

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ
ЗАВЕДЕНИЙ

Лесной журнал

ГОД ИЗДАНИЯ ПЯТНАДЦАТЫЙ

5

1972

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Проф. И. М. Боховкин (отв. редактор), доц. Е. С. Романов (зам. отв. редактора), доц. С. И. Морозов (зам. отв. редактора), проф. Н. М. Белая, проф. Г. А. Вильке, доц. П. И. Войчаль, проф. И. В. Воронин, проф. А. Э. Грубе, проф. М. Л. Дворецкий, доц. Д. С. Добровольский, доц. Г. Л. Дранишников, проф. М. И. Зайчик, проф. Ф. И. Коперин, проф. С. Я. Коротов, акад. ВАСХНИЛ, проф. И. С. Мелехов, доц. Н. В. Никитин, проф. А. Н. Песоцкий, доц. В. О. Самуйлло, доц. Г. Я. Трайтельман, проф. В. Н. Худоногов, доц. 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.

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

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 5

(Год издания пятнадцатый)

Сдан в набор 28/VIII 1972 г. Подписан к печати 10/XI 1972 г. Форм. бум. 70 × 108^{1/16}.
Печ. л. 15,4 ± 4 вкл. Физ. л. 11. Уч.-изд. л. 15,76. Тираж 2100.
Сл 00685. Заказ № 5466. Цена 1 руб.

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

ВЫСШАЯ ШКОЛА ВЫХОДИТ НА НОВЫЕ РУБЕЖИ

Советская высшая школа, благодаря неустанному вниманию и заботе нашей Коммунистической партии, на всех этапах жизни страны ведет подготовку специалистов на высоком научно-теоретическом уровне, в соответствии с требованиями бурно развивающегося народного хозяйства. Только за минувшее пятилетие было подготовлено более семи миллионов специалистов с высшим и средним образованием, открыто более шестидесяти новых вузов, в том числе девять университетов. Теперь не только каждая союзная, но и большинство автономных республик имеют свои университеты.

Значительно увеличен прием студентов, особенно по новым направлениям науки и техники, существенно укрепилась материальная база вузов. В высших учебных заведениях занято более одной трети всех научных работников страны. Ученые вузов разработали и внедрили в народное хозяйство немало важных открытий и изобретений. Существенный вклад в подготовку кадров и развитие научных исследований внесли также лесотехнические вузы.

Наша Партия и Советское Правительство высоко оценивают качество подготовки специалистов с высшим образованием. Выступая на Всесоюзном слете студентов, Л. И. Брежнев подчеркнул: «Советский специалист сегодня — это человек, который хорошо овладел основами марксистско-ленинского учения, ясно видит политические цели партии и страны, имеет широкую научную и практическую подготовку, в совершенстве владеет своей специальностью. Советский специалист сегодня — это умелый организатор, способный на практике применить принципы научной организации труда. Он умеет работать с людьми, ценит коллективный опыт, прислушивается к мнению товарищей, критически оценивает достигнутое. И, конечно, современный специалист — это человек высокой культуры, широкой эрудиции, в общем, это настоящий интеллигент нового, социалистического общества».

Однако в работе высшей школы имеется ряд серьезных недостатков. В некоторых учебных планах, программах и учебниках не находят должного отражения новейшие технические средства обучения и научные методы организации учебно-воспитательного процесса. Не всегда высоки требования к студентам в отношении качества учебы и соблюдения дисциплины. Нуждаются в совершенствовании заочная и вечерняя формы обучения. Многие высшие учебные заведения еще слабо связаны с промышленными, сельскохозяйственными и научно-исследовательскими предприятиями и учреждениями. Серьезные упущения имеются в подготовке научно-педагогических кадров. Отраслевые министерства и ведомства не оказывают должной помощи в укреплении материальной базы вузов. Эти недостатки в равной мере относятся к высшей лесотехнической школе.

Новые, более ответственные задачи подготовки специалистов определены Директивами XXIV съезда КПСС. За девятую пятилетку предстоит подготовить около девяти миллионов специалистов с высшим и средним специальным образованием. Съезд подчеркнул необходимость развивать высшее и среднее специальное образование в соответствии с требованиями научно-технического прогресса, повышать ка-

чество подготовки и улучшать идейно-политическое воспитание будущих специалистов.

Четкие и конкретные пути решения этой важной задачи определены в Постановлении ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О мерах по дальнейшему совершенствованию высшего образования в стране». Это Постановление является выражением новой заботы Партии и Правительства о развитии высшего образования в стране. Особо подчеркнута необходимость направить усилия вузов на дальнейшее улучшение качества подготовки кадров для народного хозяйства, науки и культуры. В условиях быстрого роста производства, его непрерывного технического переоснащения важное значение для высшей школы имеет воспитание у специалистов стремления к постоянному обогащению и обновлению приобретенных знаний, которое должно стать непреложным правилом всей их жизни и деятельности. Выпускаемые специалисты должны хорошо видеть перспективы развития отрасли и в целом экономики страны, квалифицированно решать проблемы научной организации труда и управления производством.

В связи с этим в ближайшее время будут усовершенствованы учебные планы и программы, изданы новые учебники и учебные пособия. Серьезное внимание будет обращено на усиление курсов общенаучных и общетехнических дисциплин.

Важно добиться того, чтобы студент постигал отдельные дисциплины не изолированно, а как части единой системы знаний, чтобы учебные дисциплины, очищенные от излишней фактографии, глубже раскрывали закономерности науки, ее живое творческое начало. Обновление содержания учебных курсов должно сочетаться с внедрением прогрессивных методов обучения, расширением активных форм овладения знаниями, улучшением подготовки в области НОТ и управления, инженерной психологии, промышленной эстетики, электронно-вычислительной техники и др.

Значительно усовершенствуется производственная практика студентов. За вузами будут закреплены базовые предприятия, производственные объединения, где студенты приобретут необходимые практические навыки. Выпускники вузов будут завершать свою производственную подготовку путем стажировки сроком до одного года на предприятиях, на которые они распределены. В течение этого срока они будут выполнять должностные обязанности и получать заработную плату согласно штатному расписанию.

В целях улучшения подготовки специалистов по вечерней и заочной формам высшего образования будет пересмотрен перечень специальностей, выделены лучшие преподавательские кадры, предоставлено право преимущественного зачисления в институт лицам со стажем практической работы по избранной специальности. Особое внимание уделяется улучшению деятельности подготовительных отделений как важной формы пополнения числа студентов молодежью, работающей в сфере материального производства.

ЦК КПСС и Совет Министров СССР наметили ряд мер по дальнейшему улучшению подготовки, использования научно-педагогических кадров высшей школы и повышению их квалификации: организация дополнительных институтов повышения квалификации при Белорусском и Новосибирском университетах, введение должностей стажеров-преподавателей, командирование высококвалифицированных преподавателей в вузы отдаленных районов страны для чтения лекций и оказания помощи в совершенствовании учебно-воспитательного процесса и организации научных исследований и др. В ближайшее время будет усовершенствована система аттестации научно-педагогических кадров и

разработано новое положение о порядке замещения должностей профессоров и преподавателей.

Перед высшими учебными заведениями поставлена задача обеспечить повышение теоретического уровня и эффективности научных исследований в тесной связи с задачами улучшения подготовки кадров для народного хозяйства. Необходимо обеспечить более активное внедрение результатов научных исследований в сферу материального производства, создать все условия для более широкого вовлечения студентов в научно-исследовательскую работу. Научно-технические общества, студенческие конструкторские бюро, научные кружки уже давно получили распространение и признание. Однако далеко не все студенты принимают в них деятельное участие, хотя здесь вырабатываются такие жизненно важные для специалиста навыки, как умение самостоятельно работать с литературой, вести целенаправленный поиск знаний. Развивать, совершенствовать организацию студенческого научного творчества — важнейшая задача высшей школы.

В Постановлении ЦК КПСС и Совета Министров СССР предусмотрены меры по техническому переоснащению лабораторной базы высшей школы, обеспечению профессорско-преподавательского состава и студентов широкой научно-технической информацией. Постановление Партии и Правительства сосредоточивает особое внимание партийных органов, коллективов вузов, кафедр общественных наук, комсомольских и профсоюзных организаций на вопросах формирования научного коммунистического мировоззрения студентов, воспитания их в духе советского патриотизма и пролетарского интернационализма, непримиримости к проявлениям буржуазной идеологии, на развитии общественно-политической активности молодежи. От общественных качеств личности, от убеждений человека, от того, во имя чего он трудится, зависит его роль в коллективе, его влияние на окружающих, его целеустремленность, активность, чувство ответственности.

Для улучшения руководства вузами будет создан Совет по высшей школе при Министерстве высшего и среднего специального образования СССР. В его состав войдут руководящие работники центральных министерств и ведомств, а также представители студенчества. Совет призван сосредоточить внимание на выработке научно обоснованных рекомендаций по улучшению учебно-воспитательной и научно-исследовательской работы в вузах, на вопросах перспективного планирования подготовки специалистов, их распределения и использования, повышения квалификации научно-педагогических кадров.

Постановлением также предусматривается создать в крупных вузовских центрах Советы ректоров высших учебных заведений, на которые возлагается координация деятельности вузов, обобщение и распространение положительного опыта по организации учебного процесса, идейно-воспитательной и научно-исследовательской работы.

Намеченные Партией и Правительством меры по совершенствованию системы высшего образования затрагивают все стороны жизни нашей высшей школы, знаменуют собой новый этап ее дальнейшего развития. Как боевую программу действий восприняли Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР работники высшей лесной школы. Во всех вузах началось глубокое изучение этого исторического для высшей школы документа и намечаются практические мероприятия по его осуществлению.

