления в пределах элементарного почвенного выдела и содействовать правильному выбору площадей под питомники.

Наблюдение морфологических особенностей в полевой обстановке определит в значительной мере и дальнейшее исследование почвенного покрова в пределах элементарного выдела.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ю. А. Орфанитский. Варьирование некоторых химических свойств подзолистой почвы на вырубке. Журн. «Почвоведение» № 10, 1957. [2]. Н. А. Плехинский. Биометрия. М., 1970. [3]. Е. Ф. Столярова. О некоторых результатах статистической обработки химических и морфологических данных для дерново-подзолистых почв Вологодской области. Второе региональное совещание почвоведов северо- и среднеазиатской подзон европейской части СССР, Коми филиал АН СССР, Сыктывкар, 1972.

УДК 634.0.231

## О СОДЕЙСТВИИ ЕСТЕСТВЕННОМУ ВОЗОБНОВЛЕНИЮ В НЕКОТОРЫХ ТИПАХ ЛИСТВЕННИЧНИКОВ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

Е. Д. СОЛОДУХИН

Хабаровский политехнический институт

Приведены результаты исследования естественного возобновления лиственницы на вейниковых вырубках 12—17-летней давности в трех лесхозах Хабаровского края. Показано, что снятие верхнего горизонта почвы на полосах будет способствовать успешному восстановлению лиственничных древостоев.

В лесах Дальнего Востока, особенно в средней его части, на многих вырубках и гарях сохранились лишь единичные деревья лиственницы даурской. Они редко плодоносят и дают мало семян. Без вмешательства человека такие площади обычно зарастают березой, осинкой, ольхой и ивой козьей с редкой примесью лиственницы. Подрос лиственницы попадает под полог лиственных пород и погибает. Еще чаще такие площади (особенно после повреждения их лесными пожарами) зарастают вейником Лангсдорфа, багульником, и процесс восстановления древостоев растягивается на десятилетия.

Отсутствие рабочей силы, посадочного материала, а иногда и необходимых технических средств — причины, препятствующие широкому распространению лесокультурных работ. Лесные культуры дороги. Поэтому в многолесных районах их создают только в оптимальном порядке. Значительно дешевле содействие естественному возобновлению древесных пород. Но наиболее распространенные способы (снятие подстилки, рыхление поверхности почвы и т. п.), как правило, не дают положительных результатов. Более того, минерализованные площадки или полосы чаще зарастают травянистой растительностью, реже — лиственными породами.

Интересен ход естественного возобновления древесных пород на полосах с удаленным верхним (перегнойно-аккумулятивным) горизонтом почвы, приготовленных бульдозером или лесными двухотвальными плугами. Такие полосы длительное время

*Содействие естественному возобновлению лиственницы*

не зарастают травянистой растительностью, поэтому возобновительный процесс на них длится в течение нескольких лет. Постепенно накапливается необходимое для образования сомкнутого древостоя количество подроста древесных пород.

В Троицком, Горинском и Мухенском лесхозах Хабаровского края обследовано 13 участков вейниковых вырубок 12—17-летней давности в свежих лиственничниках. Обобщенные данные учета естественного возобновления древесных пород сведены в табл. 1. Одновременно подрост учитывали и на вырубке с ненарушенной поверхностью.

Таблица 1

Лесхоз	Количество обследованных вырубок	Количество подроста древесных пород, тыс. шт. на 1 га, по группам возраста (числитель — всего, знаменатель — лиственницы)			
		1—5	5—10	11 и более	всего
<b>Полосы с минерализованной поверхностью</b>					
Троицкий	8	$\frac{7,80}{3,60}$	$\frac{24,20}{6,30}$	$\frac{6,60}{3,40}$	$\frac{38,60}{13,30}$
Горинский	3	$\frac{1,27}{0,83}$	$\frac{7,50}{4,37}$	$\frac{21,57}{7,10}$	$\frac{30,34}{12,30}$
Мухенский	2	$\frac{24,40}{0,45}$	$\frac{5,90}{0,60}$	$\frac{4,70}{3,30}$	$\frac{35,00}{4,35}$
Среднее		$\frac{8,85}{2,48}$	$\frac{17,53}{4,98}$	$\frac{9,76}{4,24}$	$\frac{36,14}{11,70}$
<b>Вырубки с ненарушенной поверхностью</b>					
Троицкий	8	$\frac{1,15}{0,00}$	$\frac{4,75}{0,10}$	$\frac{1,10}{0,00}$	$\frac{7,00}{0,10}$
Горинский	4	$\frac{0,40}{0,00}$	$\frac{2,25}{0,33}$	$\frac{4,47}{1,03}$	$\frac{7,12}{1,36}$
Мухенский	2	$\frac{0,00}{0,00}$	$\frac{3,65}{0,85}$	$\frac{2,85}{0,25}$	$\frac{6,50}{1,10}$
Среднее		$\frac{0,77}{0,00}$	$\frac{3,88}{0,27}$	$\frac{2,31}{0,33}$	$\frac{6,96}{0,60}$

На минерализованных полосах (глубина обработки 8—12 см) количество подроста лиственницы в среднем составляет 11,7 тыс. шт. (от 3,4 до 23,4 тыс. шт.) на 1 га. Процесс естественного возобновления еще продолжается. Причина его замедления не в плохом состоянии поверхности почвы, а в затеняющем действии крупного подроста. На остальной поверхности вырубок подроста лиственницы мало: в среднем 600 шт. на 1 га (от 0 до 1,56 тыс. шт.). Всего подроста на минерализованных полосах больше в 5,05 раза, а лиственничного в 19,5 раза, чем на вырубке.

Приведенные данные убедительно показывают, что глубокая минерализация полос на вейниковых вырубках и гарях в свежих типах леса при наличии жизнедеятельных деревьев лиственницы позволяет восстанавливаться лиственничным древостоям естественным путем.

УДК 631.55

## ОБ УРОЖАЕ ШИШЕК ЕЛИ В ВЕЛЬСКОМ ЛЕСХОЗЕ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

А. И. БАРАБИН

Архангельский институт леса и лесохимии

Установлено, что на урожай шишек влияют полнота насаждений, диаметр деревьев, зараженность энтомофагами.

Для составления прогноза цветения ели на 1970 г. в ноябре 1969 г. были учтены генеративные почки по обычной методике [1], [2]. Образцы взяты из ельника-черничника полнотой 0,8 в Хозьминском лесничестве. Деревья имели диаметр 24 см. Всего на 10 деревьях обнаружено 156 женских почек. Ожидаемый урожай женских соцветий на весну 1970 г. был оценен баллом 3 по В. Г. Капперу.

Так как в течение осени часть женских почек заболела и гибнет [6], в январе 1970 г. была взята повторная проба веток с 10 деревьев для прогнозирования в таком же насаждении и с таких же деревьев, но из Пакшеньгского лесничества. Пораженных почек, как и при составлении прогноза в 1969 г. в Хозьминском лесничестве, не найдено. Общее число женских почек оказалось равным 45, то есть в три с лишним раза меньше, чем в Хозьминском лесничестве. Балл цветения был предсказан 1-й.

Таблица 1

№ участка	Лесничество	Тип ельника	Полнота	Состав насаждения	Класс возраста	Процент плодоносящих деревьев ели	Балл цветения	
							по прогнозу	фактический
1	Пакшеньгское	Черничник	0,8	7Е2Б1С	VII	17	1	1
2	Хозьминское	Черничник влажный	0,8	8Е2Б+С	VII	54	3	3
3	"	То же	0,6	10Е+Б	VI	58	3	3

Таблица 2

Диаметр ели на 1/3 высоты, см	Средняя высота деревьев ели, м	Число модельных деревьев	Число шишек на 1-5-й мутовках	Число шишек на всей кроне	Отношение числа шишек на всей кроне к их числу на верхних пяти мутовках
-------------------------------	--------------------------------	--------------------------	-------------------------------	---------------------------	---

Участок № 1 — Пакшеньгское лесничество

24	18,2	14	5,5 ± 2,6	38,5 ± 6,0	7,0
28	19,9	19	8,0 ± 1,7	42,0 ± 1,1	5,25

Участок № 2 — Хозьминское лесничество

16	12,4	10	7,8 ± 1,0	10,9 ± 3,2	1,4
20	17,8	12	7,5 ± 1,8	22,5 ± 2,3	3,0
24	19,8	19	14,2 ± 2,4	43,7 ± 6,6	3,0
28	19,7	26	14,0 ± 1,6	62,0 ± 9,8	4,6
32	21,3	12	8,2 ± 3,4	92,0 ± 21,4	11,2

Участок № 3 — Хозьминское лесничество

20	17,5	11	7,6 ± 1,5	46,2 ± 12,4	6,1
24	18,6	25	8,3 ± 3,0	61,5 ± 12,9	7,4
28	20,1	11	6,2 ± 1,6	73,5 ± 28,6	11,8

Прогнозы полностью подтвердились при подсчете шишек на срубленных деревьях при лесозаготовках (в Хозьминском лесничестве — балл 3, в Пакшеньгском — 1). Это показывает, что в межсезонные годы даже в пределах одного лесхоза могут наблюдаться значительные различия в величине урожая. Подобные выводы по сосне дает И. Б. Белецкий [7], по кедр — Н. П. Мишуков [9]. Данные по характеристике участков и семеношению ели на лесосеках сведены в табл. 1 и 2.

Из табл. 2 видно, что с увеличением диаметра, а следовательно, и высоты, возрастает число шишек в кроне ели, что отмечали и другие авторы [11], [8]. Для методики прогнозирования очень важно, что число шишек на 1—5-й мутовках кроны, как и величина коэффициента для перевода числа шишек на всю крону, возрастает с повышением диаметра дерева. Это подтверждает наши выводы о разных зонах распределения шишек ели по кроне на деревьях различных диаметров [2].

Решающим фактором семеношения при урожае в 3 балла в 1970 г., как и раньше ([3], [5] и др.), была освещенность крон и, следовательно, полнота насаждения (табл. 3, данные для ельника-черничника влажного IV класса бонитета).

Таблица 3

№ участка	Процент плодоносящих деревьев	Полнота	Средний диаметр ели в насаждении, см	Среднее число шишек на 1 дереве при диаметре, см		
				20	24	28
2	50	0,8	28	22	44	62
3	62	0,6	24	46	62	74

Из табл. 3 видно, что влияние полноты насаждения на семеношение сильнее, чем влияние диаметра. Так, на участке № 3, где средний диаметр меньше, число шишек на деревьях и процент плодоносящих деревьев больше, чем на участке № 2.

Чтобы выявить влияние типов леса на урожай шишек 1970 г., мы закладывали пробные площади по 0,25 га каждая в четырех типах леса (табл. 4) с урожаем 3 балла. Число шишек на 1—5-й мутовках подсчитывали в бинокль обязательно в солнечный день. К видимому количеству шишек для деревьев плохого роста с куполообразной вершиной прибавляли еще половину. К дереву подходили с двух сторон: утром — с юго-восточной, во второй половине дня — с юго-западной. Наибольший угол обзора дерева не превышал 120°.

Число шишек на всей кроне подсчитывали в камеральных условиях по переводным коэффициентам табл. 2 и специальным подсчетам видимого числа шишек на всей кроне у относительно свободно стоящих деревьев в насаждении.

При урожае 3 балла деревья диаметром 12 см совсем не плодоносят, участие деревьев с диаметром 16 см в урожае ничтожно мало (от 7 до 20 шишек на дереве и проценте плодоносящих деревьев данной ступени толщины от 6 до 50) и может не приниматься в расчет. Урожай шишек закономерно растет с диаметром. Так, на пробе № 5 число шишек на деревьях диаметром 20 см равно в среднем 45,9 шт., при наличии 30% плодоносящих деревьев, тогда как на деревьях с диаметром 32 см соответственно 182 шт. и 85,9%. Однако при диаметре 36 см число шишек снижается.

Число шишек на 100 плодоносящих деревьях говорит о решающем влиянии полноты и среднего диаметра ели на семенную продуктивность насаждений. Ельник-черничник свежий с полнотой 0,4 плодоносил почти в 2 раза лучше, чем тот же тип насаждений с полнотой 0,8 (пробы № 2 и 1) и лучшим классом бонитета. Ельник травяно-сфагновый (проба № 5) с полнотой 0,4 дал большее число шишек, чем ельник-брусничник (проба № 3) с полнотой 0,7 и даже больше, чем ельник-черничник свежий (проба № 1) с полнотой 0,8, несмотря на разницу бонитетов в два класса. Обильное плодonoшение ельника хвощово-сфагнового можно объяснить большим процентом деревьев высих диаметров и отсутствием деревьев диаметром 12 см, что создало лучшие условия для освещенности крон деревьев. Подобные выводы изложены нами в 1971 г. [5].

Число шишек на деревьях высих диаметров в насаждении зависит от среднего диаметра ели. Наибольшее число шишек на деревьях диаметром 32 см наблюдалось при минимальных средних диаметрах ели в насаждении (проба № 4 — 20 см; проба № 6 — 16 см). В этом также видна прямая зависимость числа шишек на деревьях от освещенности их крон. Влияние типа леса на семеношение в большинстве случаев не проявляется и маскируется полнотой. Лишь ельник травяно-сфагновый при полноте 0,4 имел меньшее семеношение, чем при той же полноте ельник-черничник свежий (проба № 2).

Как правило, худшие типы леса даже в самых благоприятных условиях дают низкие урожаи [11], хотя более поздние исследования А. М. Леонтьева [9] показывают, что иногда высокопроизводительные типы леса могут по урожайности стоять ниже, чем менее производительные.

№ пробы	Тип ельника	Класс возраста	Класс бонитета	Полнота	Состав насаждения	Средний диаметр, см	Число деревьев ели на 0,25 га	Число шишек носящих	
								12	16
1	Черничник свежий	IX	III	0,8	9Е1Б	24	62	$\frac{0}{0}$	$\frac{7}{6,2}$
2	То же	VIII	IV	0,4	10Е+С	27	49	$\frac{0}{0}$	$\frac{10}{50}$
3	Брусничник	VII	III	0,7	10Е	26	89	$\frac{0}{0}$	$\frac{12}{21,4}$
4	Хвощово-сфагновый	VIII	IV	0,5	10Е+ Б,ед.С	20	77	—	$\frac{19,5}{25}$
5	Травяно-сфагновый	VII	V	0,4	10Е	16	72	$\frac{11}{20}$	$\frac{20}{14,3}$

Примечание. Проба № 2 пройдена рубками с выборкой деревьев определенного подроста и мелкоствольного угнетенного первого яруса. Данные собраны в Хозьмин-

Плодоношение ели при балле 1 (по Капперу) практического значения не имело, так как число шишек на 1 га не превышало в основном 1000 шт., а в некоторых насаждениях, например, в ельнике-долгомошнике полнотой 0,7, шишки были единичны. Число плодоносящих деревьев в них колебалось от 0 до 15%.

Отмечена связь между баллом урожая и зараженностью шишек энтомофагами: при балле 3 зараженность была 30—50%, при балле 1 — 80—100%. Больше всего шишки повреждает еловая листовёртка. Взрезывание 250 шишек показало, что при балле плодоношения 3 зараженность листовёрткой составила 24,8%, огневкой — 5,6%, галлицей чешуек — 9,6%; при балле 1 соответственно 80, 10 и 7%.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. И. Барабин. Прогнозирование семеношения ели на Европейском Севере. Материалы всесоюзного научно-производственного совещания по белке (тезисы докладов), Киров, 1967. [2]. А. И. Барабин. Выбор веток из кроны ели для подсчета зачатков соцветий при прогнозировании семеношения. Бюллетень МОИП, т. LXXIII, вып. 1, отдел биологический, 1968. [3]. А. И. Барабин. О лесотаксационных особенностях семеношения в связи с прогнозированием урожая семян ели. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1968. [4]. А. И. Барабин. О влиянии строения еловых насаждений по диаметру на урожай шишек. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1971. [5]. А. И. Барабин, В. И. Зорин. Об урожае шишек ели в связи с таксационными особенностями древостоев. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1970. [6]. А. И. Барабин, П. Ф. Совершаев. Случай массовой гибели генеративных почек ели в период осеннего и зимнего покоя. Бюллетень МОИП, т. LXXV, вып. 4, отдел биологический, 1970. [7]. И. Б. Белецкий. Плодоношение сосны на Кольском полуострове. Исследования и рекомендации производству, Мурманск, 1968. [8]. А. М. Леонтьев. Плодоношение ели сибирской на верхней Печоре и рекомендации для ведения лесного хозяйства. Труды Печоро-Ильчского заповедника, вып. 10, 1963. [9]. Н. П. Мишуков. Некоторые особенности плодоношения кедра сибирского на северном пределе произрастания. Материалы I-го всесоюзного симпозиума 16—20 апреля 1973 г. «Половая репродукция хвойных», ч. II, Новосибирск, 1973. [10]. А. А. Молчанов. Плодоношение ели в связи с типами леса. Бюллетень МОИП, т. 55 (4), 1950. [11]. С. П. Усков. К вопросу плодоношения еловых древостоев. Труды Института леса и древесины СО АН СССР, 53, 1962.

Таблица 4

на одно плодоносящее дерево (числитель) и средний процент пло- деревьев (знаменатель) при диаметре, см						Число шишек на 1 га	Число шишек на 100 деревьев
20	24	28	32	36	в среднем		
$\frac{18}{15,8}$	$\frac{18}{60}$	$\frac{64,5}{81,8}$	$\frac{82,5}{33,3}$	—	$\frac{48,8}{50}$	6050	4880
—	$\frac{41,3}{75}$	$\frac{60}{63,1}$	$\frac{161}{83}$	$\frac{74}{100}$	$\frac{80,7}{69,8}$	9690	8070
$\frac{19,7}{43,7}$	$\frac{39}{66,6}$	$\frac{32}{87,5}$	$\frac{92,4}{76,9}$	$\frac{32,8}{100}$	$\frac{45,8}{52}$	8420	4580
$\frac{45,9}{30}$	$\frac{46,4}{90,9}$	$\frac{78}{76,4}$	$\frac{182}{85,9}$	—	$\frac{80,7}{44,5}$	10980	8070
$\frac{47,4}{63,6}$	$\frac{28,0}{75}$	$\frac{82,6}{100}$	$\frac{150}{100}$	—	$\frac{65,8}{42}$	7900	6580

ного диаметра или, всего вероятнее, какими-то давними опытными рубками с выборкой-ским лесничестве.

УДК 634.0.266

## О СОЗДАНИИ АГРОНОМИЧЕСКИ ЭФФЕКТИВНЫХ ПОЛЕЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОС В ЗОНЕ ЮЖНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ УССР

А. А. ПОДКОПАЕВ

Владимировская агролесомелиоративная опытная  
станция УкрНИИЛХА

В результате обследования полезащитных лесных полос, пройденных рубками ухода, в колхозах и совхозах Николаевской области установлено, что наиболее эффективными в агрономическом отношении являются узкие 3—5-рядные полосы без кустарников. Широкие полосы, а также узкие с кустарниками уже на второй год после вырубki кустарника образуют малоэффективные насаждения плотной конструкции.

Наиболее эффективны в агрономическом отношении лесные полосы продуваемой и ажурной конструкции, обладающие наибольшим ветрозащитным действием, способствующие более равномерному распределению снега на полях.

Многие колхозы и совхозы Украинской ССР приступили к формированию лесополос продуваемых конструкций путем рубок ухода. В июне 1970 г. мы обследовали полезащитные лесные полосы в колхозах и совхозах Николаевской области, расположенных в зоне южных черноземов, и определяли влияние рубок ухода на ветропроницаемость и ветрозащитные свойства полос, созданных по различным схемам смешения.

Ажурность определяли с расстояния от полос, равного шести высотам их, с помощью визирной сетки с ячейками размером 1 см<sup>2</sup>, в нижней части полос (между стволами) и в кронах. При этом к плотным непродуваемым относили густые сверху донизу полосы с ветропроницаемостью менее 20% как в нижней части вертикального профиля, так и в кронах; к продуваемым — насаждения с ветропроницаемостью в нижней части более 70% и в кронах менее 25%; к ажурным — такие, у которых мелкие просветы равномерно распределены по всему профилю лесополосы и занимают 30—35% площади вертикального поперечного профиля.

В табл. 1 приводится характеристика полос, пройденных рубками ухода. Как видно, продуваемыми являются узкие 3—5-рядные полосы без кустарников. Широкие полосы, а также узкие с кустарниками уже на второй год после вырубki кустарника образуют насаждения плотной конструкции, малоэффективные в агрономическом отношении.

Наблюдениями установлено, что вырубka кустарников и обрезка ветвей на стволах увеличивают ветропроницаемость как в кроне, так и между стволами в нижней части

насаждений. Однако уже в первый вегетационный период кустарники, особенно акация желтая, быстро отрастают, достигая высоты 0,7—0,9 м при обильной кустистости (20—30 порослевин в кусте), вследствие чего нижняя часть полосы становится плотной; в результате ослабевают защитные свойства насаждения.

Таким образом, при выращивании полос с участием кустарников не обеспечивается создание необходимой конструкции насаждения естественным путем без проведения лесоводственных мер ухода за насаждением. Вырубка же кустарников в процессе формирования продуваемой конструкции требует значительных затрат труда, так как эту работу надо проводить ежегодно или хотя бы через год.

В целях формирования продуваемой конструкции и повышения агрономической эффективности лесных полос, созданных по древесно-кустарниковому типу, необходимо удалять все кустарники, вырубать часть деревьев и подчищать стволы. При этом в молодых сомкнувшихся полосах при высоте деревьев до 3 м нижние ветки обрезают на стволах до высоты 0,8—1 м (до первых сомкнувшихся ветвей), а в насаждениях старших — до 1,5—2 м.

В насаждениях без кустарников формирование агрономически эффективных продуваемых конструкций достигается вырубкой части густо стоящих деревьев и подчисткой штамбов до высоты 1—2 м.

В заключение отметим, что в условиях южных черноземов УССР целесообразно закладывать узкие 3—5-рядные полезащитные лесные полосы из древесных пород без кустарников. При этом главные и сопутствующие породы следует чередовать с чистыми рядами.

В целях широкого применения механизации при проведении ухода за почвой в лесополосах расстояние между рядами должно быть не менее 2,5—3 м, а в ряду между сеянцами 0,7—1 м. При указанных междурядьях ширина 3-рядных полос составляет 7,5—9 м, 5-рядных — 12,5—15 м (с учетом закраек).

Главными древесными породами должны быть дуб, гледичия, акация белая, ясень зеленый. Из сопутствующих древесных пород следует использовать такие густокронные породы, как клен остролиственный, клен полевой, грушу дикую и др.

Трехрядные полосы лучше создавать чистыми — из одной древесной породы (дуба или другой главной породы). В пятирядных полосах сопутствующие породы целесообразно высаживать в крайних рядах или в центральный ряд (главным образом в полосах из ажурнокронных древесных пород, слабо притеняющих почву).

УДК 634.05

## ВОЗРАСТНАЯ СТРУКТУРА ЛИСТВЕННИЧНЫХ ДРЕВОСТОЕВ ЮЖНОЙ ТАЙГИ СРЕДНЕЙ СИБИРИ

В. И. ДИТРИХ

5-я Ленинградская лесоустроительная экспедиция

Выявлено, что лиственничные молодняки обычно одновозрастные (колебание возраста в пределах 11 лет), ряды распределения учетных деревьев имеют один четко выраженный максимум. В средневозрастных древостоях колебания возраста достигают 27 лет, а в спелых и перестойных — 80 лет и более. Характер распределения деревьев по ступеням возраста в условно одновозрастных близок к кривой нормального тила, в разновозрастных — к кривой I типа Пирсона.

В лесах южной тайги Средней Сибири лиственница занимает около 42 млн га, однако возрастная структура ее древостоев изучена недостаточно.

Для изучения возрастной структуры лиственничных древостоев Средней Сибири мы заложили 131 пробную площадь со срубкой на них 3651 учетных деревьев, в том числе 4 пробные площади со сплошной рубкой деревьев, в высокополотных древостоях лиственницы в возрасте от 15 до 280 лет, доля ее участия от 7 до 10 единиц в составе (табл. 1).

Анализировались также результаты визуальных наблюдений в лиственничных древостоях, полученные при глазомерной таксации в бассейне р. Илим, верховьях р. Лены, среднем течении р. Ангары и других районах — всего на площади более 100 тыс. га. Они оказались близкими к данным пробных площадей и исследований других авторов [6].

Возрастную структуру лиственничных лесов изучали многие авторы ([2], [5], [7] и др.). Большинство из них отмечают наличие одновозрастных и разновозрастных лиственничных древостоев.

Таблица 1

Амплитуда колебаний возраста, лет	Распределение пробных площадей по классам возраста														Итого	%
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV		
До 20	2	10	9	6	2	2	—	—	—	—	—	—	—	—	31	23,5
21—60	—	—	1	4	11	2	10	27	8	4	—	—	—	—	67	51,2
Более 61	—	—	—	—	—	1	2	2	7	10	6	3	—	2	33	25,3
<b>Итого</b>	5	10	10	10	13	5	12	29	15	14	6	3	—	2	131	100,0

Таблица 2

Номер пробной площади	Количество деревьев, $\frac{\text{шт.}}{\%}$ , по 5-летним классам возраста								Пределы колебания возраста, лет	Амплитуда колебаний возраста, лет
	6—10	11—15	16—20	21—25	26—30	31—35	36—40	итого		
47	$\frac{1}{4,0}$	$\frac{15}{60,0}$	$\frac{8}{32,0}$	$\frac{1}{4,0}$	—	—	—	$\frac{25}{100,0}$	10—21	11
108	—	—	—	—	$\frac{2}{8,0}$	$\frac{16}{64,0}$	$\frac{7}{28,0}$	$\frac{25}{100,0}$	30—37	7

Возрастную структуру лиственничных молодняков исследовали на 12 пробных площадях, материалы которых обработаны методом математической статистики. По составу лиственничные молодняки встречаются как чистые, так и с примесью сосны, березы и реже осины. В стадии молодняков лиственничники обычно являются одно-возрастными, о чем свидетельствуют приведенные в табл. 2 ряды распределения учетных деревьев по 5-летним классам возраста.

Как видно из таблицы, амплитуда колебания возрастов учетных деревьев в лиственничных молодняках находится в пределах до 11 лет, что указывает на их разновозрастность. Ряды распределения учетных деревьев с наличием одного четко выраженного максимума также подтверждают их разновозрастность. В центральных пятилетних классах возраста сосредоточено до 92% общего количества учетных деревьев.

Для характеристики возрастной структуры лиственничных молодняков в табл. 3 приведены основные статистические показатели рядов распределения деревьев.

Таблица 3

Номер пробной площади	Статистические показатели					
	$\bar{X} \pm \sigma_{\bar{X}}$ , лет	$\sigma \pm \sigma_{\sigma}$ , лет	$V \pm \sigma_V$	$\alpha \pm \sigma_{\alpha}$	$i \pm \sigma_i$	$P, \%$
26	$16,8 \pm 0,49$	$2,30 \pm 0,25$	$14,59 \pm 0,85$	$0,10 \pm 0,53$	$1,06 \pm 0,36$	2,17
108	$34,6 \pm 0,39$	$1,96 \pm 0,28$	$5,55 \pm 0,08$	$1,25 \pm 0,49$	$1,42 \pm 0,98$	1,15

Статистические показатели рядов распределения по возрасту показывают наличие асимметрии и эксцесса. Коэффициент эксцесса подтверждает наличие островершинной кривой распределения, коэффициент изменчивости колеблется до 14,6%, причем с увеличением среднего возраста он уменьшается. Эта закономерность характерна для всех разновозрастных древостоев лиственницы.

Возраст, как известно, является одним из главных факторов, влияющих на все остальные таксационные показатели древостоев. При анализе учетных деревьев на пробных площадях наблюдается увеличение пределов колебания возраста с повышением среднего возраста древостоя.

Для выявления особенностей возрастной структуры древостоев лиственницы старших возрастов в табл. 4 приведено распределение учетных и сплошь срубленных деревьев по 20-летним ступеням возраста и пределы колебания их возраста на пробных площадях.

Номер пробной площади	Количество деревьев по 20 -							
	41—60	61—80	81—100	101—120	121—140	141—160	161—180	181—200
68	22	6	—	—	—	—	—	—
30	—	—	—	12	216	23	—	—
37	—	—	—	3	14	9	—	—
19	—	—	—	—	—	—	—	1
60	—	—	—	4	96	86	4	—

Исследование возрастной структуры спелых и перестойных лиственничников показывает, что амплитуда колебания возрастов деревьев различна. В спелых и перестойных древостоях она более значительна, чем в средневозрастном. Существенная разница в возрасте деревьев на одной пробной площади, имеющей сравнительно малые размеры (1,0—2,0 га), указывает на наличие нескольких возрастных поколений. Каждое поколение имеет определенные колебания возраста (по нашим наблюдениям в пределах до 80 лет).

Амплитуда колебания возрастов деревьев более двух классов ( $\pm 40$  лет) объясняется рядом факторов. В частности, на длительность формирования отдельных поколений лиственницы оказывают влияние суровые климатические условия, периодичность плодоношения, часто повторяющиеся различной интенсивности лесные пожары и др.

Все это приводит к тому, что формирование одного поколения может быть значительно растянуто. Древостой, у которых возраст деревьев одного поколения имеет амплитуду колебания не более  $\pm 40$  лет, можно считать условно разновозрастными. Профессор Н. В. Третьяков [4], характеризуя возрастную структуру древостоев, писал:

«...не может быть жестких требований к одновозрастности элемента леса, достаточно, если он признается условно одновозрастным».

Разновозрастные лиственничные насаждения состоят из нескольких поколений. Процесс их формирования может быть более длительным и обычно связан с распадом основного поколения, заменой его вторым поколением и постоянным появлением нового из подроста. Лиственница сибирская — порода долговечная. В естественных условиях встречаются перестойные древостои в возрасте 250—300 и даже до 350 лет, а отдельные деревья часто встречаются в возрасте 500 лет и более. В таких древостоях особенно наглядно виден процесс смены одного поколения другим, в них обычно хорошо выделяются два и реже три поколения.