Коллективы вузов приложат все усилия для дальнейшего совершенствования своей деятельности и внесут достойный вклад в дело коммунистического строительства.

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 634.0.028.0

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЯСЕНЯ ОБЫКНОВЕННОГО
И КЛЕНА ОСТРОЛИСТНОГО

М. И. ГОРДИЕНКО

Украинская сельскохозяйственная академия

В ясенево-кленовых насаждениях свежих и влажных дубрав клен переходит во второй ярус после 30 лет. Физиологически активных корней ясеня в верхнем 10-сантиметровом слое больше, чем клена. Клен возвращает в почву меньше азота, фосфора и кальция, но поглощает больше азота. После возраста жердняка в чистых насаждениях ясеня влажность почвы ниже. Взаимодействие с участием ясеня и клена складывается в пользу первого.

Ясень обыкновенный и клен остролистный — основные компоненты дубрав, поэтому интересно знать их взаимодействие. По мнению одних исследователей [6], целесообразно создавать культуры только с участием ясеня и клена, а также размещать их сеянцы по соседству в одном ряду. Другие исследователи [5] рекомендуют создавать ясенево-кленовые культуры и размещать сеянцы ясеня и клена в рядах по соседству. Отсутствие единого мнения объясняется слабой изученностью биологических и лесоводственных особенностей этих древесных видов.

Взаимодействие ясеня и клена мы изучали по методам, общеизвестным в лесоводстве, физиологии растений, почвоведении и других науках. Были выбраны сомкнутые естественные 120-летние смешанные и искусственные 25—80-летние чистые ясеневые, кленовые и смешанные кленово-ясеневые насаждения в свежих и влажных дубравах Украины.

Наши исследования показали, что в культурах на свежих и влажных черноземах и серых лесных суглинистых почвах (свежие и влажные дубравы) ясень и клен до 5—10 лет растут по высоте с одинаковой интенсивностью (рис. 1). Максимальный прирост по высоте у деревьев клена наблюдается во втором десятилетии, а с конца жерднякового возраста рост в высоту понижается, но увеличиваются размеры кроны и ее облиственность. С этого возраста клен в насаждениях с участием ясеня и дуба переходит во второй ярус. В 30 лет он имеет меньшую, чем ясень, высоту: в культурах на 3—5 м и в естественных насаждениях на 3—7 м. Такое соотношение средних высот деревьев этих видов сохранится на протяжении всей жизни насаждения.

Во всех насаждениях свежих дубрав у клена остролистного корни начинают расти на 4—6 дней раньше, а листья разворачиваются также на 4—15 дней раньше, чем у ясеня обыкновенного. Сосущая сила самых верхних листьев ясеня, которую мы определяли в 25—28-летних сомкнутых насаждениях свежих дубрав, в течение всего вегетационного периода выше (11,8—12,2 атм), чем листьев клена (9,6—9,8 атм). Средняя площадь проекции кроны в сомкнутых 5-летних культурах свежих дубрав у деревьев ясеня составляет 0,4 м², клена — 0,3 м²; в 14-летних культурах соответственно 2,9 и 3,1 м²; в 52-летних — 7,4 и 11,2 м². Вес свежих листьев, сорванных со средних деревьев ясеня в

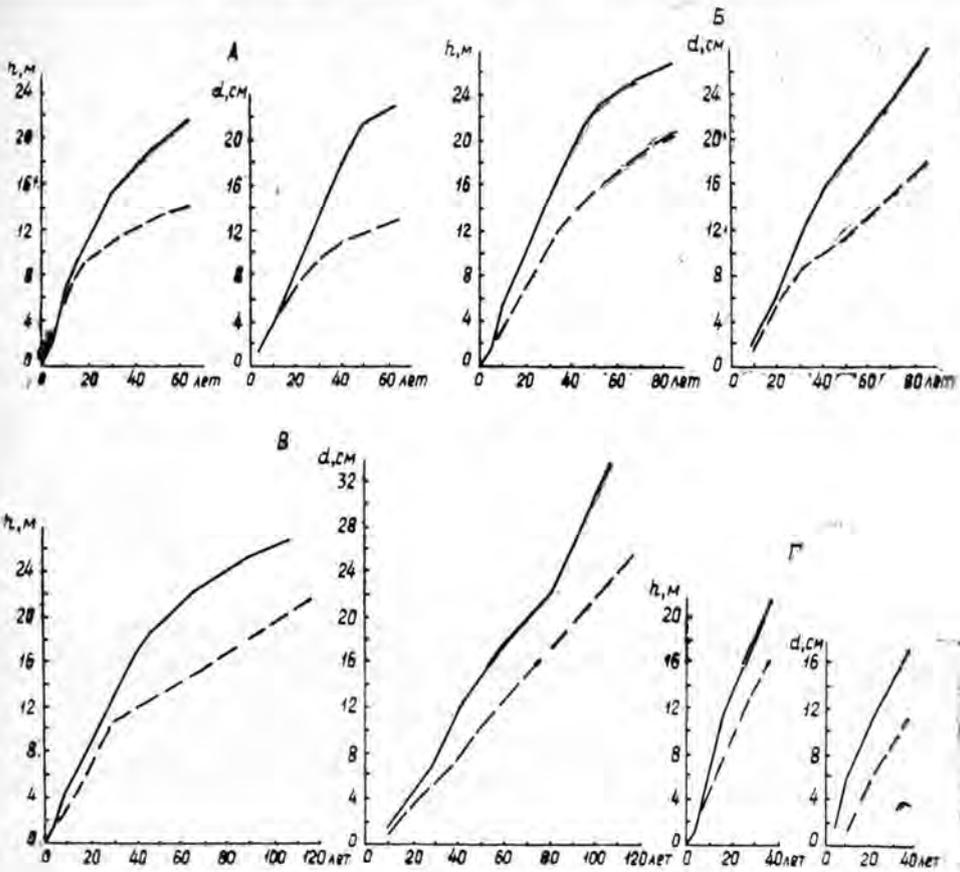


Рис. 1. Рост ясеня (сплошная линия) и клена (пунктирная) в свежих дубравах: в искусственных насаждениях Басальчевского (А), Дмитриевского (Б) лесничеств и в естественных насаждениях Закревского (В) лесничества, а также во влажных дубравах в культурах Нескучанского (Г) лесничества.

14-летних сомкнутых культурах свежих дубрав, равен 1,0 кг, клена — 1,1 кг; в 52-летних культурах соответственно 7,0 и 3,6 кг; в 100—110-летних — 20,6 и 8,9 кг. Деревья ясеня после жерднякового возраста образуют больше органического опада.

В свежем, не промытом атмосферными осадками опаде клена чистых 25—28-летних насаждений свежих дубрав больше фосфора и кальция. Калия в одни периоды больше в опаде ясеня, в другие — клена. В перезимовавшем органическом опаде ясеня в течение всего вегетационного сезона больше азота, фосфора и кальция, но меньше золы, чем в опаде клена. Подстилка ясеня имеет более щелочную реакцию [2]. Листья клена являются благоприятной пищей для дождевых червей, которые плотнее заселяют почву его культур. Однако в верхнем 10-сантиметровом слое почвы культур ясеня больше панцирных клещей, энхитриид и нематод. До глубины 25 см в ризосфере ясеня больше также бактерий и актиномицетов, но меньше плесневых грибов [2]. Поскольку в ризосфере ясеня больше спорообразующих бактерий и актиномицетов, минерализация органических остатков в почве его культур происходит интенсивнее, и питательные вещества меньше вымываются из верхних горизонтов почвы в нижние. В связи с этим в верх-

нем 10-сантиметровом слое почвы чистых 25—28-летних культур ясеня в течение всего вегетационного периода больше азота и фосфора, летом и осенью — кальция. Калия весной и летом больше в почве чистых однолетних культур клена, расположенных по соседству. Магния в одни периоды больше в почве культур ясеня, в другие — в почве культур клена [1].

Корни 25—28-летних деревьев ясеня поглощают азот меньше, а фосфор и калий больше, чем корни однолетних деревьев клена [3]. Клен, следовательно, в почву возвращает меньше азота, фосфора и кальция, но поглощает больше азота.

Ясень обыкновенный и клен остролистный развивают поверхностную корневую систему [1] и осваивают почву в горизонтальной плоскости с одинаковой интенсивностью. На свежих темно-серых лесных суглинках почвы корни деревьев обоих видов в 3—5 лет достигают длины 1 м. В насаждениях на свежих серых и темно-серых лесных суглинках физиологически активных (толщиной 2 мм и меньше) корней ясеня больше в верхнем 10-сантиметровом слое почвы и глубже 1,0 м. На всех остальных глубинах корней ясеня меньше (табл. 1).