Периодически повторяющиеся низовые пожары также способствуют формированию разновозрастных древостоев. Лиственница имеет толстую и плотную кору, поэтому по сравнению с другими древесными породами (ель, пихта, кедр) она менее чувствительна к влиянию низовых пожаров. Под воздействием огня погибает молодой подрост лиственницы и других древесных пород. Сохранившиеся после пожаров старые деревья лиственницы обильно плодоносят, в результате появляется новое поколение. На пробных площадях № 60 и 19, имеющих наибольшие пределы колебания возраста, хорошо видны следы пожара на старых деревьях, а в почвенных ямах встречаются обуглившиеся остатки древесины.

Для выявления особенностей возрастной структуры древостоев лиственницы старших возрастов были вычислены статистические показатели для условно одновозрастных и разновозрастных древостоев (табл. 5).

Данные таблицы показывают, что коэффициент изменчивости возраста в условно одновозрастных древостоях колеблется от 3,5 до 7,9%, а в разновозрастных — до 12,7%.

Характер распределения деревьев по ступеням возраста в условно одновозрастных древостоях близок к кривой нормального типа. Значения асимметрии и эксцесса невелики и могут характеризоваться кривой нормального распределения.

В разновозрастных древостоях коэффициент эксцесса значителен. Здесь распределение по ступеням возраста более всего соответствует кривой I типа Пирсона. Критерий Пирсона  $\lambda$  имеет значение в пределах от -0,124 до -0,937.

В лиственничных насаждениях выделены отдельных поколений глазомерным методом возможно в пределах двух классов возраста.

И. В. Семечкин [3] отмечает, что «разница в возрастах отдельных деревьев поколений (амплитуда тройного отклонения: от  $-3\sigma$  до  $+3\sigma$ ) может доходить до 100 и даже более лет».

Данные пробных площадей и визуальных таксационных наблюдений показывают, что молодняки имеют различные возрасты деревьев до  $\pm 10$  лет, средневозрастные и

Таблица 4

летним ступеням возраста					Итого	Пределы возраста, лет	Амплитуда колебаний возраста, лет
201—220	221—240	241—260	261—280	281 и более			
—	—	—	—	—	28	42—69	27
—	—	—	—	—	251	108—144	36
—	—	—	—	—	26	121—178	57
17	140	43	2	1	205	186—288	102
—	—	—	—	6	206	116—352	236

Таблица 5

Номер пробной площади	Статистические показатели					P, %
	$\bar{X} \pm \sigma_{\bar{X}}$	$\sigma \pm \sigma_{\sigma}$	$V \pm \sigma_V$	$\alpha \pm \sigma_{\alpha}$	$i \pm \sigma_i$	
Условно одновозрастные древостои						
30	126 $\pm$ 0,31	4,4 $\pm$ 0,22	3,52 $\pm$ 1,11	-0,393 $\pm$ 0,03	-0,314 $\pm$ 0,06	0,25
37	154 $\pm$ 2,33	11,91 $\pm$ 1,61	7,87 $\pm$ 1,12	-0,809 $\pm$ 0,49	0,067 $\pm$ 0,98	1,53
39	208 $\pm$ 2,21	10,9 $\pm$ 1,53	5,32 $\pm$ 0,78	-0,860 $\pm$ 0,16	-0,536 $\pm$ 0,32	1,08
Разновозрастные древостои						
60	141 $\pm$ 0,62	17,91 $\pm$ 0,41	12,7 $\pm$ 0,55	1,007 $\pm$ 0,03	1,765 $\pm$ 0,06	0,88
19	233 $\pm$ 0,71	28,53 $\pm$ 0,52	12,2 $\pm$ 0,67	-0,838 $\pm$ 0,03	0,522 $\pm$ 0,15	0,85

приспевающие — до  $\pm 20$ , а в спелых и перестойных различие по возрасту деревьев одного поколения достигает  $\pm 40$  лет.

При глазомерной таксации возраст деревьев одного поколения можно определить в пределах общепринятой точности. С целью повышения степени точности при таксации необходимо брать модели и использовать разработанную нами ранее классификацию внешних признаков деревьев лиственницы сибирской [1].

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. В. И. Дитрих. Определение возраста лиственницы сибирской по внешним признакам. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1971. [2]. В. И. Калинин. Лиственница Европейского Севера. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1965. [3]. И. В. Семечкин. Принципы выделения и таксации разновозрастных деревьев. Разновозрастные леса Сибири, Дальнего Востока и Урала и ведение хозяйства в них, Красноярское книжное изд-во, 1967. [4]. Н. В. Третьяков, П. В. Горский, Г. Г. Самойлов и др. Справочник таксатора. Гослесбумиздат, М.—Л., 1952. [5]. Э. Н. Фалалеев. Возрастная структура лиственничных лесов Енисейского края. Труды СибТИ, сб. XVI, вып. 4, Красноярск, 1957. [6]. С. С. Шанин. Строение сосновых и лиственничных древостоев Сибири. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1965. [7]. С. С. Шанин, С. Н. Товбис. Возрастное строение лиственничных древостоев. Сб. «Лиственница», т. XXIX, Красноярск, 1962.

УДК 632.4

## БОЛЕЗНИ ХУРМЫ КАВКАЗСКОЙ В ЛЕСАХ И ЛЕСОКУЛЬТУРАХ АЗЕРБАЙДЖАНА

Э. С. ГУСЕЙНОВ

АзербНИИЛХ

Рассмотрены наиболее опасные заболевания корней, побегов, листьев, цветов, завязи, плодов хурмы кавказской: серая гниль, парша, антракноз плодов, пятнистости листьев, гниль корней семян. Приведены симптомы заболеваний, даны сведения о морфологии и биологии возбудителей.

Хурма кавказская (*Diospyros lotus* L.) повсеместно распространена в Азербайджане как в культуре, так и в естественных лесах. Это дерево первой величины с ценной древесиной, отличающееся высокими декоративными качествами. Хурма перспективна в борьбе с эрозией почв на склонах гор, пригодна для мелиорации саев, конусов выноса, обеспечения водой, способна при благоприятных природных условиях создавать высококачественные чистые насаждения. Годичный прирост достигает 1,5 м.

Деревья хурмы страдают от различных заболеваний, в той или иной степени влияющих на качество и декоративность растений. Изучением болезней хурмы в республике почти не занимались. Единичные сведения мы находим в работе Н. Е. Каныгиной [2]. С 1967 г. мы начали изучать болезни хурмы кавказской. Выявлено 18 различных заболеваний. Рассмотрим наиболее опасные.

Серая гниль. Болезнь распространена в хурмовниках Талыша, где условия влажных субтропиков способствуют ее развитию. Страдают растения разных возрастов (до 80—120 лет). Поражаются побеги, листья, цветки, завязи и плоды. Заболевание служит причиной усыхания ветвей и побегов взрослых деревьев, семян. По данным Е. П. Хазарадзе [3], в некоторые годы усыхание побегов и ветвей хурмы в Грузинской ССР достигает 10—15%. В питомниках болезнь вызывает отмирание верхушек семян.

При поражении завязей и цветков они буреют, размягчаются и опадают. На пораженных плодах в местах прикрепления их к цветоложу появляются бурые пятна; такие плоды гниют и опадают. Гниение их начинается уже на дереве. Инфекция быстро распространяется от плода к плоду. Обычно вначале поражаются плоды, расположенные в нижней части кроны. На опавших плодах и остающихся чашечках хорошо заметен серый налет спороношения возбудителя. Поражение плодов хурмы впервые было описано Бредзи [5] в 1901 г., несколько позже его обнаружили у нас на образцах из Батуми.

Опадающие и размягченные цветы и завязи легко прилипают к поверхности листьев и заражают их. При этом на листьях образуются округлые или неправильные, концентрически увеличивающиеся, мохнущие беловатые пятна, достигающие 3—5 см в диаметре.

Ткань в местах пятен обычно гниет. Пораженные листья в массе опадают, что отмечено в хурмовниках Талыша. В конце июля 1967 г. пораженность 80—120-летних деревьев достигала в лесах 60—80%, опадение плодов — 15—25%. Незначительное поражение 40—60-летних деревьев наблюдалось в лесах Закатальского лесхоза.

Возбудителем серой гнили является гриб *Botrytis diospyri* Brizi. Конидии его бесцветные или дымчатые, одноклеточные, яйцевидные или эллипсоидальные, размерами  $(8,6 \pm 12,9) \times (6,5-8,0)$  мк.

Гриб перезимовывает мицелием как на самом растении, так и на его пораженных остатках (листьях, плодах, побегах) на поверхности почвы, а также конидиями. Появление серой гнили совпадает с началом вегетации, так как для развития возбудитель требует большого количества влаги, что имеет место в субтропиках и лесах. Период наибольшей активности возбудителя серой гнили совпадает с массовым цветением хурмы.

Как показали исследования Г. С. Хидурели [4], *B. diospyri* начинает расти при температуре  $4-6^\circ$ ; максимальный рост наблюдается в пределах  $16-19^\circ$ , а при  $28-30^\circ$  рост и развитие гриба прекращаются.

Парша. Поражаются листья и ветви растений в возрасте до 5 лет и более. На взрослых деревьях болезнь не отмечена. На пораженных листьях появляются округлые, темно-коричневые или черные пятна диаметром 2—3 см. Прилегающая к пятну часть листовой пластинки желтеет, затем становится бурой. Почернение часто распространяется вдоль жилки, прилегающих к пятнистой части листа. На одном листе бывает от 2—3 до 10—12 пятен. Пораженные листья преждевременно опадают.

При поражении побегов и веточек на них образуются веретенообразно удлиненные, вдавленные, черные пятна, часто растрескивающиеся продольной трещиной, края которой как бы обугливаются. На границе пятен образуются выпуклости. Молодые верхушечные части сеянцев и порослей имеют обожженный вид, искривляются, напоминая створшую спичку.

Сильное поражение побегов и их гибель мы наблюдали в 1967—1968 гг. в девственных лесах хурмы в Талыше. На участках, где были проведены рубки, возобновления почти не наблюдалось, все растущие части поросли усыхали, листья на них опали. Наблюдалось также разламывание побегов и растений в местах поражения.

Массовое поражение листьев имеет место в лесах Ленкоранского, Астаринского, Закатальского и Белоканского лесхозов. Возбудителем болезни является несовершенный гриб *Ragnhildiana levieri* (Magn.) Vassil. Гриб проявляется в виде бурого налета на нижней стороне листа. Бурый налет — это конидиеносцы гриба. Они имеют одну-две перегородки, на вершине угловато-зубчатые, размером 24—30 мк. Конидии светло-бурые, одноклеточные или с одной перегородкой, цилиндрические или веретеновидные, иногда согнутые, размеры  $(17,5 \pm 26,8) \times (4,6 \pm 6)$  мк.

Болезнь передается из года в год конидиями, сохраняющимися на пораженных побегах и листьях. Возможно сохранение и мицелия в тканях пораженных побегов и ветвей.

Развитию болезни способствует обилие влаги в лесах, особенно во влажных субтропиках Талыша, где болезнь проявляется с особой силой.

Антракноз плодов встречается на деревьях в культурах и лесах. Поражаются незрелые и зрелые плоды. На них образуются разбросанные пятна, слегка выпуклые, чуть сплюснутые, вначале мелкие, затем увеличивающиеся и захватывающие значительную часть плода. Эти пятна округлые или эллиптические, иногда сливаются в более крупные, неправильной формы, чернеющие, окруженные желто-бурой каймой. Пораженные плоды преждевременно опадают (до 20%). На больных плодах возникают споронии возбудителя в виде темных лож с конидиями, в некоторых случаях расположенных concentрическими кругами.

Болезнь вызывается грибом *Gloeosporium kaki* Seiya Ito, впервые обнаруженным на незрелых плодах субтропической хурмы в Японии в 1911 г. Ложка гриба мелкие, иногда сливающиеся, темно-коричневые, разбросаны по всей поверхности плодов, округлые,  $140-210$  мк в диаметре. Конидии бесцветные или дымчатые, цилиндрические, продолговато-эллипсоидальные, иногда булавовидные, на концах закругленные, зернистые, размерами  $(16 \pm 24) \times (3,7 \pm 5,5)$  мк.

Инфекция в виде конидиального спорония сохраняется на пораженных опавших плодах. В период вегетации конидии гриба легко распространяются каплями дождя, различными насекомыми и воздушными течениями.

Поражение плодов значительно снижает выход семян, между тем хурма кавказская размножается только семенами. Кроме того, сеянцы хурмы кавказской служат единственным подвоем для прививки хурмы японской; это единственный способ ее размножения.

Пятнистости листьев вызываются грибами *Phyllosticta diospyri* Syd. et Butl. и *Ph. biformis* v. *multiplicatus* Art. При поражении первым грибом с обеих сторон листа, преимущественно по краям, образуются коричневые с черной каймой, либо грязно-белые, вытянутые, часто сливающиеся пятна величиной до 1 см. Вследствие на пятнах формируются пикниды. Они черные, немногочисленные, разбросанные, погруженные, округлые,  $100-205$  мк в диаметре. Конидии  $(4 \pm 6) \times (1,5 \pm 2,6)$  мк.

При поражении вторым грибом пятна на листьях красно-коричневые, серо-коричневые, темно-коричневые, иногда серые или палево-серые, неправильные, округлые или вытянутые, часто с припухшими краями, иногда сливающиеся, легко крошащиеся и выпадающие, до 1—2 см величиной. Пикниды, формирующиеся на обеих сторонах

листьев, немногочисленные, разбросанные, черные или темно-коричневые, погруженные либо более или менее поверхностные, округлые, слабоприплюснутые, 70—125 мк в диаметре. Конидии бесцветные, одноклеточные, эллипсоидальные или продолговатые,  $(6,2 \pm 8,1) \times (2,6 \pm 2,9)$  мк. Ткань листа в местах поражения засыхает, уменьшается ассимиляционная поверхность листа, что отражается на состоянии насаждений.

Гниль корней сеянцев. В низменных районах сеянцы и всходы гибнут от корневой гнили, вызванной грибами рода *Fusarium*. На корневой шейке во влажную погоду образуется белый паутистый, хлопьевидный налет спороношения гриба. Инфекция постоянно присутствует в почве, а также сохраняется на растительных остатках.

Корни сеянцев при хранении в осенне-зимний период чернеют, загнивают и к весне разрушаются. На корнях развивается несовершенный гриб *Botrytis cinerea* Pers.

Поражение корней этим грибом впервые отмечено А. С. Буковым [1], который указывает, что в результате поражения корней сеянцы хурмы не переносят длительного хранения. Инфекция сохраняется на растительных остатках.

## ЛИТЕРАТУРА

[1]. А. С. Буков. Культура хурмы обыкновенной в низменных орошаемых районах Азербайджана. Труды АзербНИИЛХа, вып. 1, 1956. [2]. Н. Е. Каныгина. Видовой состав грибов, вызывающих заболевания субтропических культур Талыша. Материалы сессии Закавказского совета по координации научно-исследовательских работ по защите растений, т. 4, Баку, 1969. [3]. Е. П. Хазарадзе. К изучению болезней субтропической хурмы в Грузинской ССР. Труды Института защиты растений АН Грузинской ССР, т. 8, Тбилиси, 1952. [4]. Г. С. Хидурели. Некоторые вопросы биологических особенностей развития возбудителей главнейших заболеваний хурмы. Труды Института субтропического хозяйства, т. 12, 1968. [5]. Brizi U. Sopra una nuova *Botrytis parasitica* del *Diospyros kaki*. Ann. Staz. Pat. Veg., v. I, Roma, 1901.