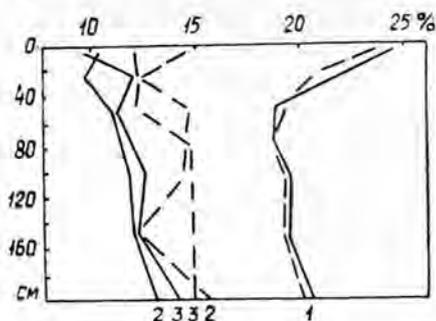
Таблица 1

Глубина, см	Содержание мелких корней						Участие корней по слоям, %	
	в шурфе между деревьями ясеня		в шурфе между деревьями ясеня и клена				ясень	клен
	г	%	ясень		клен			
			г	%	г	%		
0—10	89,8	54,2	96,5	70,6	55,6	47,4	63,2	36,8
10—25	41,7	25,1	11,4	8,4	18,9	16,2	37,7	62,3
25—40	16,3	9,7	9,2	6,6	14,0	11,9	39,6	60,4
40—60	6,1	3,5	5,1	3,7	12,0	10,2	29,8	70,2
60—80	5,3	3,2	5,2	3,8	8,6	7,3	37,7	62,3
80—100	2,1	1,2	3,5	2,6	4,9	4,1	41,9	58,1
100—125	2,5	1,4	4,2	3,1	2,2	1,9	65,6	34,4
125—150	2,9	1,7	1,7	1,2	1,2	1,0	58,7	41,3
Всего	166,7	100	136,8	100	117,4	100		

Органический опад ясеня обыкновенного (пластинки листьев, листовые черенки, крылатки, мелкие ветки и т. д.) полностью разлагается, как установил А. И. Зражевский [4], в течение одного года, а клена остролистного — в течение двух лет. При достаточном количестве влаги и тепла через 10—15 дней от опавших листьев ясеня остаются только жилки. Опавшие листья клена сохраняют морфологические признаки до середины следующего лета. В связи с этим в насаждениях ясеня в течение всего вегетационного периода почва покрыта пятнами органического опада. В насаждениях клена подстилка покрывает почву в течение всего вегетационного периода сплошным слоем. Подстилка, которая выполняет роль мульчи, уменьшает физическое испарение влаги из почвы, поэтому влажность почвы несколько больше в насаждениях клена (рис. 2).

На Украине уход за почвой в культурах производят, как известно, в течение 4—6 лет. В этом возрасте площадь проекции крон деревьев ясеня составляет 0,4 м², клена — 0,3 м². В ясенево-кленовых культурах к окончанию ухода за почвой общая площадь проекции крон составляет 70% всей занятой площади при 10 тыс. посадочных мест на 1 га и полной сохранности саженцев. У этих древесных растений крона

Рис. 2. Влажность почвы в чистых 43-летних культурах ясеня (сплошная линия) и клена (пунктирная) Краснянского лесничества по определению в 1966 г.
1 — 21 апреля; 2 — 11 августа;
3 — 28 сентября.



ажурная, поэтому в первые годы после окончания ухода за почвой интенсивно разрастается травяная растительность с господством злаков. В верхнем 10-сантиметровом слое почвы 15—18-летних ясеневых культур, например, корни травяной растительности составляют 20—22% общего веса всех корней. Деревья обоих видов покрываются лишайником, и интенсивность их роста снижается. В 35-летних ясеневых культурах, созданных на свежих серых лесных суглинистых почвах, средняя высота ясеня составляет 9,4 м, клена — 7,2 м. В смежных культурах, в составе которых, кроме ясеня и клена, имеются древесные виды с густооблиственной кроной (липа мелколистная), ясень в этом возрасте достиг средней высоты 14,1 м, а клен — 9,6 м. В чистых культурах клена интенсивность его роста задерживается до 30—35 лет вследствие задернения почвы [6]. По этой же причине в одно-возрастных чистых культурах ясеня деревья начинают усыхать [1].

В культурах с участием этих видов взаимодействие складывается в пользу ясеня, поскольку в верхнем 10-сантиметровом слое почвы преобладают его корни и после жерднякового возраста он растет интенсивнее. Однако нецелесообразно создавать культуры с участием только этих древесных видов, вследствие интенсивного задернения почвы. Чтобы избежать разрастания травяных растений, в культуры с участием ясеня и клена уместно вводить другие древесные или кустарниковые виды, которые с раннего возраста развивают густую крону. Они в первые годы жизни будут предотвращать поселение травяной растительности в насаждении. С возраста жердняка, когда у клена сформируется густая крона, он будет выполнять роль подгона. Размещать сеянцы ясеня и клена в культурах уместно не ближе, чем в смежных рядах, а в одном ряду разделять их сеянцами древесных или кустарниковых пород с густой кроной.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. М. И. Гордиенко. Ріст ясеня звичайного в Поліссі та Лісостепу України. Тр. УСГА, в. 2, вид. МСГ УРСР, Київ, 1967. [2]. М. И. Гордиенко. Влияние дуба и сопутствующих пород на серые лесные почвы. Материалы научно-производственной конференции НТО лесной промышленности и лесного хозяйства УССР, Киев, 1968. [3]. М. И. Гордиенко. Поглощение азота, фосфора и калия корнями древесных растений. Вестник сельскохозяйственной науки, № 5, 1968. [4]. А. И. Зражевский. Дождевые черви как фактор плодородия лесных почв. Изд. АН УССР, Киев, 1957. [5]. Н. П. Калининченко. Клен остролистый в степном лесоразведении. Автореферат, М., 1961. [6]. Н. А. Кохно. Лесоводственные свойства кленов и их роль как пород подгона и второго яруса в Лесостепи УССР. Киев, 1958.

УДК 631.31

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ИЗНОСОСТОЙКОСТИ
ЛЕМЕШНОЙ СТАЛИ НА ПОЧВАХ ЛЕСНОЙ ЗОНЫ***

Г. И. ЛАРИН

Московский лесотехнический институт

В статье приведены результаты исследований износостойкости лемешной стали в дерново-подзолистых почвах различного механического состава. Даны описание лабораторной установки и методика испытаний. Исследованы зависимости износа образцов на почвах лесных и сельскохозяйственного пользования от пути трения и скорости движения их в почве. Определены сравнительные коэффициенты изнашивающей способности почв.

В лесном хозяйстве страны работает большое количество почвообрабатывающих, лесопосадочных, посевных машин, рабочие органы которых изнашиваются в процессе выполнения производственных операций. Вопрос о повышении долговечности рабочих органов лесных машин, изнашиваемых почвой, имеет важное значение для лесного хозяйства.

В данной статье описаны результаты лабораторных испытаний, проведенных в 1971 г. с целью выяснения зависимостей износа образцов из стали, применяемой для изготовления лемехов плугов, на почвах лесных и сельскохозяйственного пользования.

Объектом исследований явились дерново-подзолистые почвы сельскохозяйственного пользования (супесчаная, суглинистая и глинистая) и лесные (супесчаная и суглинистая). Образцы почв собраны на территории Московской области. В качестве эталона принят песок (Люберецкого карьера), имеющий абразивные зерна определенного размера. В то время как изнашивающая способность других типов почв и их механический состав резко различны, песок определенной фракции имеет изнашивающую способность, близкую к постоянной, что дает возможность для сравнения.

Лабораторная установка сконструирована по типу «гильзы» (рис. 1). Она состоит из механизма 1, обеспечивающего вращательное и поступательное движение образцов в почве, приспособления 4, на котором устанавливаются образцы, и гильзы с почвой 5. Поступательное движение образцов осуществляется при помощи тросо-блочной системы 3 и груза 2. Приспособление для установки образцов позволяет испытывать одновременно два образца, имеющих наклон к поверхности почвы под углом 30° , что соответствует углу постановки лемеха к дну борозды у плугов общего назначения.

Образцы были изготовлены из лемешной стали Л-53, чистота рабочей поверхности $\Delta 6$. Величину износа образцов контролировали весовым способом на аналитических весах ВА-200. Точность взвешивания 0,2 мг.

* Работа выполнена под руководством заведующего кафедрой механизации лесохозяйственных работ МЛТИ проф. А. Ф. Пронина.

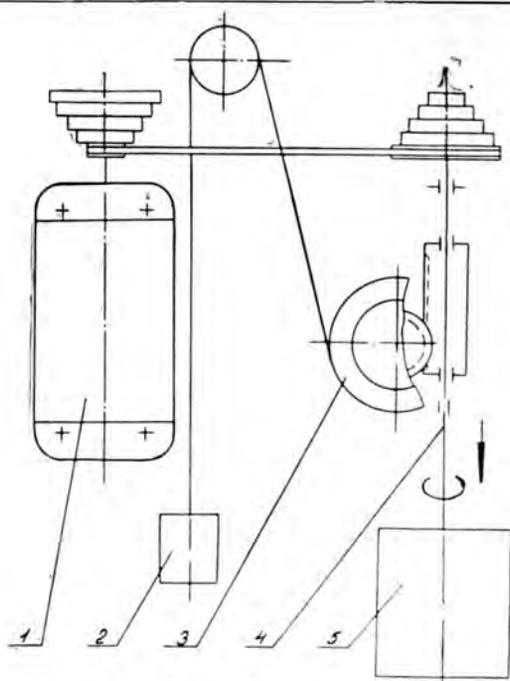


Рис. 1.

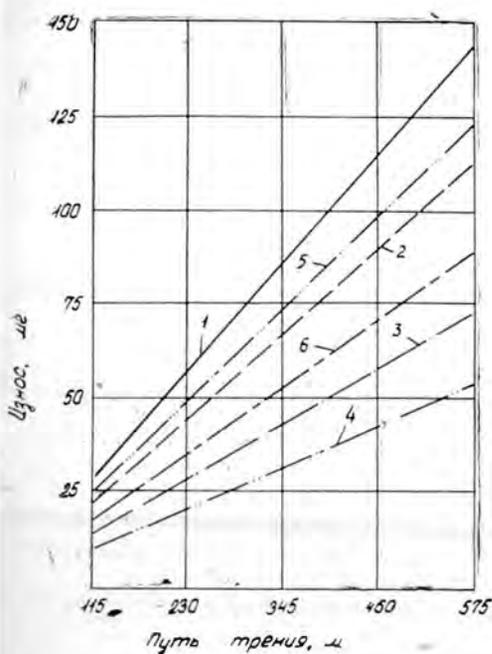


Рис. 2.

1 — песок; 2 — супесчаная почва сельскохозяйственного пользования; 3 — суглинистая почва сельскохозяйственного пользования; 4 — глинистая почва сельскохозяйственного пользования; 5 — супесчаная лесная; 6 — суглинистая лесная.

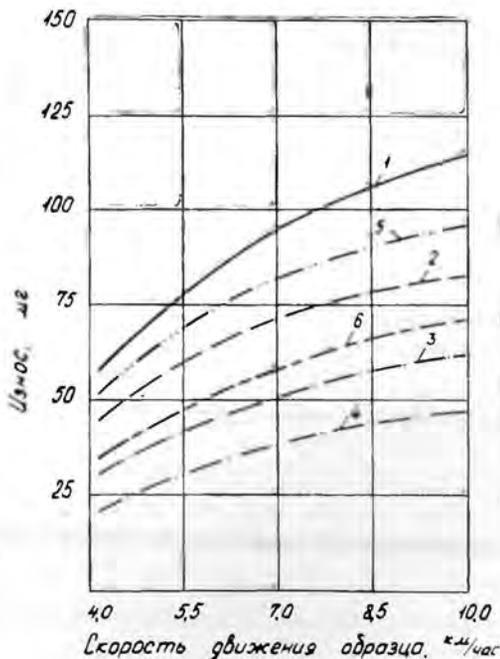


Рис. 3.

Обозначения см. на рис. 2.

Лабораторные испытания проводили при влажности почв 8% и удельном давлении $0,65 \text{ кг/см}^2$, что соответствует среднему удельному давлению на лезвии лемеха при пахоте. Определение необходимого количества опытов и обработка результатов экспериментов выполнены методами математической статистики. Во время лабораторных испытаний установлены зависимости износа образцов от пути трения и скорости движения их в почве.

Зависимость износа образцов от пути трения их в почве выражается уравнением прямой, проходящей через начало координат (рис. 2),

$$G = mX, \quad (1)$$

где G — износ образца, мг ;

m — коэффициент пропорциональности, зависящий от механического состава почвы;

X — путь трения образца в почве, м .

Числовые величины коэффициента пропорциональности m определены методом наименьших квадратов и внесены в табл. 1. Коэффициенты изнашивающей способности почв различного механического состава определены при условии, что изнашивающая способность песка равна 1,00.

Таблица 1

Механический состав почвы	Числовые величины коэффициента m	Коэффициент изнашивающей способности почв
Песок	0,248	1,00
Супесчаная сельскохозяйственного пользования	0,198	0,81
Суглинистая	0,128	0,50
Глинистая	0,094	0,38
Супесчаная лесная	0,216	0,87
Суглинистая	0,156	0,63

Зависимость износа образцов от скорости движения выражается уравнением параболы второго порядка (рис. 3)

$$G = mx^2 + nx + k, \quad (2)$$

где G — износ образца, мг ;

m, n, k — коэффициенты, входящие в формулу;

x — скорость движения образца, км/час .

Числовые величины коэффициентов m, n, k найдены методом наименьших квадратов. Коэффициент изнашивающей способности почв определен при указанном выше условии (табл. 2).

Таблица 2

Механический состав почвы	Числовые величины коэффициентов			Коэффициент изнашивающей способности почв
	m	n	k	
Песок	— 1,14	25,77	— 28,90	1,00
Супесчаная сельскохозяйственного пользования	— 0,62	15,34	— 7,16	0,77
Суглинистая	— 1,31	24,23	— 51,10	0,53
Глинистая	— 0,60	12,94	— 25,30	0,36
Супесчаная лесная	— 1,52	29,22	— 46,00	0,89
Суглинистая	— 0,38	11,59	— 5,25	0,61

Таблица 3

Механический состав почвы	Средние значения коэффициентов изнашивающей способности почв
Песок	1,00
Супесчаная лесная	0,88
Супесчаная сельскохозяйственного пользования	0,79
Суглинистая лесная	0,62
Суглинистая сельскохозяйственного пользования	0,51
Глинистая	0,37

В табл. 3 почвы расположены в порядке убывания изнашивающей способности.

Почвы одноименного механического состава имеют разную изнашивающую способность; под пологом леса в среднем на 10% больше, чем почвы сельскохозяйственного пользования. Это объясняется наличием в подзоле кварцевой пыли, отсутствием окультуренности и кислой реакцией этих почв. Кварцевая пыль и частицы кварца в почвах сельскохозяйственного пользования закрепляются меньше, чем в лесных, вследствие многократного перемешивания при ежегодных вспашках, что обуславливает меньшую изнашивающую способность почв сельскохозяйственного пользования. Наконец, кислая реакция лесных почв, наряду с микрорезанием, вызывает износ окислительный, что интенсифицирует процесс изнашивания лесными почвами.

Полученные результаты дают возможность при наличии данных об износе рабочих органов почвообрабатывающих машин на почвах сельскохозяйственного пользования через переходные коэффициенты рассчитать износы рабочих органов на лесных почвах одноименного механического состава, без учета влияния корнистости.

Поступила 15 февраля 1972 г.

УДК 634.0.232.318

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПРОРАСТАНИЯ СЕМЯН ХВОЙНЫХ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД ПРИ НЕУСТОЙЧИВОМ РЕЖИМЕ УВЛАЖНЕНИЯ СУБСТРАТА

Ю. А. ЗЛОБИН

Ульяновский сельскохозяйственный институт

На основании экспериментов с прорастающими семенами сосны и ели установлено воздействие периодических водных дефицитов на всхожесть семян и количество жизнеспособных проростков.

Влажность субстрата — один из решающих факторов в прорастании семян. Установлено, что у хвойных оптимальная величина ее составляет 35—50% по объему и колеблется в зависимости от свойств субстрата [1]— [5], [8], [9]. В условиях колеблющегося режима влажности субстрата почти не проводилось опытов и наблюдений за прорастанием семян хвойных, хотя именно такой режим влажности типичен для ложа прорастания семян в естественных условиях.

Нами был поставлен эксперимент по проращиванию семян сосны и ели в условиях искусственной засухи. Семена хвойных проращивали

в чашках Коха (по 50 штук) на промытом песке, влажность которого поддерживали на уровне 30—45% по объему. Повторность опыта по каждой породе четырехкратная. Искусственную засуху создавали, помещая семена в суховейную камеру, относительная влажность воздуха в которой составляла 40%, температура 28—30°. В период засухи влажность песка в чашках Коха падала до 0,5—1%. Каждую партию семян подвергали 6-часовому воздействию засухи один раз за все 17 суток проращивания (такой период дневного пересыхания подстилки и минеральной почвы обычен). В первом варианте опыта использовали сухие семена, во втором — семена после суточного набухания, в третьем — на вторые сутки проращивания и т. д. Контрольные партии семян не подвергали воздействию засухи. Фактический материал по проращению семян приведен в табл. 1; результаты дисперсионного анализа данных о всхожести семян в условиях действия засухи — в табл. 2.

Таблица 1

Вариант	Средняя всхожесть, %		Средняя всхожесть, % от контроля	
	сосна	ель	сосна	ель
Контроль	47,6±0,91	49,0±6,24	100,0	100,0
Сухие	51,3±1,76	46,3±2,20	107,7	94,4
1	47,3±4,40	46,6±3,34	99,4	95,1
2	48,0±5,04	36,0±11,12	100,8	73,5
3	43,3±5,84	44,6±2,40	90,8	70,6
4	36,7±1,78	45,6±4,49	77,1	72,6
5	42,0±6,53	40,7±4,36	88,2	83,1
6	43,3±0,71	39,3±8,74	91,0	80,2
7	46,7±1,68	48,0±10,00	98,1	98,0
8	56,7±5,47	47,3±2,92	119,1	96,5
9	48,6±2,91	39,0±9,10	102,1	79,6
10	55,7±0,91	50,3±6,14	117,0	102,6
11	47,5±6,08	45,3±5,18	99,8	92,4
12	48,0±5,29	47,0±0,57	100,8	95,9
13	55,3±2,91	50,0±6,94	116,2	102,0
14	52,6±3,72	38,6±1,75	110,5	78,7
15	45,7±5,61	50,6±4,37	96,0	103,2
16	46,0±3,05	47,7±11,68	96,6	97,3
17	47,0±0,58	41,0±0,57	98,8	83,7

Таблица 2

Название вариации	Величина вариации	Степень свободы	Дисперсия	Критерий Фишера	Табличные значения
		Сосна			
Факториальная	1320,59	18	73,37	1,6700	$F_{0,10} = 1,61$
Случайная	1669,33	38	43,93		$F_{0,05} = 1,94$
Общая	2989,93	56	53,39		$F_{0,01} = 2,48$
		Ель			
Факториальная	1068,56	18	59,36	0,4917	
Случайная	4588,00	38	120,74		
Общая	5656,56	56	101,01		

Результаты эксперимента убедительно показывают, что подсушивание прорастающих семян при засухах в течение первых 17 суток

не оказывает статистически существенного влияния на всхожесть семян сосны и ели. Критерий Фишера для ели оказался ниже табличного значения даже при 90% вероятности действия этого фактора, а для сосны не превышал его. Это указывает на значительную устойчивость прорастающих семян сосны и ели к действию кратковременных засух. Индекс прорастания семян по Эвенари [6] оказался равен для сосны 100,4, для ели — 91,2, что указывает на несколько большую чувствительность прорастающих семян ели к кратковременным засухам. В сочетании со способностью прорастать при значительной амплитуде влажности субстрата устойчивость семян к кратковременным засухам делает возможным прорастание семян сосны и ели даже при жестком водном режиме и периодических дефицитах влаги.