УДК 634.0.2

## ВЛИЯНИЕ СОМКНУТОСТИ ПОЛОГА 25-ЛЕТНИХ ПОРОСЛЕВЫХ ДУБРАВ НА МИКРОКЛИМАТ

В. Е. ВАРФОЛОМЕЕВ

Астраханская лесная опытная станция

Установлены корреляционные зависимости в 25-летних порослевых дубравах между элементами микроклимата и сомкнутостью полога и вычислены уравнения связи.

В 25-летних нагорных порослевых дубравах учебно-опытного лесхоза ВЛТИ с 1967 г. мы проводили наблюдения за изменением элементов микроклимата в зависимости от сомкнутости полога. Было использовано 5 пробных площадей, состоящих из 13 секций, контрольных и пройденных рубками ухода разной интенсивности и плотности. Сомкнутость полога на секциях, определенная методом фотографирования, колебалась от 0,84 до 0,61. Участие дуба в составе насаждений составляло 44—83%. Сопутствующие породы — липа, клен остролистный, ясень, осина. Подлесок под пологом насаждений очень редкий. Класс бонитета по дубу I—II.

Освещенность измеряли в ясные дни объективным люксметром ОЛ-3 по методике В. А. Алексеева [1] на высоте груди в течение июля — августа. Температуру воздуха измеряли на высоте груди периодически в летний период на всех секциях синхронно психрометрами Ассмана, минимальными и максимальными термометрами, а температуру почвы — термометрами Савинова на глубине 10 и 20 см. Снегосъемку произвели перед снеготаянием, согласно указаниям С. И. Мурашева и З. И. Кузнецовой [3].

В результате статистической обработки полученных данных установлено, что между элементами микроклимата и сомкнутостью полога существуют тесные корреляционные зависимости (табл. 1). В пределах сомкнутости полога от 0,84 до 0,61 во всех случаях эти зависимости без большой погрешности можно принять за прямые, так как критерий криволинейности меньше 2 [2].

Из табл. 1 видно, что в 25-летних дубравах наблюдается высокая обратная корреляционная зависимость между сомкнутостью полога и элементами микроклимата: освещенностью, максимальной температурой воздуха, среднедневной температурой почвы и запасами снега. Между минимальной температурой воздуха и сомкнутостью полога существует положительная корреляционная зависимость.

Корреляционная связь между двумя варьирующими элементами указывает лишь на существование зависимости между ними. Между тем важно не только установить

Таблица 1

Элементы микроклимата	Коэффициент корреляции и его ошибка $r \pm m_r$	Критерий достоверности $t_r$	Корреляционное отношение и его ошибка $\eta \pm m_\eta$	Критерий достоверности $t_\eta$	Мера криволинейности и ее ошибка $L \pm m_L$	Критерий криволинейности $t_L$
Освещенность на высоте груди	$-0,827 \pm 0,097$	8,5	$0,907 \pm 0,0493$	18,4	$0,140 \pm 0,193$	0,72
Среднедневная температура воздуха на высоте груди	$-0,496 \pm 0,2095$	2,4	$0,514 \pm 0,204$	2,5	$0,018 \pm 0,0745$	0,24
Максимальная температура воздуха на высоте груди	$-0,893 \pm 0,056$	15,9	$0,950 \pm 0,0277$	34,3	$0,102 \pm 0,168$	0,61
Минимальная температура воздуха на высоте груди	$+0,739 \pm 0,126$	5,8	$0,778 \pm 0,1102$	7,1	$0,056 \pm 0,128$	0,44
Среднедневная температура почвы на глубине 10 см	$-0,837 \pm 0,083$	10,1	$0,895 \pm 0,0555$	16,1	$0,100 \pm 0,166$	0,60
Среднедневная температура почвы на глубине 20 см	$-0,850 \pm 0,0715$	11,9	$0,922 \pm 0,0415$	22,2	$0,130 \pm 0,187$	0,70
Максимальные запасы снега в зиму 1966/67 гг.	$-0,720 \pm 0,161$	4,5	$0,776 \pm 0,1323$	5,9	$0,085 \pm 0,186$	0,46

связь между величинами, но и выразить ее в виде уравнения, которое дало бы возможность судить о средней величине одного элемента в зависимости от другого.

В нашем случае связь близка к прямой и может быть выражена уравнением прямой линии:

$$y = a + bx.$$

Определив числовые параметры  $a$  и  $b$  методом регрессионного анализа, мы получили уравнения связи между элементами микроклимата  $y$  и сомкнутостью полога  $x$ . Зависимость освещенности на высоте груди выразилась уравнением:

$$y = 25,27 - 28,00x \pm 1,51 \text{ (\% от освещенности открытого места)}.$$

Несмотря на высокую корреляционную зависимость, это уравнение мало пригодно для пользования, вследствие высокой ошибки ( $m_{y,x} = 1,51$ ) и большого расхождения опытных данных с вычисленными.

Для средневневной температуры воздуха на высоте груди:

$$y = 23,59 - 2,57x \pm 0,36^\circ\text{C};$$

для максимальной и минимальной температуры воздуха соответственно:

$$y = 34,03 - 10,64x \pm 0,42^\circ\text{C};$$

$$y = 13,13 + 2,14x \pm 0,15^\circ\text{C};$$

для средневневной температуры почвы на глубинах 10 и 20 см

$$y = 20,30 - 5,17x \pm 0,27^\circ\text{C};$$

$$y = 19,86 - 5,33x \pm 0,26^\circ\text{C};$$

для максимальных запасов снега

$$y = 235,30 - 51,40x \pm 4,00 \text{ мм}.$$

Ошибки этих уравнений малы; максимальное расхождение опытных данных с вычисленными не превышает 0,7—3,9%.

Таким образом, вычисленные уравнения позволяют определять элементы микроклимата в насаждениях по величине сомкнутости полога. Это важно при проведении

рубков ухода, так как дает возможность предсказать изменение микроклимата в зависимости от интенсивности выборки.

### ЛИТЕРАТУРА

[1]. В. А. Алексеев. К методике измерения освещенности под пологом леса. Журн. «Физиология растений», 10, вып. 2, 1963. [2]. Е. К. Меркурьева. Биометрия в селекции и генетике сельскохозяйственных животных, М., 1970. [3]. С. И. Мурашев, З. И. Кузнецова. Руководство по изучению снегового режима в лесах. Труды ВНИИЛХа, вып. 4, 1939.

УДК 634.0 : 674.03

## УСЛОВИЯ РАЗРУШЕНИЯ И СРОКИ СОХРАННОСТИ ДРЕВЕСИНЫ В СЕВЕРНОЙ ТАЙГЕ

А. Д. ВАКУРОВ

Лаборатория лесоведения АН СССР

Охарактеризованы условия и факторы разложения древесины хвойных и лиственных пород в северотаежных лесах. Приведены данные по численности некоторых вторичных вредителей и по видовому составу грибов, разрушающих древесину. Показана динамика разрушения древесного опада и указаны сроки сохранности древесины разных пород.

Основные факторы разрушения древесины в лесах северной тайги, как любой другой лесорастительной зоны или подзоны, — насекомые и грибы. Первые из них, в частности, представители семейства усачей, короеды-древесинники, а также муравьи из рода кампонотус, перерабатывают мертвую древесину, используя ее в качестве пищи, а вторые, поселяясь на живых или отмерших деревьях и также питаясь древесиной, превращают ее в труху. Последующее разложение древесины вплоть до простейших минеральных веществ происходит при участии бактерий.

Развитие дереворазрушающих грибов во многом определяется влажностью древесины [1], [2], от которой (как и от влажности и температуры воздуха) в значительной степени зависит и активность насекомых [3]. Метеорологические условия северной тайги в целом достаточно благоприятны для жизнедеятельности грибов.

В Онежском районе Архангельской области, где проводились наши исследования, относительная влажность воздуха в течение вегетационного сезона изменяется в пределах 60—80% и лишь в засушливые периоды может снижаться до 30—50%. При этом у растущей древесины она остается практически неизменной, и такая древесина всегда пригодна для прорастания спор.

Как известно, влажность разных частей дерева неодинакова. При средней влажности заболони у сосны 130—150% (по отношению к абс. сухому весу) влажность ядра, по данным наших определений в 90-летнем сосняке чернично-зеленомошном (август 1970 г.), составила 50—70%. Примерно такие же соотношения были выявлены нами для ели и березы на той же пробной площади, хотя разница во влажности различных частей дерева у ели была значительно больше, а у березы, наоборот, меньше (образцы взяты из разных частей стволов 12 деревьев сосны, 12 — ели и 12 — березы).

Через год после срубki модельных деревьев (в августе 1971 г.) различия во влажности заболони и сердцевинны в окоренных при разделке моделей отрубках сгладились. При расположении их непосредственно на земле наибольшую влажность у всех пород имела часть заболони, соприкасающаяся с почвой, и наименьшую — овеваемая воздухом. Влажность неокоренных отрубков была значительно выше: 120% против 30% у окоренной древесины сосны (в поверхностной части отрубков). При этом поверхность древесины непосредственно под корой была скользкой и влажной на ощупь. В то же время влажность сердцевинной части оставалась по-прежнему низкой (40%), что, по-видимому, и обуславливает более длительное сохранение сердцевинных частей неповрежденных ранее гнилью стволов сосны по сравнению с периферическими.

Замедляющее воздействие пониженной влажности древесины на развитие грибов подтверждается длительной сохранностью сухостоя, влажность древесины которого, при снятии с нее коры, обычно не превышает 30%. С другой стороны, грибы не развиваются и в тех случаях, когда содержание в древесине влаги настолько велико, что исключает возможность проникновения в нее воздуха, необходимого для развития грибов. Об этом свидетельствует длительное сохранение древесины в болотном тор-

фе, где сравнительно крепкие стволы деревьев сосны можно встретить на глубине до 1 м.

Сырораствующая древесина, попадающая на землю при ветровале или буреломе, прежде всего заселяется короледами, а несколько позднее (обычно на 2-й год) — усачами.

В Плесецком районе Архангельской области [4] выявлено 7 видов короедов, три из которых (вершинный сосновый — *Ips acuminatus* Gyll. и два сосновых лубоэда-садовника — *Blastophagus piniperda* L. и *B. minor* Hart.) заселяют лишь сосну, два (типограф — *Ips typographus* L. и гравер — *Pityogenes chalcographus* L.) — преимущественно ель и два (стенограф *I. sexdentatus* Voerr. и полосатый древесинник — *Trypodendron lineatum* Oliv.) — обе породы. На ели и сосне отмечены также усачи: черный сосновый (*Monochamus galloprovincialis* Ol.), большой черный еловый (*M. urussoli* Fisch.), малый бурый еловый (*M. sutor* L.) и блестящегрудый еловый *Tetropium castaneum* L.). Все названные вредители распространены и в Онежском районе, где, кроме того, выявлен комлевой сосновый усач (*Crioccephalus rustricus* L.) и березовый заболонник (*Scolytus ratzeburgi* Jans.).

Численность вторичных вредителей в северотаежных лесах достаточно велика, и здесь обычно не остается ни одного отмершего дерева, не обработанного короледами или усачами. На растущих деревьях насекомые обычно не поселяются. Исключение составляют экземпляры, сильно поврежденные пожарами. Некоторое представление о численности вредителей, в частности, полосатого древесинника и березового заболонника, можно составить из данных, полученных нами в июне 1971 г., через год после срубki деревьев (табл. 1).

Таблица 1

Порода	Высота отреза, м	Средний диаметр, см		Площадь, м <sup>2</sup>	Число жуков на пробе	Число жуков в среднем на 1 м <sup>2</sup>
		в коре	без коры			
Сосна	0—1,3	24,3	23,5	1,00	360	360
	5,6—7,6	19,1	18,8	1,20	400	330
	13,6—15,6	12,5	12,2	0,77	240	310
Береза	0,5—2,0	24,0	22,2	1,13	100	90
	4,5—6,0	19,0	17,3	0,89	37	40
	7,5—9,0	16,0	14,5	0,75	33	40

Среднее число маточных ходов типографа на 14 ветровальных деревьях ели на гаре составило в июне 1971 г. 150 шт. на 1 м<sup>2</sup> при среднем числе ячеек в одном ходе 25 шт. При совместном заселении одного дерева несколькими видами короедов (обычно типографом и гравером) общая их численность достигает 400—500 экз. на 1 м<sup>2</sup>. Личинки усачей под корой комлевой части 2-летнего валежника сосны насчитывается в среднем 30 шт. на 1 м<sup>2</sup>. Вполне понятно, что численность насекомых под корой и в древесине отмерших деревьев сильно колеблется в зависимости от времени учета, поэтому величина ее не может считаться достаточно показательной.

Известно, что усачи и некоторые короеды, например, полосатый древесинник, способствуют появлению в древесине синевы и других заболеваний. В то же время очищение короледами стволов от коры, способствуя высыханию древесины, задерживает развитие в ней грибов.

В зависимости от породы, вида отпада (сухостой или валежник), степени заселенности насекомыми, времени заселения ими дерева, наличия гнили в растущей древесине и т. д. древесина разрушается с неодинаковой скоростью. Наиболее быстро этот процесс завершается у березы и серой ольхи, древесина которых разрушается полностью спустя 4—6 лет после гибели дерева, теряя при этом половину своего веса. Характерно, что в течение 8 лет у березы разрушаются даже капы, отличающиеся особенно высокой прочностью. Березовую древесину разрушают в основном два вида грибов: настоящий трутовик — *Fomes fomentarius* (L.) Gill. и березовая губка — *Piptoporus betulinus* (Bull.) Karst. На живых деревьях лиственных пород чаще всего встречаются разные формы ложного трутовика *Phellinus igniarius* (L.) Quel.\* Число плодовых тел настоящего трутовика на валежных березах достигает 150 шт., причем распространены они на всем протяжении стволов. Через 8—10 лет они в основном прекращают свою деятельность и сами становятся пищей для муравьев.

В благоприятных для развития грибов условиях еловая древесина обычно разрушается в течение 8—12, а сосновая — 15—20 лет. Основными разрушителями еловой и сосновой древесины в условиях северотаежных лесов являются окаймленный трутовик — *Fomes pinicola* (Sw.) Karst., шелевой или заборный гриб — *Gloeophyllum*

\* Названия грибов даны по А. С. Бондарцеву [1].

*sepiarium* (Wulf.) Karst., сосновая, еловая и корневая губки — *Phellinum pini* (Thorex Fr.) Pil., *Ph. abietis* Karst. и *Fomitopsis annosa* (Fr.) Karst., гришинопорус — *Hirschioporus abietinus* (Dicks.) Donk., *H. fusco-violaceus* (Ehrenb.) Donk., пениофора гигантская — *Peniophora gigantea*, опенок. Однако при большой сухости или, наоборот, высокой влажности разложение древесины замедляется. А. А. Молчанов [4] сообщает о случаях изготовления шпал из обомшелого валежника сосны 40-летней давности, сохранившегося под пологом леса. Полное разложение еловой древесины, по его данным, происходит к 30-летнему возрасту валежника, соснового — к 90-летнему.

Такой длительной сохранности мертвой древесины в лесах Онежского района нам обнаружить не удалось\*, однако хорошая сохранность валежных сосен 25—30-летней давности здесь довольно обычна. Глубина проникновения гнили в части стволов, не соприкасающиеся с почвой, в основном не превышает 1,5 см и лишь на части, лежащей на земле, увеличивается до 3—5 см. Главная причина длительного сохранения валежной древесины в данном случае заключается в ее постоянной высокой влажности, препятствующей развитию грибов.