Для оценки устойчивости к засухе по окончании опыта все всходы были разделены на две категории: жизнеспособные, не имеющие видимых повреждений каких-либо органов, и нежизнеспособные, имеющие видимые повреждения корня, корневой шейки, гипокотыля или семядолей. У жизнеспособных всходов был определен средний сырой и абс. сухой вес одного всхода в каждом варианте опыта.

Оказалось (рис. 1), что у сосны действие кратковременной засухи, начиная с первых суток прорастания семян, приводит к постепенному снижению количества жизнеспособных всходов. На 6—9-е сутки намечается критический период, когда теряется $\frac{1}{5}$ всех всходов. У всходов, сохранивших жизнеспособность после воздействия засухи, развилось значительное покраснение гипокотыля. Сырой вес жизнеспособных всходов сосны оказался на 5—15% ниже, чем контрольных, абс. сухой вес не уступал, а иногда был несколько выше. Такие всходы в засуху полегали, но после ликвидации водного дефицита быстро восстанавливали тургор. У нежизнеспособных всходов наблюдался главным образом сильный ожог корневой шейки на уровне поверхности субстрата. Корень повреждался редко. Надземная часть никогда не страдала.

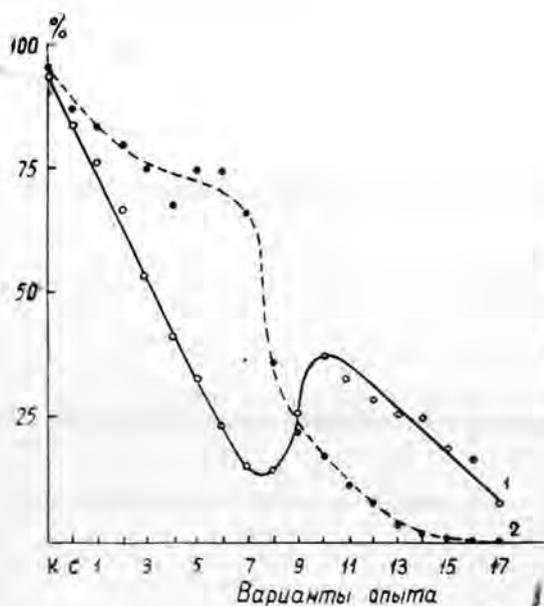


Рис. 1. Среднее количество жизнеспособных всходов в процентах от контроля при действии засухи в различные периоды прорастания семян.

1 — сосна; 2 — ель.

У ели угнетающее действие засухи на всходы проявилось еще более значительно. Начиная с 7—8-х суток, засуха вызывала массовое

повреждение всходов. Прорастающие семена ели с корешком длиной до 3—4 мм еще выдерживали засуху, на более поздних этапах жизни всхода засуха, как правило, приводила к глубоким повреждениям корня. Эта закономерность, видимо, имеет общий для хвойных характер, так как для американских хвойных она была отмечена Ларсоном и Смитом [7].

Итак, установлено, что кратковременные засухи, действующие в разные периоды прорастания сосны, не снижают общей всхожести семян сосны и ели. Но способность семян давать жизнеспособные всходы обуславливается водным режимом. Чем позже засуха начинала влиять на прорастающие семена, тем губительнее был ее эффект. Засухи, действующие в критический период или во вторую половину срока прорастания, значительно снижают количество жизнеспособных всходов у сосны, а у ели вызывают их массовую гибель. Это следует учитывать в практике содействия естественному возобновлению и при выращивании посадочного материала в питомниках.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. П. Баранова. Влияние различной влажности почвы на прорастание семян и развитие сеянцев сосны и ели. Сборник работ по лесному хозяйству ВНИИЛМ, вып. 50, М., 1965. [2]. Л. В. Попов. О влиянии влажности субстрата на всхожесть семян сосны и ели. Труды Восточно-Сибирского филиала АН СССР, вып. 5, 1957. [3]. В. С. Шумаков, В. П. Баранова. Влияние генетических горизонтов дерново-подзолистых почв на рост сосны и ели при посеве и посадке. Сб. «Лесовосстановление и лесные культуры», вып. 42, М., 1962. [4]. А. П. Яковлев. Поддержание оптимального режима влажности супесчаной почвы при прорастании семян сосны и ели. Сборник научно-исследовательских работ по лесному хозяйству, ЛенНИИЛХ, вып. 12, 1969. [5]. V. T. Aaltonen. Einige Vegetationsversuche mit Baumpflanzen. Acta Forest. Fennica, vol. 50, 6, 1942. [6]. M. Evenari. Germination inhibitor. Botan. Review, vol. 15, 3, 1949. [7]. M. M. Larson, C. S. Smith. Recovery of germinated pine seed after airdrying. Forest Science, vol. 15, 3, 1969. [8]. E. Mork. Germination of spruce and pine seed at various temperature and degrees of moisture. Meddel. fra det norske skogforsksvesen, 21, Bd. 6, H. 2, 1938. [9]. E. Rohrig, B. Lupke. Der Einfluss der ökologischen Bedingungen auf die Keimung von Lärchensamen. Forstarchiv, Jg. 39, H. 9, 1968.

Поступила 20 марта 1972 г.

УДК 631.8

МИНЕРАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ КУЛЬТУР СОСНЫ

А. Н. БАГЛАЙ, В. И. СТРУКОВ

Воронежский лесотехнический институт

Показано влияние минеральных удобрений на энергию роста сосновых культур в высоту за 5 лет, ширину годичных колец, запас древесины. Показана экономическая эффективность удобрений.

Известно, что в ряде стран Запада удобрение лесов проводится в больших размерах. Так, например, в Финляндии, Швеции, Норвегии, Голландии и ФРГ удобряется более 70% лесов. В США и Англии удобрение культур введено в стандартную агротехнику лесоразведения. Работы в зарубежных странах и опыты в нашей стране З. И. Журбицкого [3], Н. П. Ремезова и др. [5], В. С. Шумакова [8], Б. Д. Жилкина [2], С. И. Слухая [6], А. П. Сляднева [7] и др. показывают, что применение минеральных удобрений — один из важнейших факторов повышения продуктивности леса.

Осенью 1965 г. в Левобережном лесничестве Учебно-опытного лесхоза ВЛТИ нами заложены постоянные опытные участки по удобрению 1-, 10- и 20-летних культур сосны. Схемы опыта: контроль, NPKCa, N₂PKCa, N₃PKCa, NP и NK. Вариант PK опущен, так как калий в лесных почвах редко находится в минимуме и сочетание PK, по исследованиям западных лесоводов, не дает высоких показателей роста растений.

Площадь каждого варианта 0,03—0,05 га, повторность опыта 2—3-кратная. Все три участка расположены в непосредственной близости один от другого, почвы идентичны — светло-серые слабогумусированные песчаные. Наблюдаются незначительные различия только в мощности генетических горизонтов. Тип условий местопроизрастания — А₂.

Нормы внесения главнейших элементов питания брали по Н. П. Ремезову, Л. Н. Быковой и К. М. Смирновой [5]: на одно дерево I класса возраста азота — 4,4 г, фосфора — 1,2 г, калия — 2,5 г и кальция — 3,8 г по действующему началу; II класса соответственно 12,3; 3,6; 6,1 и 16,2 г.

Учитывая число деревьев на 1 га, норму потребления элементов питания одним деревом, процент усвоения их растением (для сосны этот вопрос мало изучен) и наличие элементов питания в почве, рассчитывали общее количество минерального удобрения на тот или иной вариант. При расчетах принимали, что азот аммиачной селитры используется сосной на 60%, фосфор суперфосфата гранулированного — на 20%, калий хлористого калия — на 60% и кальций мела молотого — на 50% действующего начала.

Таким образом, схема опыта примет следующий вид. Для культур I класса возраста: контроль (0); N₈₀P₆₀K₆₀Ca₈₀; N₁₄₀P₆₀K₆₀Ca₈₀; N₂₁₀P₆₀K₆₀Ca₈₀; N₈₀P₆₀ и N₈₀K₆₀ (по действующему началу); для культур II класса возраста: контроль (0); N₁₄₀P₁₂₀K₈₀Ca₂₂₀; N₂₈₀P₁₂₀K₈₀Ca₂₂₀;

Таблица 1

Вариант опыта	Текущий прирост в высоту, см	Группа достоверности различия между контролем и вариантами
5-летние культуры		
Контроль	43,3 ± 0,41	—
NPKCa	46,8 ± 0,61	I
N ₂ PKCa	49,1 ± 0,86	I
N ₃ PKCa	47,9 ± 0,66	I
NP	42,2 ± 1,37	III
NK	41,0 ± 0,56	II
15-летние культуры		
Контроль	38,4 ± 1,74	—
NPKCa	40,0 ± 1,91	I
N ₂ PKCa	44,8 ± 2,65	I
N ₃ PKCa	42,4 ± 1,95	I
NP	39,2 ± 1,16	II
NK	38,8 ± 1,87	III
25-летние культуры		
Контроль	31,2 ± 0,33	—
NPKCa	39,8 ± 0,44	I
N ₂ PKCa	49,6 ± 0,62	I
N ₃ PKCa	39,8 ± 0,80	I
NP	39,0 ± 0,44	I
NK	36,6 ± 0,74	III

$N_{420}P_{120}K_{80}Ca_{220}$; $N_{140}P_{120}$ и $N_{140}K_{80}$. Кальций в полном минеральном удобрении был введен с целью уменьшить кислую реакцию вносимых туков.

Опытные варианты исследовали через 2 года (в 1967 г.) и через 5 лет (осенью 1970 г.) после внесения удобрений. Результаты второго исследования представлены в настоящей статье.

Минеральные удобрения оказали существенное влияние на рост сосны. Энергию роста мы определяли по текущему приросту в высоту, лучше характеризующему рост, чем высота [4]. Данные о текущем приросте сосны (по 5 средним модельным деревьям в каждом варианте), обработанные методом дисперсионного анализа (по Б. А. Доспехову [1]) представлены в табл. 1—4.

Таблица 2

Вариант опыта	Приросты модельных деревьев в высоту, см					ΣУ	\bar{X}
	1	2	3	4	5		
Контроль	29	31	30	30	36	156	31,2
NPКСа	25	36	41	46	51	199	39,8
N ₂ PKCa	32	46	56	56	58	248	49,6
N ₃ PKCa	31	33	41	43	51	199	39,8
NP	29	39	44	39	44	195	39,0
NK	30	38	37	37	41	183	36,6
ΣУ	176	223	249	251	281	ΣУ = 1180	$\bar{X}_0 = 39,3$

Таблица 3

Вид рассеяния	Сумма квадратич- ных откло- нений	Число степеней свободы	Среднее квадратич- ное дис- персии σ^2	Отношение дисперсии $F = \frac{v_1}{v_2}$	
				фактическое	табличное ($P = 0,99$)
Общее	2278,7	29	—	—	—
Повторений	1033,3	4	—	—	—
Вариантов	911,2	5	182,2	10,8	4,1
Остаточное	334,2	20	16,7	—	—

Таблица 4

Вариант опыта	Средний теку- щий прирост в высоту за последние 5 лет, см	Величина от- клонения от контроля, см	Группа до- стоверности
Контроль	31,2	—	—
NPКСа	39,8	8,6	I
N ₂ PKCa	49,6	18,4	I
N ₃ PKCa	39,8	8,6	I
NP	39,0	7,8	I
NK	36,6	5,4	III

Примечание. Обобщенная ошибка \bar{X}_0

$$m = \sqrt{\frac{16,7}{5}} = 1,82 \text{ см}; \text{ точность опыта } P =$$

$$= \frac{m}{\bar{X}_0} \cdot 100 = \frac{1,82 \cdot 100}{39,3} = 4,6\%; \text{ ошибка разности}$$

$$m_d = 1,41 \cdot m = 1,4 \cdot 1,82 = 2,56 \text{ см}; \text{ наименьшая}$$

$$\text{существенная разность } HSP_{0,99} = t_{0,99} \cdot m_d = 2,9 \cdot$$

$$2,56 = 7,42 \text{ см.}$$

Из данных табл. 4 видно, что различия по текущему приросту (за исключением варианта НК) существенны.

При выпиливании у модельных деревьев образцов на высоте 1,3 м было замечено, что ширина годичных колец после внесения минеральных удобрений увеличилась в 1,5—2 раза. Анатомическое исследование показало, что увеличение текущего прироста по диаметру произошло не в результате возрастания размеров трахеид или утолщения их стенок, а вследствие увеличения количества самих трахеид в годичном кольце.

Эти данные нами также обработаны способом дисперсионного анализа (табл. 5 и 6).

Таблица 5

Вариант опыта	Количество трахеид в годичном кольце					ΣУ	X̄
	1966 г.	1967 г.	1968 г.	1969 г.	1970 г.		
Контроль	25	16	22	16	15	94	19
NPКСа	61	56	53	32	40	242	48
N ₂ ПКСа	74	82	96	92	69	413	83
N ₃ ПКСа	55	64	64	53	47	283	56
NP	38	45	54	51	40	228	46
НК	49	56	54	43	38	240	48
ΣP	302	319	343	287	219	ΣУ=1500	X̄ ₀ =50

Таблица 6

Вариант опыта	Среднее число трахеид за последние 5 лет	Величина отклонения от контроля	Группа достоверности
Контроль	19	—	—
NPКСа	48	29,0	I
N ₂ ПКСа	83	64,0	I
N ₃ ПКСа	56	37,0	I
NP	46	27,0	I
НК	18	29,0	I

Примечание. Обобщенная ошибка 3,3; точность опыта $P = 6\%$; ошибка разности 4,65; $НСП_{0,99} = 13,5$.

Данные табл. 6 показывают, что достоверность различия между контролем и вариантами с минеральными удобрениями во всех случаях существенна.

Влияние минеральных удобрений на изменение запаса древесины в переводе на 1 га показано в табл. 7.

Данные табл. 4, 6 и 7 свидетельствуют о том, что минеральные удобрения положительно влияют на величину текущего прироста по высоте и диаметру и на запас древесины.

Ежегодный дополнительный прирост древесины на лучших вариантах составляет в 5-летнем возрасте 2,5 м³/га, в 15-летнем — 58 м³/га и в 25-летнем — 43 м³/га.

Произведем простейшие расчеты экономической эффективности применения минеральных удобрений: стоимость минеральных удобрений на 1 га — 28 р. 40 к.; перевозка удобрений на расстояние 30 км — 3 р. 80 к. (7 р. 60 к. × 0,5 маш.-см.); внесение удобрений вручную 1 чел.-день — 3 р. 50 к. Итого прямых затрат 35 р. 70 к. Стоимость медкой древесины 5 р. 50 к. × 43 = 236 р. 50 к.

Таблица 7

Вариант опыта	Высота, м	Диаметр, см	Число стволов	Запас древесины на 1 га, м ³
5-летние культуры				
Контроль	0,97 ± 0,15	2,0 ± 0,29	8483	5,0
NPКСа	1,10 ± 1,30	2,3 ± 0,26	7850	5,5
N ₂ PKCa	1,19 ± 1,13	2,5 ± 0,21	8346	6,5
N ₃ PKCa	1,32 ± 0,79	2,8 ± 0,16	8145	7,5
NP	1,23 ± 0,72	2,7 ± 0,15	7068	5,9
NK	1,17 ± 0,83	2,6 ± 0,20	8440	6,4
15-летние культуры				
Контроль	7,21 ± 0,31	6,5 ± 0,11	7735	121,0
NPКСа	8,09 ± 0,67	6,5 ± 0,99	8700	157,0
N ₂ PKCa	8,57 ± 0,11	7,1 ± 0,10	8126	179,0
N ₃ PKCa	8,33 ± 0,36	6,9 ± 0,10	8569	163,0
NP	8,26 ± 0,42	7,0 ± 0,12	7402	141,0
NK	8,22 ± 0,36	6,4 ± 0,09	9000	153,0
25-летние культуры				
Контроль	10,4 ± 0,21	10,0 ± 0,16	3190	124,0
NPКСа	11,4 ± 0,21	10,7 ± 0,16	2830	157,0
N ₂ PKCa	11,8 ± 0,22	11,1 ± 0,16	2790	167,0
N ₃ PKCa	11,5 ± 0,21	10,4 ± 0,14	3350	161,0
NP	10,8 ± 0,28	10,9 ± 0,16	3210	166,0
NK	10,5 ± 0,90	10,2 ± 0,17	3110	137,0

Примечание. Диаметр стволиков измеряли на высоте 10 см от корневой шейки. Объем находили по среднему диаметру 20-сантиметровых отрезков.

Таким образом, затраты на внесение удобрений в культуры сосны 25-летнего возраста окупаются в течение одного года и обеспечивают доход для хозяйства 40 руб. с 1 га.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Б. А. Доспехов. Методика полевого опыта. Изд-во «Колос», М., 1968.
 [2]. Б. Д. Жилкин. Повышение продуктивности ельника-черничника путем улучшения круговорота азота и зольных элементов сопутствующей культурой люпина. Научные доклады высшей школы, вып. 2, 1959. [3]. З. И. Журбицкий. Физиологические и агрохимические основы применения удобрений. Изд. АН СССР, М., 1963.
 [4]. А. Ф. Иванов. Влияние минерального питания на рост древесных пород (I—II класса возраста). Сборник научных трудов АН БССР, Институт биологии, вып. III, Минск, 1952. [5]. Н. П. Ремезов, Л. Н. Быкова, К. М. Смирнова. Биологический круговорот азота и зольных элементов в лесных насаждениях. Труды Института леса, т. 24, М., 1955. [6]. С. И. Слухай. Питание и удобрение молодых древесных растений. Изд-во «Наукова думка», Киев, 1965. [7]. А. П. Сляднев. Комплексный способ выращивания сосновых насаждений. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1971. [8]. В. С. Шумаков, Е. Л. Федорова. Применение минеральных удобрений в лесу. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1970.

Поступила 5 января 1972 г.

УДК 634.0:581.1.032

О СОДЕРЖАНИИ ОСНОВНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ДРЕВЕСИНЕ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

П. В. ЛИТВАК

Житомирский сельскохозяйственный институт

Было проведено определение смолистых веществ, углеводов, гемицеллюлозы и лигнина в заболонной и ядровой древесине на высоте ствола 0; 1,3; 5; 9 м. Образцы отобраны в средневозрастных сосновых насаждениях в группе боров (свежем — A_2 , влажном — A_3 , сыром — A_4) и суборей (свежей — B_2 , влажной — B_3 , сырой — B_4).

Показано, что от условий местопрорастаний зависит только содержание смолистых веществ. Остальные органические вещества в древесине сосны различных экологических условий имеются почти в одинаковых количествах. Приведены запасы основных органических веществ в т/га.