Процесс разложения древесины в условиях Севера совершается примерно следующим образом. В течение первых двух лет валежное дерево обрабатывается короедами и заселяется усачами. Одновременно (на 2-й год) у деревьев начинает опадать хвоя и частично кора, под которой появляются плодовые тела пениофоры гигантской. Древесина сверху темнеет, а в заболонной части появляется синева. Однако на технических качествах древесины это не отражается. Опадение хвои продолжается в течение 2—3 лет, а коры — 5—10 лет. С верхней части крупных стволов кора обычно не опадает совсем, становясь субстратом для поселяющихся мхов и перегнивая впоследствии вместе с остатками этих мхов. На 3-летнем валежнике начинают появляться плодовые тела окаймленного трутовика *Hirschioporus abietinus* и *Gloeophyllum sepiarium*.

При массовом развитии этих грибов разрушение древесины происходит довольно быстро и заканчивается, как уже отмечалось, к 15—20-летнему возрасту. Одновременно, начиная с 3—5-летнего возраста валежника, происходит загнивание и обламывание сучьев, которые, опадая на землю, затягиваются мхом. На стволах лежащих деревьев поселяются вначале лишайники, а затем зеленые мхи и ягодники, а к возрасту 8—10 лет и всходы древесных растений — сосны, ели и березы. К 20-летнему возрасту сучья валежника почти полностью отпадают, а ствол покрывается сверху сплошным травяно-моховым покровом и подстилкой мощностью до 3 см, которая, видимо, и способствует сохранению высокой влажности древесины. Плодовые тела вышних грибов к этому времени исчезают, и дальнейшее разложение древесины происходит в основном вследствие разрушительной деятельности микроскопических грибов, актиномицетов и бактерий, а также муравьев, многоножек и других насекомых.

Немалую роль играют при этом и корни древесных растений, которые проникают внутрь разложившейся древесины, ускоряя процессы ее минерализации. При большом числе самосева древесных пород (до 130—150 шт. на одну колоду) разрушительная деятельность его корей может быть очень значительной, тем более, что в первые 15—20 лет существования подрост не имеет непосредственной связи с почвой и питается исключительно за счет древесины.

Спустя 40—60 лет после падения на землю валежные деревья обрастают мхами со всех сторон и как бы срастаются с почвой. В дальнейшем о них напоминают лишь зеленые валки из мхов или ряды елового подроста протяженностью 10—15 м. Так заканчивается разрушение древесины упавших деревьев, на месте которых возникает новое поколение леса.

\* У валежника с 50-летним подростом ели здесь наблюдалось полное разложение древесины.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. С. Бондарцев. Трутовые грибы европейской части СССР и Кавказа. Изд. АН СССР, М.—Л., 1953. [2]. С. М. Ванин. Лесная фитопатология. Гослесбумиздат, М.—Л., 1955. [3]. А. И. Власов и др. Лесозащита. Гослесбумиздат, М.—Л., 1955. [4]. А. А. Молчанов, И. Ф. Преображенский. Леса и лесное хозяйство Архангельской области. Изд. АН СССР, М., 1957.

УДК 674.815-41

## К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МНОГОПУСТОТНЫХ ПЛИТ

В. М. САЦУРА

ВНИИДрев

Предложены способ выпиливания образцов из многопустотной плиты, размеры и форма образцов, способ и приспособление для их испытаний на растяжение перпендикулярно пласти. Даны расчетные формулы для определения показателей прочности при статическом изгибе, модуля упругости при изгибе, растяжении и сжатии перпендикулярно пласти плиты.

Действующий ГОСТ 10632—70 «Плиты древесностружечные» содержит требования по оценке качества древесностружечных плит плоского прессования, сплошных и многопустотных плит экструзионного прессования. Как показали исследования, проведенные во ВНИИДреве, этот ГОСТ имеет ряд недостатков как в отношении требования по изготовлению образцов, их размеров и методов испытаний, так и в отношении подсчета результатов испытаний для оценки качества многопустотных плит. Кроме того, в данный стандарт включены не все типы (по толщине) многопустотных плит, выпускаемые нашей промышленностью.

Требование стандарта о том, что при изготовлении образцов из многопустотной плиты плоскость пропила по направлению прессования должна проходить вдоль перемычки между полостями, не обосновано и не согласуется с требованием при выпиливании образцов по ширине. Следует иметь в виду, что нашей промышленностью выпускаются многопустотные плиты, толщина перемычки которых не превышает 6 мм. При раскрое этих плит вдоль перемычки последняя практически разрушается. Поэтому результаты исследований образцов, полученных при таком раскрое, например, при испытании на растяжение и сжатие перпендикулярно пласти, неверны.

С учетом отмеченного недостатка, а также с учетом зависимости конструкции многопустотных плит от их толщины требования по ширине образцов при испытании их по ГОСТам 10634—63 и 10636—63 не согласуются.

Метод определения предела прочности плит при растяжении перпендикулярно пласти (ГОСТ 10636—63) не дает достоверных результатов, трудоемок и практически непригоден для испытаний многопустотных древесностружечных плит плотностью выше 300 кг/м<sup>3</sup>. Опыты показывают, что образцы разрушаются по клеевому шву на границе колодка — образец. Предлагаемая формула подсчета результатов для многопустотных плит характеризует только условный предел прочности в пересчете на единицу площади пласти.

Приведенная в ГОСТе расчетная формула для определения прочности при статическом изгибе не учитывает различия в моментах инерции сечений для сплошных и многопустотных плит. В многопустотных плитах в зависимости от их толщины площадь каналов (отверстий) составляет 33—55% от всей площади сечения. Поэтому расчетные формулы должны учитывать этот факт, особенно при определении прочности плит повышенной толщины.

При выпиливании образцов, определении их размеров, разработке методов испытаний и подсчете результатов в первую очередь следует исходить из конструкции плиты. По своей конструкции многопустотная древесностружечная плита состоит как бы из набора отдельных элементов-двутавров. При раскрое этой плиты на образцы желательно, чтобы ее составные элементы не разрушались. Исследованиями подтверждено, что рациональным следует признать раскрой, при котором плоскость пропила проходит не по перемычке, а по центру продольного канала (отверстия). Необходимо, чтобы образцы из многопустотной плиты по ширине включали определенное количество неразрушенных элементов-двутавров. Количество таких элементов принимают из такого расчета, чтобы размеры образцов по ширине, за исключением некоторых видов испытаний (о которых будет сказано ниже), были близкими к требованиям действующего стандарта. Вместе с тем, для многопустотных плит толщиной 50 мм и выше, с целью сохранения достаточной жесткости выпиленных образцов, необходимо, чтобы образцы включали в себя как минимум два элемента-двутавра. По длине размеры образцов следует сохранять в соответствии с требованиями ГОСТа 10632—70. Для многопустот-

ных плит толщиной до 100 мм размеры образцов по ширине, при испытании их на статический изгиб поперек направления прессования, целесообразно принимать в соответствии с действующим стандартом, а для плит толщиной выше 100 мм — равными толщине образца.

Учитывая разницу в моментах инерции для сплошных и многупустотных плит, рекомендуем показатели предела прочности многупустотных плит при статическом изгибе вдоль направления прессования  $\sigma_{из}^{вд}$  вычислять по формуле

$$\sigma_{из}^{вд} = \frac{3}{2} \cdot \frac{P_{раз} \cdot l \cdot S}{b \cdot S^3 - 3\pi r^4} \quad (1)$$

а при изгибе поперек направления прессования

$$\sigma_{из}^{поп} = \frac{3}{2} \cdot \frac{P_{раз} \cdot l \cdot S}{b(S^3 - d^3)} \quad (2)$$

Модуль упругости при статическом изгибе вдоль направления прессования

$$E_{вд} = \frac{P \cdot l^3}{4(b \cdot S^3 - 3\pi r^4) \cdot f} \quad (3)$$

а при изгибе поперек направления прессования

$$E_{поп} = \frac{P \cdot l^3}{4b(S^3 - d^3) \cdot f} \quad (4)$$

В формулах (1)–(4) введены следующие обозначения:

$P_{раз}$  — разрушающая нагрузка, кгс;

$l$  — расстояние между центрами опор, см;

$b$  — ширина образца, см;

$S$  — толщина образца, см;

$r$  и  $d$  — соответственно радиус и диаметр отверстий, см;

$P$  — нагрузка, равная разнице между верхним ( $\frac{1}{3} P_{раз}$ ) и нижним (10%  $P_{раз}$ ) пределами нагружения, кгс;

$f$  — стрела прогиба, соответствующая нагрузке, см;

$n$  — количество отверстий в образце, шт.

Показатель предела прочности многупустотных плит на растяжение перпендикулярно пласти  $\sigma_p$  рекомендуем определять на образцах, полученных при раскрое поперечной полосы многупустотной плиты шириной 50 мм вдоль каждого канала (отверстия). Полученные при таком раскрое образцы, имеющие форму двутавра, испытывают на растяжение перпендикулярно пласти с помощью специального приспособления (рис. 1). При

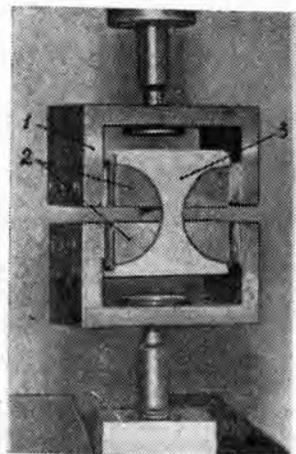


Рис. 1. Приспособление для определения прочности многупустотных плит на растяжение перпендикулярно пласти.

1 — скоба; 2 — съемные захваты; 3 — испытуемый образец.

этом растягивающие усилия прилагают непосредственно к полкам образца-двутавра. Как показывают исследования, такие образцы разрушаются по середине перемычки.

Показатель  $\sigma_p$  вычисляют по формулам

$$\sigma_p = \frac{P_{раз}}{l_1 \cdot \delta} \quad \text{или} \quad \sigma_p = \frac{P_{раз}}{l_1 - (t - d)} \quad (5)$$

где  $l_1$  — длина образца (в направлении прессования), см;

$\delta$  — толщина перемычки, см;

$t$  — расстояние между центрами каналов, см.

Для получения показателя прочности многупустотной плиты на единицу площади пласти (назовем его условный предел прочности  $q_p$ ) пользуемся формулами

$$q_p = \frac{P_{раз}}{l_1(d + \delta)} \quad \text{или} \quad q_p = \frac{P_{раз}}{l_1 \cdot t} \quad (5)$$

Для выбора удельного давления, при облицовке многопустотных плит, важно знать прочностные показатели при сжатии перпендикулярно пласти плиты: предел прочности при сжатии  $\sigma_{сж}$  и условный предел прочности при сжатии  $q_{сж}$ .

С целью выбора оптимальной конфигурации образцов для испытаний их на сжатие были сравнены результаты испытаний образцов с двумя и одной перемычками. Проверка на достоверность показала, что разница между средними арифметическими значениями прочности при сжатии образцов той или другой формы случайна. Оценка достоверности различия величин показателей точности при сжатии образцов не выявила преимуществ образцов с двумя перемычками по сравнению с образцами, имеющими одну перемычку. Поэтому показатели  $\sigma_{сж}$  и  $q_{сж}$  можно определять на аналогичных образцах и по тем же расчетным формулам, что и при растяжении перпендикулярно пласти.

С учетом вышеизложенного, порядок проведения и подсчет результатов испытаний при определении остальных физико-механических показателей следует производить в соответствии с требованиями ГОСТа 10632—70.

УДК 634.0.864.9

## ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОГО МАСЛА, ПОЛУЧЕННОГО НА ОСНОВЕ ОТСТОЙНОЙ ЛИГНИНОВОЙ СМОЛЫ

Л. П. АЖАР, Э. Д. ЛЕВИН

Сибирский технологический институт

Исследован химический состав содержащихся в физиологически активном масле ароматических углеводородов и фенолов, обладающих наиболее высокой гербицидной и фунгицидной токсичностью.

Ранее [1—4] нами было показано, что физиологически активное масло, полученное на основе отстойной лигнинной смолы, обладает гербицидной и фунгицидной токсичностью. Задача исследования химического состава масла состояла в том, чтобы получить количественные и качественные характеристики содержащихся в масле ароматических углеводородов и фенолов, которые, как известно [8], [11], обладают наиболее высокой гербицидной и фунгицидной токсичностью. Исследование химического состава лигнинной смолы необходимо для получения представлений о характере реакций, протекающих при образовании физиологически активного масла. Это масло, как было описано ранее [3], получают при совместном пиролизе отстойной лигнинной смолы с корой лиственницы сибирской. Поэтому состав смолы и масла изучали параллельно в идентичных условиях по следующей методике.

Суммарные фенолы, нейтральные вещества и кислоты выделяли из смолы и масла кислотнo-щелочным методом [9]. При остаточном давлении 10 мм рт. ст. фенолы разгоняли на фракции со следующими пределами кипения: 180—230°C, 230—280°C и 280—300°C (в пересчете на атмосферное давление). Эти фракции исследовали методом газожидкостной хроматографии (хроматограф УХ-2). Колонкой для разделения фенолов служила медная трубка длиной 4 м и диаметром 4 мм. В качестве неподвижной фазы применяли апиезон L, носителем служил хромосорб W. Расход газа-носителя (водорода) составлял 60—80 мл/мин, температура колонки 200°C.

Нейтральные вещества разделяли методом элюентной хроматографии на силикагеле под известной методике [5], [6]. Для этого использовали стеклянную колонку длиной 1,5 м с внутренним диаметром 20 мм, заполненную силикагелем марки КСМ, предварительно подвергнутым сушке при 150°C в течение 10 час. Элюентом для алифатических углеводородов служил n-гептан, для ароматических углеводородов — бензол, для нейтральных кислородосодержащих соединений — ацетон.

Выделенную из нейтральных веществ смесь ароматических углеводородов разгоняли под атмосферным давлением с применением елочного дефлегматора на легкую (80—280°C) и тяжелую (280—360°C) фракции. Состав легкой фракции исследовали на хроматографе ЛХМ-7А с программируемым подъемом температуры от 130 до 290°C со скоростью 2°C в 1 мин. Для разделения использовали колонку (длиной 4 м, диаметром 4 мм), заполненную хромосорбом W с неподвижной жидкой фазой (апиезон L) в количестве 20% от веса хромосорба. Температура в термостате детектора 340°C. Расход газа-носителя (гелия) составлял 45—70 мл/мин.

Результаты исследований группового состава смолы и масла приведены в табл. 1, а вещественного состава фенолов, содержащихся в смоле и масле, — в табл. 2.

Таблица 1

Группы веществ	Содержание веществ, % к абс. сухим		Выход веществ, % к абс. сухим	
	смоле	маслу	лигнину	лигниновой смоле + коре
Фенолы . . . . .	31,2	42,0	6,2	12,6
Нейтральные вещества, в том числе:	20,0	49,5	4,0	14,8
ароматические углеводороды . . . . .	15,7	40,0	3,1	12,0
кислородные соединения . . . . .	3,6	8,0	0,7	2,4
осмолившиеся вещества . . . . .	0,4	0,5	0,08	0,2
Кислоты . . . . .	2,8	4,7	0,5	1,4
Остаток, не растворимый в эфире	43,5	0,5	12,7	0

Таблица 2

Фенолы	Содержание фенолов, % к абс. сухим		Выход фенолов, % к абс. сухим	
	смоле	маслу	лигнину	лигниновой смоле + коре
Фенол	7,20	8,65	2,24	3,60
м + п-крезол	8,42	9,24	2,62	3,86
2,5-диметилфенол	3,30	4,91	1,02	2,06
2,3-диметилфенол	3,86	1,42	1,20	0,58
2, 3, 5-триметилфенол	1,37	1,26	0,42	0,52
Пирокатехин	1,56	1,34	0,48	0,53
4-бутилфенол	1,76	2,10	0,54	0,88
п-изопропилфенол	0,52	4,62	0,16	1,91
3, 4, 5-триметилфенол	0,61	1,68	0,19	0,70
2, 4, 5-триметилфенол	0,77	1,30	0,23	0,53
$\alpha$ -нафтол	0,15	0,12	0,05	0,05
Резорцин	0,31	1,10	0,10	0,46
Гваякол	—	2,26	—	1,00
Неидентифицированные	1,27	2,11	0,39	0,88

При вакуум-разгоне фенолов смолы и масла соответственно получено: легких фракций (с т. кип. 180—230°C) — 10 и 15%; средних фракций (230—280°C) — 2,2 и 3%; тяжелых фракций (280—300°C) — 1,8 и 4%; остатка, выкипающего выше 300°C, — 16 и 19,4%.

При идентификации ароматических углеводородов смолы и масла (фракции 80—280°C) на хроматограммах получили соответственно 41 и 44 пика. Из-за отсутствия чистых веществ методом добавок было идентифицировано только 22 компонента, среди них в масле обнаружены цимол, инден, тетралин, нафталин, флуорен, фенантрен и другие углеводороды, обладающие высокой гербицидной и фунгицидной токсичностью.

Из данных табл. 1 видно, что при получении из лигниновой смолы и коры физиологически активного масла выход фенолов в расчете на сырье возрастает в 2 раза, нейтральных веществ — в 3,7 раза и кислот — почти в 3 раза, тогда как выход высококонденсированного остатка — пика падает до 0%. Этому можно дать следующее предварительное объяснение.

При действии повышающейся температуры в среде, содержащей водород (который образуется при разложении смолы и коры), наряду с общим сокращением выхода конденсирующихся продуктов, протекают реакции восстановительной деструкции пика. Известно [10], что пек древесного происхождения представляет собой смесь конденсированных ароматических углеводородов и резитоподобных продуктов конденсации фенолов, фенолоксидов и углеводородов. В ходе пиролиза протекает деструкция обеих составных частей пика. По-видимому, та его часть, которая является продуктом конденсации углеводородов, также дает углеводороды, но более простого строения; в основном, это ароматические соединения (табл. 1). Парафиновые и нафтенновые углеводороды здесь, очевидно, не образуются, так как высокая температура процесса обуславливает протекание реакций ароматизации. Из резитоподобной части пика (за счет наличия в нем кислорода) образуются дополнительные количества фенолов, кислот и нейтральных кислородных соединений, выход которых значительно возрастает (табл. 1).

О том, что восстановительная деструкция протекает довольно глубоко, можно судить по выходу фенолов. Из данных табл. 2 видно, что заметно увеличивается выход легких фенолов. Другие фенолы появляются не за счет тех, которые были в исходной лигниновой смоле (выход их остается постоянным или даже возрастает), а за счет нефенольных компонентов, которые и представляют собой лек.

Можно считать, что подобные реакции характерны и для пека, образующегося при пиролизе коры. Сопоставление наших результатов с результатами ранее проведенных исследований [7] состава смолы и фенолов, образующихся при пиролизе коры лиственницы сибирской, позволяет дать этому процессу объяснение, приведенное выше.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Л. П. Ажар, Э. Д. Левин, Н. А. Соколова. Авторское свидетельство СССР № 297477. [2]. Л. П. Ажар, Э. Д. Левин, ИВУЗ. «Лесной журнал» № 3, 1971. [3]. Л. П. Ажар, Э. Д. Левин, Н. А. Соколова. ИВУЗ. «Лесной журнал» № 3, 1972. [4]. Н. Ф. Будяк, Н. М. Караваев, ДАН СССР, т. 120, № 2, 1958. [5]. Н. Ф. Будяк, С. А. Воронович, С. Н. Крупеня. «Химия и технология топлив и масел» № 8, 1964. [6]. А. Крафтс, У. Роббинс. Химическая борьба с сорняками. Изд-во «Колос», 1963. [7]. Э. Д. Левин, Н. А. Чупрова. Журн. «Гидролизная и лесохимическая промышленность» № 8, 1966. [8]. Э. Д. Левин, Б. Р. Эйдус, Л. П. Ажар, Р. А. Эльцберг, Т. Ф. Кандалинцева. Авторское свидетельство СССР № 225618. [9]. В. П. Сумароков и др. Методы анализа продуктов пирогенетической переработки древесины. Гослесбумиздат, 1960. [10]. Д. В. Тищенко и др. Сборник трудов ЦНИЛХИ, № 4, 1961. [11]. М. Хунт, А. Геррат. Консервирование древесины. Гослесбумиздат, 1961.

УДК 634.0.813

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕНТАХЛОРОФЕНОЛА В ПРОПИТОЧНЫХ РАСТВОРАХ И ДРЕВЕСИНЕ МЕТОДОМ УФ-СПЕКТРОСКОПИИ

*Е. Е. ФЛОМИНА, Л. А. КРАСКОВА*

ЦНИИМОД

*А. В. ОБОЛЕНСКАЯ, В. П. ЗИМНИЦКАЯ*

Ленинградская лесотехническая академия

Описаны методика количественного определения поглощения древесинной пентахлорфенолята натрия при пропитке его водными растворами, основанная на определении концентрации антисептика в до- и послепропиточных растворах методом УФ-спектроскопии, а также методики, позволяющие установить в пропитанной древесине раздельно содержание пентахлорфенолята и образующегося из него пентахлорфенола. Приведены УФ-спектры пропускания пентахлорфенола в органических растворителях и пентахлорфенолята натрия в водных щелочных растворах.

В литературе описан ряд исследований по разработке метода анализа пентахлорфенола (ПХФ), пентахлорфенолята натрия (ПХФ-натрия) и их растворов с использованием УФ-спектроскопии [2], [4], [5]. Леклер [4] исследовал УФ-поглощения компонентов технического ПХФ в сравнении с поглощением чистыми продуктами. Для определения тетра- и пентахлорфенолов он рекомендовал измерять оптическую плотность в растворе этилового эфира при 255—285 нм. Сопоставление данных, полученных спектрофотометрическим методом, с результатами анализа хлорфенолов по проценту связанного хлора показало, что УФ-спектрофотометрический метод достаточно точен.

Нами были исследованы четыре образца ПХФ методом УФ-спектроскопии (табл. 1). Для всех образцов определена температура плавления в капилляре по обычной методике.

В качестве эталона был выбран образец 3, так как по литературным данным [1] температура плавления ПХФ равна 188—189°C. Для образца 3 снята кривая УФ-пропускания в эфире (рис. 1). Спектры пропускания снимали на двухлучевом регистрирующем спектрофотометре «Шимадзу» (Япония).

Для снятия спектра готовили раствор концентрации 0,1 мг на 1 мл этилового эфира. Сравнение кривых 1 и 2 показало достаточно точное их совпадение. На основании

Таблица 1

Номер образца	Характеристика образца	Температура плавления, °С
1	ПХФ марки „ч“ Ереванского завода химреактивов	175
2	ПХФ технический ЭПЗ ЦНИИМОДа „Красный Октябрь“	169
3	ПХФ, полученный очисткой технического ПХФ с перекристаллизацией из бензола	188,5
4	ПХФ, полученный очисткой технического ПХФ с перекристаллизацией из петролейного эфира	186

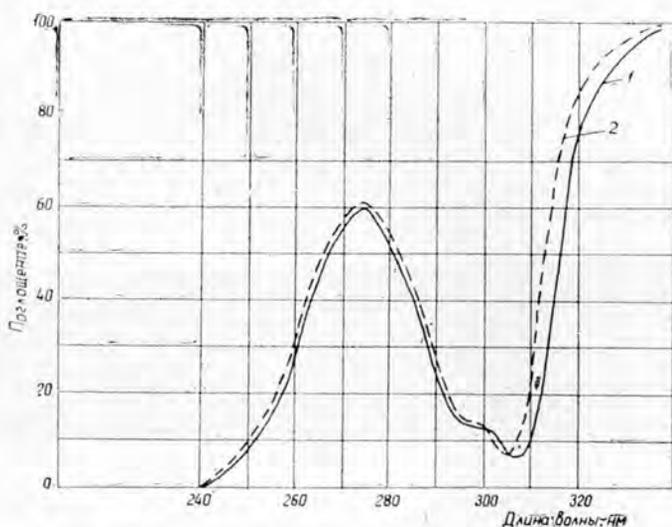


Рис. 1. УФ-спектры пропускания пентахлорфенола в эфире.

1 — для образца 3; 2 — для чистого ПХФ-натрия (по данным Леклера).

спектра пропускания образца 3 в эфире с использованием коэффициента экстинкции ПХФ, определенного Леклером, проведен расчет содержания чистого ПХФ в этом образце. Результаты подтвердили высокую точность метода.

Поскольку результаты, полученные на различных спектрофотометрах, как правило, неидентичны [3], при проведении анализов необходимо пользоваться калибровочными кривыми, построенными для применяемого прибора. В качестве растворителя целесообразнее применять этиловый спирт, так как эфир легколетуч, поэтому требует использования плотно закрывающихся кювет и быстрого снятия спектров.

Изучение спектров образцов ПХФ (рис. 2) показало, что кривые пропускания разных образцов близки друг к другу и имеют примерно одинаковый характер с кривыми пропускания эфирных растворов. Так, в УФ-спектрах пентахлорфенола в спиртовых растворах имеется отчетливый максимум поглощения при 304 нм, который и можно использовать для определения концентрации ПХФ.

Метод определения органикорастворимого пентахлорфенола в эфирном и спиртовом растворах с использованием калибровочных графиков можно применять для анализа пропиточных растворов и экстрактов из пропитанной древесины.

Для построения кривой готовят раствор стандартного образца пентахлорфенола. Концентрации растворов подбирают так, чтобы их оптическая плотность лежала в интервале 1,5—0,05. Растворы различной концентрации получают разбавлением основного раствора и оптическую плотность определяют при 255 нм. По полученным данным строят калибровочный график: на оси абсцисс откладывают концентрации растворов ПХФ, на оси ординат — оптическую плотность.

При исследовании растворов пентахлорфенолята натрия можно определять его через пентахлорфенол, но удобнее пользоваться УФ-поглощением фенолята. ПХФ-натрия

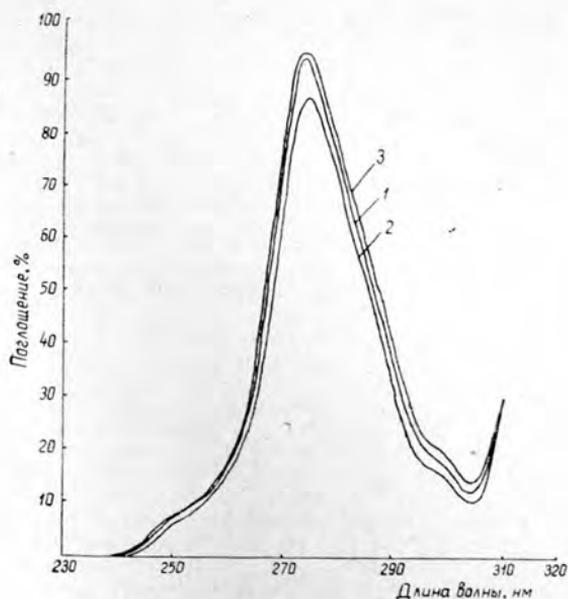


Рис. 2. УФ-спектры пропускания различных образцов пентахлорфенола в спирте.

1 — для образца 4; 2 — для образца 1; 3 — для образца 3.

в щелочном растворе имеет два максимума УФ-поглощения: при длинах волн 248 и 320 нм. Для спектрофотометрического анализа рекомендуют использовать максимум при 320 нм [5].

Снятый нами спектр пропускания водного раствора ПХФ-натрия (рис. 3, кривая 1) подтверждает литературные данные. Сравнение кривых пропускания ПХФ-натрия в воде (кривая 1) и спирте (кривая 2) показывает, что эти спектры по характеру близки друг к другу, но в спиртовом растворе максимум поглощения несколько сдвинут в сторону больших длин волн.

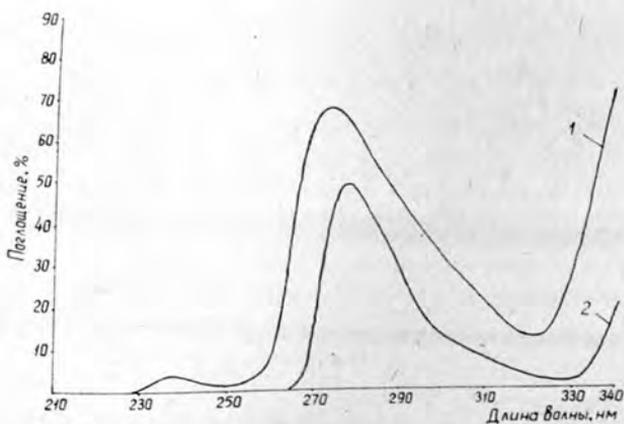


Рис. 3. УФ-спектры пропускания раствора пентахлорфенолята натрия.

1 — в воде; 2 — в спирте.

В исследованиях по пропитке древесины водными растворами ПХФ-натрия для определения его поглощения мы использовали метод определения непосредственно ПХФ-натрия в до- и послепропиточных растворах и водных экстрактах пропитанной древесины.

Ниже приведена применяемая нами методика. Для построения калибровочной кривой готовили стандартный раствор ПХФ-натрия (0,2 мг в 1 мл). Навеску препа-

рата растворяли в дистиллированной воде, содержащей в 1 л 10 мл 10%-ного раствора гидроокиси натрия во избежание выделения свободного пентахлорфенола. Из бюретки в мерные колбы на 50 мл отмеряли 1,0; 3,0; 5,0; 7,0; 10,0; 15,0 мл стандартного раствора ПХФ-натрия, доливали колбы до метки 0,1 н. раствором гидроокиси натрия и тщательно перемешивали. Определяли оптическую плотность каждого раствора на спектрофотометре при длине волны 320 нм, для сравнения взяв 0,1 н. раствор гидроокиси натрия. По полученным данным строили калибровочную кривую. По калибровочному графику определяли содержание ПХФ-натрия в анализируемых растворах.

В древесине пентахлорфенолят натрия частично переходит в водонерастворимый пентахлорфенол [6]. Его экстрагировали азеотропной спирто-толуольной смесью с последующим спектрофотометрическим определением. Использовали модифицированную методику [5].

Для построения калибровочного графика пипеткой отмеряют 5, 10, 15, 20 и 25 мл стандартного раствора пентахлорфенола в делительные воронки емкостью 250 мл, содержащие 20, 15, 10 и 5 мл хлороформа. Затем в каждую воронку добавляют 100 мл 0,1 н. раствора едкого натра, встряхивают энергично два раза по 30 сек, каждый раз выпуская из воронки воздух, и дают отстояться до получения прозрачного верхнего слоя.