Сведения о качественных показателях древесины особенно необходимы при комплексном освоении лесных ресурсов. Акад. А. Б. Жуков [1] подчеркивает важность развития лесного ресурсоведения для решения практических вопросов по освоению лесных богатств страны. Комплексное освоение лесных ресурсов может базироваться на тщательно изученных количественных и качественных показателях. Если первые выявляются при лесоустройстве и специальных лесоучетных работах, то вторые еще недостаточно изучены. Все возрастающая и расширяющаяся сфера использования древесной массы как исходного сырья для различных отраслей промышленности ставит вопрос об исследовании ее химических компонентов.

В Украинском Полесье изучение основных органических веществ древесины в различных экологических условиях еще не проводили. Образцы древесины были взяты нами на стационарах УкрНИИЛХА, заложенных в 1957 г. в средневозрастных сосновых насаждениях: в сосновых борах — свежем (A_2), влажном (A_3), сыром (A_4) и дубово-сосновых суборях — свежей (B_2), влажной (B_3) и сырой (B_4). Таксационная характеристика древостоев была дана нами ранее [3]. Для исследований отобрано 18 средних модельных деревьев сосны (по три модели на каждом стационаре). Образцы заболонной и ядровой древесины отбирали на высоте 0; 1,3; 5; 9 м в конце сентября 1968 г. Смолистые вещества определяли способом экстрагирования измельченного материала в ацетоне, а углеводы, гемицеллюлозу, целлюлозу и лигнин по И. М. Меликян [4].

Содержание смолистых веществ в стволе сосны, как видно из табл. 1, снижается с высотой, в ядровой древесине их примерно в 4 раза больше, чем в заболонной. Наибольшее количество смолистых веществ в древесине отмечено в свежих условиях, несколько меньшее во влажных и еще меньшее в сырых. В древесине группы суборей этих веществ в 1,1—1,3 раза больше, чем в группе боров. Достоверность различия смолистости в ядровой древесине с высотой для образцов 0 и 9 м соответствует вероятности 0,99—0,999. Это безусловно позволяет утверждать, что с высотой в ядровой древесине смолистость снижается. Для заболонной древесины показатели достоверности низки. О том, что в древесине из суборевых условий больше смолистых веществ, чем из боровых, свидетельствуют показатели достоверности. Например, для участков B_2 и A_2 заболонной и ядровой древесины по-

Таблица 1

Высота отбора образцов древесины, м	Содержание смолистых веществ, % (в числителе—в заболонной древесине, в знаменателе—в ядровой) в различных этажах					
	A ₁	A ₂	A ₃	B ₂	B ₃	B ₄
0	$\frac{4,4 \pm 0,4}{22,7 \pm 0,8}$	$\frac{3,6 \pm 0,3}{18,1 \pm 0,6}$	$\frac{3,9 \pm 0,2}{17,3 \pm 0,7}$	$\frac{7,0 \pm 0,1}{23,5 \pm 1,5}$	$\frac{6,7 \pm 0,6}{23,3 \pm 0,8}$	$\frac{5,1 \pm 0,5}{23,6 \pm 0,7}$
1,3	$\frac{4,9 \pm 0,1}{18,7 \pm 0,7}$	$\frac{5,1 \pm 0,3}{19,7 \pm 0,9}$	$\frac{3,7 \pm 0,2}{18,2 \pm 0,2}$	$\frac{6,4 \pm 0,4}{23,0 \pm 1,6}$	$\frac{5,5 \pm 0,6}{18,5 \pm 0,9}$	$\frac{3,8 \pm 0,2}{18,5 \pm 0,6}$
5	$\frac{3,9 \pm 0,2}{13,5 \pm 1,4}$	$\frac{3,4 \pm 0,1}{9,1 \pm 0,8}$	$\frac{3,0 \pm 0,2}{7,5 \pm 0,2}$	$\frac{5,3 \pm 0,3}{19,5 \pm 1,6}$	$\frac{4,0 \pm 0,2}{9,2 \pm 0,3}$	$\frac{4,0 \pm 0,5}{10,1 \pm 0,8}$
9	$\frac{4,6 \pm 0,6}{13,5 \pm 0,7}$	$\frac{3,5 \pm 0,7}{7,2 \pm 0,3}$	$\frac{3,6 \pm 0,2}{6,2 \pm 0,4}$	$\frac{5,0 \pm 0,2}{17,5 \pm 1,0}$	$\frac{3,9 \pm 0,5}{7,8 \pm 0,2}$	$\frac{3,3 \pm 0,1}{8,1 \pm 0,5}$
Среднее	$\frac{4,5 \pm 0,3}{17,1 \pm 0,9}$	$\frac{3,9 \pm 0,4}{13,5 \pm 0,6}$	$\frac{3,7 \pm 0,2}{12,3 \pm 0,4}$	$\frac{5,9 \pm 0,2}{20,9 \pm 1,4}$	$\frac{5,0 \pm 0,5}{15,4 \pm 0,6}$	$\frac{4,0 \pm 0,3}{15,1 \pm 0,6}$

казатели достоверности (t) были 5,63 и 4,63. Это соответствует вероятности 0,999; для ядровой древесины сырых условий (B_4 и A_4) вероятность равна 0,99 ($t = 3,60$). Возрастание влажности как в группе боров, так и суборей приводит к снижению запасов смолистых веществ в заболонной и ядровой древесине. Показатель t для участков A_2 — A_4 и B_2 — B_4 был очень высоким (заболонная древесина—5,7; 7,9 и ядровая—5,8; 4,2). Ниже он был для участков A_2 — A_3 (заболонная—2,9 и ядровая—3,7) и A_3 — A_4 (ядровая—3,1).

В табл. 2 представлены данные о запасе смолистых веществ в древесине сосны. Экспериментальные данные свидетельствуют о том, что смолообразование у сосны интенсивнее в суборях, чем в борах. Режим влажности почвы влияет на этот процесс тем сильнее, чем богаче почва. Для смолообразования наиболее благоприятны свежие условия боров и суборей, наименее благоприятны—сырые. Наши данные не согласуются с выводами некоторых авторов о том, что неблагоприятные факторы среды усиливают синтез смол и других веществ в растениях сосны [5].

Таблица 2

Стационар	Вес абс. сухой древесины, T/га			Запас смолистых веществ, T/га, в древесине		
	заболонной	ядровой	итого	заболонной	ядровой	итого
A ₂	130,0	26,4	129,4	4,61	4,51	9,12
A ₃	90,9	16,2	107,1	3,54	2,19	5,73
A ₄	99,3	11,3	110,6	3,70	1,39	5,09
B ₂	144,2	43,6	187,8	8,54	9,09	17,63
B ₃	122,3	24,3	146,6	6,13	3,74	9,87
B ₄	110,9	14,6	125,5	4,47	2,20	6,67

Из табл. 3 видно, что заболонная древесина во всех типах леса имеет несколько меньше углеводов и лигнина, чем ядровая, а целлюлозы, наоборот, больше. Несколько колеблется по высоте ствола содержание гемицеллюлозы. Но средние показатели между отдельными участками для заболонной древесины практически одинаковы (A_2 —16,7; A_3 —16,3; A_4 —15,7; B_2 —15,8; B_3 —17,8; B_4 —16,8%). Прослеживается возрастание гемицеллюлозы в ядре от свежих к сырым условиям (A_2 —15,6; A_3 —16,6; A_4 —16,5; B_2 —14,0; B_3 —17,0; B_4 —17,3%).

Таблица 3

Стационар	Высота отбора образцов, м	Содержание органических веществ, % от абс. сухой массы, в древесине							
		заболонной				ядровой			
		угле-воды	геми-целлю-лоза	целлю-лоза	лигнины	угле-воды	геми-целлю-лоза	целлю-лоза	лигнины
А ₂	0	6,2	17,6	47,7	28,5	7,9	17,8	45,0	29,3
	1,3	6,5	17,5	49,5	26,5	7,8	17,6	44,6	30,0
	5	6,5	18,0	48,0	27,5	6,5	13,7	51,8	28,0
	9	6,5	13,9	50,6	29,0	6,5	13,5	53,0	27,0
А ₃	0	7,2	16,3	49,1	27,4	7,4	18,0	45,0	29,6
	1,3	7,2	16,8	46,0	30,0	8,2	15,7	47,8	28,3
	5	6,9	15,4	49,2	28,5	6,9	17,4	48,2	27,5
	9	7,2	16,8	48,0	28,0	8,2	15,5	48,5	27,8
А ₄	0	7,1	16,0	50,9	26,0	8,7	16,2	47,2	27,9
	1,3	6,3	14,1	52,0	27,6	7,8	14,4	49,0	28,8
	5	6,0	14,5	50,3	29,2	7,6	16,2	48,3	27,9
	9	5,9	18,3	48,2	27,6	6,5	19,3	44,9	29,3
В ₂	0	7,0	15,5	48,8	28,7	7,5	13,8	51,5	27,2
	1,3	6,2	14,3	51,2	28,3	6,7	14,0	49,8	29,5
	5	7,2	17,0	47,8	28,0	7,0	13,0	50,8	29,2
	9	6,0	16,2	49,8	28,0	6,2	15,0	49,3	29,5
В ₃	0	7,5	18,2	47,3	27,0	8,7	16,4	44,9	30,0
	1,3	5,6	18,3	48,8	27,3	6,2	16,6	46,8	30,4
	5	6,1	17,2	47,4	29,3	6,0	18,5	48,2	27,3
	9	6,6	17,5	47,7	28,2	8,2	16,3	45,9	29,6
В ₄	0	7,0	17,7	47,8	27,5	6,2	17,5	49,8	26,5
	1,3	6,7	17,1	46,2	30,0	6,3	17,0	46,5	30,2
	5	6,3	15,3	51,7	26,7	6,0	16,0	49,8	28,2
	9	6,9	16,8	46,8	29,5	7,7	18,7	44,8	28,8

Целлюлозы несколько больше в свежих условиях (А₂—48,6; А₃—47,4; А₄—47,4; В₂—50,4; В₃—46,5; В₄—47,4%). В заболонной древесине ее количество незначительно возрастает как в группе боров, так и в группе суборей в свежих и сырых условиях, а снижается во влажных (А₂—49,0; А₃—48,1; А₄—50,4; В₂—49,4; В₃—47,8; В₄—48,1%).