Хлостуюю кювету заполняют 0,1 н. раствором едкого натра, а рабочую — раствором из верхнего слоя делительной воронки. Обе кюветы помещают в спектрофотометр и определяют оптическую плотность раствора при длине волны 320 нм и 100%-ном пропускании. По полученным данным строят калибровочный график. Экстракцию азеотропной этанол-толуольной смесью\* проводят по следующей методике. Навеску опилок (после горячей водной экстракции) около 15 г заливают 300 мл азеотропной смеси и кипятят в течение 10 мин, фильтруют через стеклянный пористый фильтр, промывают опилки на фильтре 50 мл азеотропной смеси и повторяют обработку еще раз. Замеряют общий объем экстракта, из него отбирают две пробы для определения сухого остатка, а от остальной части экстракта отгоняют основную часть растворителя, остаток упаривают в стакане до объема около 1 мл. Добавляют 25 мл хлороформа и взбалтывают до полного растворения ПХФ. Раствор переносят в мерную колбу на 50 мл, стакан промывают двумя порциями хлороформа по 10 мл и доводят объем раствора до метки. Из полученного раствора отбирают пипеткой 20 мл, помещают в делительную воронку, добавляют 100 мл 0,1 н. раствора NaOH, встряхивают и дают отстояться до получения прозрачного верхнего слоя. В полученном щелочном растворе (верхний слой) определяют концентрацию ПХФ по методике, аналогичной построению калибровочного графика.

Содержание ПХФ в древесине вычисляют по формуле

$$\% \text{ПХФ} = \frac{0,25 \cdot a \cdot v}{q \cdot v_1}$$

где  $a$  — концентрация ПХФ, найденная по калибровочному графику, мг/мл;

$v$  — общий объем спирто-толуольного экстракта;

$v_1$  — проба спирто-толуольного экстракта, взятая на упаривание и дальнейшее определение;

$q$  — навеска образца абс. сухой древесины, г.

Результаты исследования показали перспективность применения метода УФ-спектрокопии при анализе пропиточных растворов и экстрактов из пропитанной древесины, содержащих пентахлорфенол или пентахлорфенолят натрия.

\* 500 мл этилового спирта, 215 мл толуола и 2 мл разбавленной соляной кислоты (1:9)

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Справочник химика. Т. II, ГХИ, М.—Л., 1951. [2]. A. J. Cserjesi, J. W. Roff, Retention of Pentachlorophenol in Lumber Dipped in Water Solutions. «Forest Products Journal», vol. XIV, № 8, 1964, p. 373—376. [3]. G. W. Ewing, T. Sr. Parsons, «Anal. Chem.», 20, 1948, p. 423—425. [4]. J. B. Laclair, «Analytical chemistry», 23, № 12, 1951, p. 1760—1762. [5]. Method for chemical Analysis of Preservatives, A. W. P. A. Proceedings 64, 1968, p. 168—178. [6]. A. Simon, H. Tönjes, Beiträge über das Verhalten von Natriumpentachlorphenolat als Holzimprägnierungsmittel. «Holz als Rohund Werkstoff», № 3, 1953, s. 104—111.

УДК 676.2.052.4/7

## ОБЩЕЕ УРАВНЕНИЕ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ СКОРОСТЕЙ ПОТОКОВ В ГАЗО-ГАЗОВЫХ ТЕПЛООБМЕННИКАХ

А. Э. ПИИР, В. Б. КУНТЫШ

Архангельский лесотехнический институт

Изложен вывод общего уравнения для расчета оптимального отношения скоростей газовых потоков из условия обеспечения максимума энергетического коэффициента теплообменной поверхности. Предлагаемое уравнение позволяет оптимизировать скорости газов как при продольном, так и продольно-поперечном омывании ими различных форм конвективных поверхностей.

Теплообменники типа газ—газ применяются в целлюлозно-бумажной промышленности в качестве теплоуловителей для бумажных машин, а также газонагревателей для разных технологических установок. Низкие значения теплоемкости и теплопроводности газов обуславливают их малую эффективность как теплоносителей и приводят к громоздкости газовых аппаратов. Существенную роль приобретают вопросы выбора эффективной поверхности нагрева.

Сравнительный анализ тепловой эффективности поверхностей для газо-газовых аппаратов следует выполнять при режимах, обеспечивающих оптимальное отношение скоростей потоков [1], удовлетворяющее максимуму энергетического коэффициента

$$E = \frac{k}{n_1 + n_2}, \quad (1)$$

где  $k = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2}$  — коэффициент теплопередачи;  
 $n_1$  и  $n_2$  — затраты мощности на прокачку теплоносителей с внутренней и наружной сторон поверхности.

Поставленную задачу решали графо-аналитически [1]. В ряде работ [3], [4] установлены частные аналитические решения для наиболее простых случаев — продольного течения потоков по сторонам аппарата. Вне поля исследования осталась широко распространенная группа теплообменников со сложным обтеканием поверхности — продольно-поперечным.

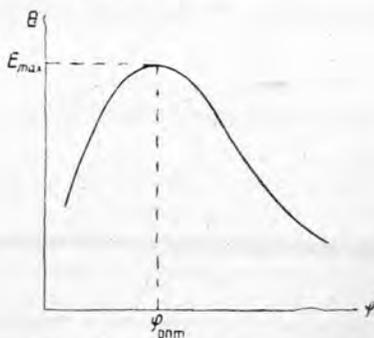


Рис. 1. Зависимость энергетического коэффициента от отношения скоростей потоков.

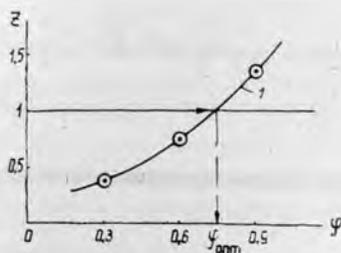


Рис. 2. Схема графического решения уравнения оптимального отношения скоростей потоков.

1 — кривая по зависимости (8).

Цель настоящей работы — получение обобщенного уравнения оптимального отношения скоростей в общем виде, справедливого для любого характера течения газовых потоков относительно теплопередающей поверхности. Определение оптимальных скоростей обоих теплоносителей — трудоемкая расчетная задача, так как искомые параметры связаны сложными уравнениями теплообмена и гидродинамики. Решение упрощается, если скорость одного теплоносителя задана и должна оставаться неизменной. Согласно работе [4], при монотонном изменении скорости второго теплоносителя коэффициент проходит через максимум (рис. 1). Данное условие положим в основу расчета оптимизации скорости этого теплоносителя.

Коэффициенты теплоотдачи и отнесенные к единице поверхности теплообмена затраты мощности на перемещение рабочих агентов можно представить функциональными зависимостями вида

$$\alpha_1 = A_1 \omega_1^{a_1}; \quad \alpha_2 = A_2 \cdot \omega_2^{a_2}; \quad (2)$$

$$n_1 = B_1 \cdot \omega_1^{b_1}; \quad n_2 = B_2 \cdot \omega_2^{b_2}, \quad (3)$$

где  $A$  и  $B$  — постоянные коэффициенты, зависящие от геометрии поверхности, характера обтекания ее потоком и режима течения;

$a$  и  $b$  — показатели степени;

$\alpha$  и  $\omega$  — соответственно коэффициент теплоотдачи и скорость потока.

Конкретные формулы по расчету затрат мощности на транспортировку теплоносителя для разных форм поперечных сечений труб и метод их получения можно найти в одной из работ [2].

Подставив равенства (2) и (3) в формулу (1) и проделав ряд преобразований, получим

$$E = \frac{1}{\frac{n_1}{\alpha_2} + \frac{n_1}{\alpha_1} + \frac{n_2}{\alpha_1} + \frac{n_2}{\alpha_2}} = \frac{1}{M}, \quad (4)$$

$$\text{где } M = \frac{B_1 \cdot \omega_1^{b_1}}{A_2 \cdot \omega_2^{a_2}} + \frac{B_1 \cdot \omega_1^{b_1}}{A_1 \cdot \omega_1^{a_1}} + \frac{B_2 \cdot \omega_2^{b_2}}{A_1 \cdot \omega_1^{a_1}} + \frac{B_2 \cdot \omega_2^{b_2}}{A_2 \cdot \omega_2^{a_2}}. \quad (5)$$

Найдем условие максимума энергетического коэффициента  $E$  по уравнению (4), если  $\omega_1 = \text{const}$ ;  $\omega_2 = \text{var}$ . Обозначив отношение скоростей  $\frac{\omega_2}{\omega_1} = \varphi$ , приведем уравнение (5) к виду

$$M = \frac{B_1}{A_2} \cdot \omega_1^{b_1 - a_2} \varphi^{b_1 - a_2} + \frac{B_1}{A_1} \cdot \omega_1^{b_1 - a_1} + \frac{B_2}{A_1} \cdot \omega_1^{b_2 - a_1} \varphi^{b_2} + \frac{B_2}{A_2} \cdot \omega_1^{b_2 - a_2} \varphi^{b_2 - a_2}. \quad (6)$$

Подставив равенство (6) в уравнение (4) и выполнив дифференцирование полученного выражения по  $\varphi$  с приравняванием производной к нулю, после преобразований имеем общее уравнение оптимального отношения скоростей

$$x \varphi^{b_2 + a_2} + y \varphi_{\text{опт}}^{b_2} = 1, \quad (7)$$

$$\text{где } x = \frac{b_2}{a_2} \cdot \frac{A_2 \cdot B_2}{A_1 \cdot B_1} \cdot \omega_1^{b_1 - b_1 + a_2 - a_1}; \quad y = \frac{b_2 - a_2}{a_2} \cdot \frac{B_2}{B_1} \cdot \omega_1^{b_2 - b_1}.$$

Уравнение (7) легко решить графическим способом, показанным на рис. 2; для этого, задаваясь тремя произвольными значениями  $\varphi$ , строили кривую (1) по выражению

$$z = x \varphi^{b_2 + a_2} + y \varphi^{b_2}. \quad (8)$$

Точка пересечения зависимости  $z = f(\varphi)$  с ординатой  $z = 1$  и есть решение уравнения (7) относительно  $\varphi_{\text{опт}}$ .

Интенсивность теплоотдачи и потери напора при продольном омывании гладкотрубных пучков как снаружи, так и внутри описываются уравнениями (2) и (3), для которых  $a_1 = a_2$ ,  $b_1 = b_2$ , вследствие чего влияние  $\omega_1$  не сказывается на оптимальном отношении. Продольно поперечное обтекание труб характеризуется теми же уравнениями, но  $a_1 \neq a_2$ ;  $b_1 \neq b_2$ , причем по абсолютной величине разница между ними небольшая. В этом случае анализ выражения (7) показывает на медленное изменение  $\varphi_{\text{опт}}$  при изменении  $\omega_1$ .

С целью проверки общности предлагаемого уравнения (7) нами выполнены расчеты оптимального отношения скоростей в кожухотрубчатом теплообменнике с продольным течением воздушных потоков как снаружи, так и внутри гладких труб по следующим исходным данным:  $d_1 = d_2 = 16,2$  мм,  $t_1 = 200^\circ\text{C}$ ,  $t_2 = 250^\circ\text{C}$  и при давлениях  $p_1 = p_2 = 760$  мм рт. ст. Для турбулентного режима течения коэффициенты теплоотдачи подсчитывали по известной формуле М. А. Михеева, которая применительно к заданным условиям имеет вид

$$\alpha_1 = 6,00\omega_1^{0,8} \frac{\text{вт}}{\text{м}^2\text{град}}; \quad \alpha_2 = 5,66\omega_2^{0,8} \frac{\text{вт}}{\text{м}^2\text{град}}. \quad (9)$$

Затраты мощности рассчитывали по формулам В. М. Антуфьева [2], а коэффициенты сопротивления трения — по выражению Блазиуса. После преобразования зависимостей (3) имеем:

$$n_1 = 0,00636 \omega_1^{2,75} \text{вт/м}^2; \quad n_2 = 0,00596 \omega_2^{2,75} \text{вт/м}^2. \quad (10)$$

В результате решения уравнения (7) получаем  $\varphi_{\text{опт}} = 0,589$ ; это значение полностью совпадает с величиной  $\varphi_{\text{опт}}$  для примера по частной аналитической зависимости, приведенного в работе [3].

Таким образом, соотношение (7) позволяет проанализировать влияние геометрических размеров, режимных параметров и теплофизических констант на оптимум скоростей и обоснованно сопоставить разные формы по тепловой эффективности.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. М. Антуфьев, Е. К. Гусев. Определение оптимальных скоростей двухстороннего газового потока по энергетическим характеристикам. Труды ЛТИ ЦБП, вып. 11, Гослесбумиздат, 1963. [2]. В. М. Антуфьев. Эффективность различных форм конвективных поверхностей нагрева. Изд-во «Энергия», 1966. [3]. Ф. М. Иохведов, В. Б. Кунтыш. Аналитическое определение оптимальных скоростей двухстороннего газового потока по энергетическим характеристикам. Труды ЛТИ ЦБП, вып. 18, изд-во «Лесная промышленность», 1965. [4]. В. Б. Кунтыш, Ф. М. Иохведов. Определение оптимального отношения скоростей потоков в теплоуловителях бумажных машин. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1968.

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>И. С. Мелехов.</i> Славный юбилей и новые задачи науки . . . . .	3
---	---

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

<i>М. С. Чернобровцев.</i> Рубки ухода и их роль в лесовосстановлении . . . . .	7
<i>М. Т. Гончар, В. И. Парпан.</i> О воздействии искусственных дубово-сосновых фитоценозов на почву в районе Малого Полесья УССР . . . . .	10
<i>М. Д. Мерзленко.</i> Культуры ели К. Ф. Тюрмера на территории Смоленско-Московской возвышенности . . . . .	15
<i>Н. С. Веденяпина, А. П. Баданов.</i> Применение азотобактера при выращивании семян сосны . . . . .	19
<i>В. В. Мартыненко.</i> Овицидное действие боверина на восточного майского хруща	23
<i>В. П. Поляков.</i> К вопросу о выборе способа монтажа уточненных фотосхем . . . . .	26

## ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

<i>Ю. И. Рябокоть, В. Н. Худогов.</i> Исследование внешних сил и деформаций сплавных транспортных единиц, взаимодействующих со взволнованной водной средой . . . . .	30
<i>Б. В. Уваров, А. С. Вишняков.</i> О методике исследования с помощью ЭВМ колебаний автомобиля и некоторые результаты конкретных расчетов . . . . .	35
<i>В. А. Александров, С. А. Осмаков.</i> Динамика пакетирования деревьев при свободном повале . . . . .	40
<i>С. И. Морозов.</i> О расчете устойчивости рельсо-шпальной решетки . . . . .	45
<i>В. А. Мехренцев.</i> К вопросу расчета силовых параметров при продольной окорке бревен тупыми короснимателями . . . . .	50
<i>Г. И. Торговников, Н. Ф. Пигильдин.</i> Динамические нагрузки, действующие на коросниматель роторного станка . . . . .	55
<i>Д. Д. Репринцев, Ю. И. Меремьянин.</i> Методика оценки эффективности мероприятий по повышению безопасности труда . . . . .	59

## МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

<i>В. И. Санев.</i> Закономерности изменения сил, действующих на разведенные зубья рамных пил . . . . .	63
<i>В. Г. Бодаев, В. К. Пашков.</i> Влияние нагрева на устойчивость круглых плоских пил . . . . .	70
<i>Д. К. Воевода, Б. А. Леонов.</i> Перерезание древесины плоскими ножами . . . . .	75
<i>В. П. Абрамов, Г. В. Берзиньш, В. П. Скрупский.</i> Исследование степени уплотнения березовых заготовок при получении пластифицированной древесины методом всестороннего гидравлического сжатия . . . . .	81
<i>В. Г. Любимов.</i> Силовые зависимости при шлифовании древесно-слоистого пластика . . . . .	85
<i>О. Н. Мальшева, В. А. Соловьев.</i> Анатомические изменения в щепе при открытом кучевом хранении . . . . .	91

## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

<i>И. А. Гамова, А. А. Эльберт, Е. В. Викторова.</i> Исследование взаимодействия смолы с древесиной в условиях изготовления древесностружечных плит . . . . .	95
<i>В. П. Жуков.</i> Прочность склеивания древесины разных пород в зависимости от расхода связующего и давления при склеивании . . . . .	99
<i>И. М. Боховкин, Б. К. Семенов.</i> Исследование процесса образования смол на основе фурфурола и трехатомных фенолов . . . . .	103
<i>В. А. Волков, В. И. Юрьев.</i> Электрокинетические свойства проклеенной бумажной массы . . . . .	107

**КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ  
И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ**

<i>С. Г. Костокрыз, И. П. Ковтун.</i> Статистический метод экспериментального определения динамических характеристик лесотранспортных машин . . . . .	112
<i>Г. А. Жодзишский.</i> Фильтрация сигналов при автоматических измерениях параметров древесины на лесопотоках . . . . .	116
<i>А. Ф. Николаев.</i> Влияние конструктивных особенностей лущильных станков на устойчивость лущения . . . . .	123
<i>А. Д. Пинчевский, Т. И. Соловова.</i> Исследование гигроскопического метода измерения влажности древесины . . . . .	130

**ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА**

<i>И. В. Воронин, Б. А. Паршин.</i> О производительности и эффективности труда управленческого аппарата в лесничествах . . . . .	136
<i>В. А. Букиштынов.</i> Исследование основных электроэнергетических характеристик комплексных лесохозяйственных предприятий . . . . .	139
<i>В. А. Бузун.</i> Уровень использования основных фондов лесохозяйственных предприятий в Полесье УССР . . . . .	143

**КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ**

<i>Б. Д. Зайцев.</i> Материалы к характеристике пестроты морфологических свойств верхних горизонтов лесных подзолистых почв . . . . .	147
<i>Е. Д. Солодухин.</i> О содействии естественному возобновлению в некоторых типах лиственничников Дальнего Востока . . . . .	148
<i>А. И. Барабин.</i> Об урожае шишек ели в Вельском лесхозе Архангельской области . . . . .	150
<i>А. А. Подкопаев.</i> О создании агрономически эффективных полезащитных лесных полос в зоне южных черноземов УССР . . . . .	153
<i>В. И. Дитрих.</i> Возрастная структура лиственничных древостоев южной тайги Средней Сибири . . . . .	154
<i>Э. С. Гусейнов.</i> Болезни хурмы кавказской в лесах и лесокультурах Азербайджана . . . . .	158
<i>В. Е. Варфоломеев.</i> Влияние сомкнутости полога 25-летних порослевых дубрав на микроклимат . . . . .	160
<i>А. Д. Вакуров.</i> Условия разрушения и сроки сохранности древесины в северной тайге . . . . .	162
<i>В. М. Сацура.</i> К вопросу определения физико-механических показателей многопустотных плит . . . . .	165
<i>Л. П. Ажар, Э. Д. Левин.</i> Химический состав физиологически активного масла, полученного на основе отстойной лигниновой смолы . . . . .	167
<i>Е. Е. Фломина, Л. А. Краскова, А. В. Оболенская, В. П. Зимницкая.</i> Определение пентахлорфенола в пропиточных растворах и древесине методом УФ-спектроскопии . . . . .	169
<i>А. Э. Пиир, В. Б. Кунтыш.</i> Общее уравнение для оптимизации скоростей потоков в газо-газовых теплообменниках . . . . .	173

**ЛИСТОК СРОКА ВОЗВРАТА**  
**КНИГА ДОЛЖНА БЫТЬ**  
**ВОЗВРАЩЕНА НЕ ПОЗЖЕ**  
**УКАЗАННОГО ЗДЕСЬ СРОКА**

Колич. пред. выдач \_\_\_\_\_

Депонирование  
ся по решению  
журнала. Статья  
ирование с со  
Депонированн  
учными публика  
при защите д  
объеме.

Для депониро  
цию должны б  
дующие материа  
а) рукопись с  
б) краткий ре  
тором (2 экз.);  
в) аннотация,  
(2 экз.).

При оформлен  
блюдать следую

Статья предст  
журнала в мягк  
отработанная а  
немедленного р  
безнаборной печ

Текст рукопис  
ке (не портатив  
лентой через пол  
на одной стор  
бумаги формата  
писчей.

Рукопись должна включать:  
а) титульный лист (4 первых экземпляра, один из них должен быть подписан автором); б) основной текст; в) иллюстрации; г) приложения; д) библиографию.

В рукописи все страницы (включая приложения) должны быть пронумерованы (первой страницей считается титульный лист, на ней цифра «1» не ставится, на следующей странице проставляется цифра «2» и т. д.). Порядковый номер печатается на машинке в середине верхнего поля страницы.

Страницы рукописи должны иметь четыре поля; верхнее и оба боковых по 25 мм, нижнее — 30 мм.

следует выпол  
бумаге, сдавать  
де и только

ть вписаны в  
юрчиво, обяза  
ми или тушью  
Особенно четко  
ть обозначены  
уквы, а также  
в для формул  
ие: прописные  
м, строчные —  
и, индексы —

языках может  
целиком напи  
стично напеча  
тинке отдельных  
жается).

рисунки, фото  
з пометок, как  
к исправлений.  
Набивки букв  
чернилами не  
цена ошибка,  
ерепечатано и

Тип. им. Скляпина, 1971 г., зак. 8182

включено.

При оформлении реферата следует руководствоваться правилами, принятыми для подготовки рукописей, издаваемых наборной печатью. Объем не должен превышать 2 страниц машинописного текста, в отдельных случаях можно включать рисунок, таблицу, основные формулы. Объем аннотации — не более одной страницы, напечатанной через два интервала. Аннотации должно предшествовать библиографическое описание материала статьи по следующему образцу:

УДК (указать).

Некоторые вопросы развития тепловых электрических станций. Иванов И. И. «Изв. вузов — Энергетика» 1972, №

В целях информации научных учреждений и отдельных лиц о поступивших на депонирование и размножение рукописях по точным, естественным и техническим наукам ВИНТИ выпускает аннотированный каталог, в котором сообщается номер, под которым хранится рукопись в ВИНТИ, фамилия автора, название труда, наименование учреждения, представившего труд, объем и другие библиографические данные.

Заказы на изготовление копий с депонированных рукописей по точным, естественным и техническим наукам направляются в Отдел справочной информации ВИНТИ, Москва, А-219, Балтийская ул., 14.

Таблица 1

№ п/п	Тип системы прижима	Эффективная длина чурака $l_{\text{э}}$	Критическая осевая сила $P_{\text{кр}}$	Прогиб чурака $f$	Требуемое усилие прижима* $N$	Добавочный диапазон устойчивого лущения $\Delta d_{\text{п}}$	Диаметр чурака, при котором происходит потеря устойчивости, $d_{\text{кр}}$	Добавочная мощность, снимаемая с ходовых винтов, $N_{\text{доб}}$	Суммарная радиальная нагрузка на шпindel**	
									вертикальная составляющая $P_{\text{ш}}^{\text{в}}$	горизонтальная составляющая $P_{\text{ш}}^{\text{г}}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Без прижима (ЛУ17)	$l_{\text{ч}}$	$P_{\text{ЭК}}$	Не определен	Не определено	0	$d_{\text{п}} = \sqrt[4]{\frac{P}{P_{\text{ЭК}}}}$ при $P > P_{\text{ЭК}}$	0	$+(P_{\text{п}} \cos \psi_{\text{п}} - G_{\text{ч}})$	$-P_{\text{п}} \sin \psi_{\text{п}}$
2	С постоянным усилием прижима на роликах (ЛУ17-3)	$l_{\text{ч}}$	$P_{\text{ЭК}}$	"	$4P \frac{f}{l_{\text{ч}}}$	0	$d_{\text{п}}$	0	$P_{\text{п}} \cos \psi_{\text{п}} - G_{\text{ч}} - (R_2 - N_{\text{тр}}) \cos \psi_{\text{п}}$	$-P_{\text{п}} \sin \psi_{\text{п}} + (R_2 - N_{\text{тр}}) \sin \psi_{\text{п}}$
3	С подвеской и жесткой синхронной передачей (ЛУ17-4)	$0,35l_{\text{ч}}$	$8P_{\text{ЭК}}$	$\delta_{\Sigma} = \delta + \delta_{\text{т}}$	$5,66P \frac{\delta_{\Sigma}}{l_{\text{ч}}}$	$0,404d_{\text{п}}$	$0,596d_{\text{п}}$	$N_{\text{с}} \frac{R}{P_{\text{п}} \eta_{\text{п}}}$	0 при $P_{\text{п}} \cos \psi_{\text{п}} > G_{\text{ч}}$	0
4	С прижимной траверсой и постоянным усилием на траверсе (2HV-66 „Raute“)	$0,33l_{\text{ч}}$	$9P_{\text{ЭК}}$	$f \sim 0$	Свыше $6,00P \frac{f}{l_{\text{ч}}}$	$0,422d_{\text{п}}$	$0,578d_{\text{п}}$	0	$P_{\text{п}} \cos \psi_{\text{п}} - G_{\text{ч}} - (R_1 - N_{\text{тр}}) \cos \psi_{\text{п}}$	$-P_{\text{п}} \sin \psi_{\text{п}} + (R_1 - N_{\text{тр}}) \sin \psi_{\text{п}}$
5	С прижимным роликом и следящей подачей (модернизированный ЛУ17-4)	$0,35l_{\text{ч}}$	$8P_{\text{ЭК}}$	$h = h_{\text{ск}} + h_{\text{п}}$	$5,66P \frac{h}{l_{\text{ч}}}$	$0,404d_{\text{п}}$	$0,596d_{\text{п}}$	0	0 при $P_{\text{п}} \cos \psi_{\text{п}} > G_{\text{ч}}$	0
6	С прижимной траверсой и следящей подачей (модернизированный 2HV-66 „Raute“)	$0,33l_{\text{ч}}$	$9P_{\text{ЭК}}$	$h = h_{\text{ск}} + h_{\text{п}}$	$6,00P \frac{h}{l_{\text{ч}}}$	$0,422d_{\text{п}}$	$0,578d_{\text{п}}$	0	0 при $P_{\text{п}} \cos \psi_{\text{п}} < G_{\text{ч}}$	0

\* Требуемое усилие прижима определено без учета сил резания. \*\* Составляющие радиальной нагрузки вычислены без учета сил резания.

Наименование хозяйства	Возраст лесополосы, лет	Смещение и размещение пород	Сомкнутость крон	Защитная высота полосы, м	Год проведения рубки	Характер рубки			Число стволов на 1 га			Ажурность, %	
						количество выбранных стволов, шт.	степень вырубki кустарников, %	высота обрезки ветвей на стволе, м	во внутренних рядах	в опушечных рядах	всего	между стволами	в кронах
Совхоз „Зеленоярский“ Николаевского района	21	3 ряда дуба гнездового размещения 5×3 м	0,7	7—8	1968	В опушечных рядах оставлено по 2 дубка. в центральных—3—5	—	1,3—1,5	755	1244	1999	72	4,2
Совхоз им. XXIII съезда КПСС Николаевского района	21	1, 5-й ряды—абрикос, 2, 3, 4-й—Я.з. Размещение 2,25×0,7 м	0,7	7,5—8	1968	—	—	1,5—1,8	1111	711	1822	67,5	18,6
Колхоз им. Калинина Ново-Одесского района	16	1-й ряд—Я.з+А.ж, 2, 3-й—Я.з+Бер.евр. 4-й—Соф+Жим. Размещение 5×1 м	0,6	6—6,5	1969	—	100	1,2—1,5	500	533	1033	56,7	11,4
Совхоз „Нечаянский“ Николаевского района	23	1, 2, 3-й ряды—А.б+Маг, 4, 5-й—А.б+А.ж, 6-й—А.б.+Маг. Размещение 1,5×0,7 м	0,7	7—7,5	1968	—	100	1,3—1,5	1222	611	1833	92,5	16,7
Совхоз „Степной“ Николаевского района	31	1-й ряд—абрикос, 2, 3, 4-й—А.б.+А.ж, 5, 6-й—К.я +К.т, 7, 8-й—К.т. Размещение 1,5×0,7 м	0,7	8,5—9	1968	—	100	1—1,2	2750	917	3667	43,3	3,9
Колхоз им. Калинина Ново-Одесского района	16	11 рядов акации белой. Размещение 2,5×0,7 м	0,7	7—8	1969	400	—	1,5—1,8	800	272	1072	46,7	12,2
Колхоз им. Калинина Ново-Одесского района	16	1, 2, 3, 4, 5-й ряды—А. б, 6, 7, 8, 9, 10-й—Я.з+А.б +А.ж, 11, 12, 13, 14, 15-й—А.б. Размещение 1,5×0,7 м	0,8	8—9	1968	1022	100	—	2177	666	2843	3,3	8,8
Колхоз им. Шевченко Ново-Одесского района	16	5 рядов гледичии. Размещение 2,25×1 м	0,7	8—9	1968	533	—	—	800	577	1377	76,7	19,4
Совхоз „Зеленоярский“ Николаевского района	18	1-й ряд—К.т+Гр+К.т+Гл+К.т+Гл, 2-й—Гл+Ск, 3-й—Я.з, 4-й—Ск, 5, 6-й—Гл. Размещение 1,5×0,7 м	0,8	9—9,5	1969	—	50	1,2—1,5	1250	1450	2700	38,3	18,3

Примечание. К. т. — клен татарский, К. я — клен ясенелистный, А. б — акация белая, А. ж — акация желтая, Бер. евр — бересклет европейский, Жим — жимолость, Гр — груша дикая, Гл — гледичия, Маг — магалебка, Ск — скумпия, Соф — софора японская, Я. з — ясень зеленый.

Цена 1 руб.

**Подписывайтесь  
на журнал на 1974 г.**

**«ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ»  
МИНИСТЕРСТВА ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
СССР**

Раздел

**„ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ“**

Индекс 70368

«Лесной журнал» выходит один раз в два месяца номерами по 15 печатных листов каждый. Подписная цена на год — 6 руб. Цена отдельного номера — 1 руб.

Подписка принимается органами «Союзпечати». В случае отказа в приеме подписка может быть оформлена через редакцию.

По заявке, направленной в редакцию, комплекты журналов и отдельные номера высылаются наложенным платежом.

Адрес редакции: 163007, Архангельск, 7, Набережная  
В. И. Ленина, 17, АЛТИ, «Лесной журнал».

05  
ИЗЗ2

ЛЕСНОЙ  
ЖУРНАЛ

2  
1974

---