Установить определенную закономерность изменения содержания веществ по высоте ствола не представляется возможным. Если в условиях свежего соснового бора в древесине наблюдалось снижение гемицеллюлозы с высотой, то во влажных и особенно в сырых ее больше на высоте 9 м. В группе суборей влияние высоты на состав органических веществ проявляется еще менее четко. Следует признать, что по высоте ствола дерева химический состав древесины изменяется мало. Имеющиеся отклонения на отдельных участках больше всего относятся к гемицеллюлозе, но разница несущественна.

Особый интерес представляет сопоставление показателей органических веществ древесины сосны из различных условий местопроизрастания. Согласно П. Ф. Калнину [2], И. М. Меликян [4] и др., химический состав древесины зависит от условий местопроизрастания. Одна-

ко наши данные, полученные в Полесье, не подтверждают этой зависимости для углеводов, гемицеллюлозы, целлюлозы и лигнина. Достоверной разницы в химическом составе древесины этих веществ в зависимости от типов леса нами не обнаружено, тогда как содержание других веществ (смолистые, пигменты, моносахариды, крахмал, витамины, некоторые вещества вторичного происхождения, ферменты) значительно колеблется.

Таблица 4

Стацио- нар	Запас органических веществ, <i>т/га</i> , в обессмоленной древесине							
	заболонной				ядровой			
	углеводы	геми- целлю- лоза	целлюлоза	лигнин	углеводы	геми- целлю- лоза	целлюлоза	лигнин
A ₂	6,6	17,2	50,5	28,7	1,9	4,1	12,8	7,6
A ₃	6,4	14,8	43,7	25,9	1,2	2,7	7,7	4,6
A ₄	6,2	15,6	50,0	27,4	0,9	1,9	5,4	3,2
B ₂	9,5	22,8	71,2	40,7	3,0	6,1	22,0	12,6
B ₃	7,8	21,8	58,5	34,2	1,8	4,1	11,3	7,1
B ₄	7,4	18,6	53,3	31,5	1,0	2,5	7,0	4,1

Хотя условия местопроизрастания не оказывают существенного влияния на содержание основных веществ древесины, они определяют производительность насаждений. Поэтому общее количество углеводов, гемицеллюлозы, целлюлозы, лигнина будет неодинаковым на разных участках (табл. 4). В группе боров (A₂—8,5; A₃—7,6; A₄—7,1 *т/га*) углеводов имеется значительно меньше, чем в суборах (B₂—12,5; B₃—9,6; B₄—8,4 *т/га*). Аналогичная закономерность имеет место и для гемицеллюлозы (A₂—21,3; A₃—17,5; A₄—17,5; B₂—28,9; B₃—25,9; B₄—21,1), целлюлозы (A₂—63,3; A₃—51,4; A₄—55,4; B₂—93,2; B₃—69,8; B₄—60,3) и лигнина (A₂—36,3; A₃—30,5; A₄—30,6; B₂—53,3; B₃—41,3; B₄—35,6). Прослеживается закономерное снижение запаса веществ не только от трофности почв, но и от влажности. Нарастание влаги от свежих к сырым условиям приводит к снижению количества органических веществ в борах и суборах.

Проведенные исследования освещают также важную биологическую особенность сосны: широкая экологическая амплитуда позволяет ей быть пионером в освоении площадей, переносить неблагоприятные внешние условия, сохраняя в различных местообитаниях почти одинаковые химические свойства основных структурных элементов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. Б. Жуков. Потенциал зеленого океана. Газ. «Правда» от 11.11 1970. [2]. П. Ф. Калнин. К теории образования лигнина. Изд-во АН Латв. ССР, 6, (83), 49, 1954. [3]. П. В. Литвак. Биомасса сосны в разных экологических условиях Украинского Полесья. «Вісник сільськогосподарської науки», 6, 1971. [4]. И. М. Мелляни. Структурные изменения и накопление лигнина в растениях в связи с условиями среды. Изд-во Ереванского государственного университета, 1959. [5]. Ю. Е. Новичкая. Физиолого-биохимические процессы, обуславливающие образование органических веществ, выделяемых растениями. Сб. «Вопросы селекции, семеноводства и физиологии древесных пород Севера», Карельское книжное изд-во, Петрозаводск, 1967.

УДК 634.0.2

ПОЧВЕННЫЕ УСЛОВИЯ МЕСТОПРОИЗРАСТАНИЯ СОСНОВЫХ И ЕЛОВЫХ ЛЕСОВ МЕСХЕТИ

В. Ф. ДАРАХВЕЛИДЗЕ

Грузинский сельскохозяйственный институт

В статье дано морфологическое описание некоторых почвенных разрезов в сосновых и еловых лесах и обзор отличительных свойств этих почв в связи с вертикальной поясностью. Рассмотрены особенности изученных фитоценозов и их влияние на процессы почвообразования. Приведены данные анализа почв, показывающие отсутствие подзолообразовательного процесса в бурых лесных почвах Месхети.

Почвенная область Южной Грузии, согласно М. Н. Сабашвили [10], охватывает горную, предгорную и низменную части Ахалцихской (Месхетской) котловины и нагорье Южной Грузии по Джавахетскому и Цалкинскому плато и окаймляющим их склонам Триапетского, Джавахетского, Абул-Самсарского и Чалдырского хребтов. В геологическом строении Месхетской котловины преобладают нижнеэоценовые глинистые песчаники, мергели, слоистые глины; в повышенной части котловины значительное место занимают вулканические породы, главным образом, андезиты.

Здесь различают два типа рельефа: первый, охватывающий гребневую часть, сформированный на субстрате андезито-дацитовых лав, характеризуется слабо расчлененным волнистым рельефом; второй выработан в пирокластолитах гондердзской свиты и носит горно-эрозийный характер [3].

Климат Месхети отличается сухостью и континентальностью, усиливающейся по мере продвижения к востоку (среднегодовое количество осадков 470—508 мм, среднегодовая температура от +8 до +9°, абсолютные минимальные температуры от -29 до -32°).

Леса Месхети расположены на высоте 900—2200 м над уровнем моря и занимают 76,6 тыс. га, в том числе хвойные 61,6 тыс. га (80,4%); из них с преобладанием сосны (*Pinus Sosnowskyi*) — 28,3 тыс. га (46%), ели (*Picea orientalis*) — 30,3 тыс. га (49%), пихты (*Abies Nordmanniana*) — 3,0 тыс. га (5%).

В соответствии с зональным положением, климатом, растительностью и другими условиями, лесные почвы Месхети, согласно М. Н. Сабашвили [10], подразделяются на зону коричневых лесных почв низкой и предгорной частей и зону горно-лесных почв (под горно-лесными подразумеваются бурые лесные почвы).

До недавнего времени в литературе господствовало мнение о лесе как факторе в основном оподзоливающем, а следовательно, ухудшающем свойства почв и их производительность [1], [2], [7], [8]. В отношении горных лесов подобное представление широко распространено и ныне. Это мнение требует еще очень глубоких исследований и не может быть основано только на сопряженности явлений лесная растительность — подзолообразовательный процесс [4].

С. В. Зонн [5] приводит интересные данные об еловых лесах Восточного Тибета, произрастающих на высоте 2800—3600 м над уровнем

моря: несмотря на развитие здесь мощной грубогумусной подстилки, отсутствуют какие бы то ни было признаки подзолообразовательного процесса.

Согласно И. М. Розановой [9], ель не только оподзоливает почву, но и способствует аккумуляции в ней гумуса и зольных элементов. Это свойство ели имеет первостепенное значение для ведения хозяйства в темнохвойных лесах [6].

Под двумя основными формациями лесов Месхети — сосновыми и еловыми — мы делали почвенные разрезы приблизительно в одинаковых условиях среды по вертикальным поясам растительности. Ниже приводим морфологическое описание некоторых разрезов среднегорного пояса; аналогичная картина наблюдается и в верхнегорном поясе.

Ахалцихе, Цинубани, 1350 м над уровнем моря, северо-западный склон, 25—30°.

Сосняк зеленомошно-разнотравный, среднегорный

- 0—2 см Видоизмененных органических остатков мало, весь мертвый покров среднегумифицирован.
- 2—15 см Темный бурозем, среднесуглинистый, разного размера, ореховато-зернистая структура, в большом количестве корни, не вскипает.
- 15—25 см Кора выветривания андезитов, суглинистая, не вскипает.

Ельник зеленомошно-разнотравный, среднегорный

- 0—8 см Мертвый покров, слабо выражен неразложившийся слой.
- 8—30 см Бурый тяжелый суглинок, ореховатой структуры, единичные обломки, камни разной величины, не вскипает.
- 30—68 см Светло-бурый, глыбисто-ореховатой структуры, тяжелый суглинок, плотный, черные пятна в профиле, след перемещения органического вещества, не вскипает.
- 68 см и ниже Кора выветривания андезитов.

Приводим морфологическое описание разрезов коричневых лесных почв.

Боржоми, Гомна, 950 м над уровнем моря, экспозиция северо-западная, склон 25—28°.

Сосняк злаково-разнотравный, нижегорный

- 0—2 см Мертвый покров слабо гумифицирован, темно-коричневый, зернистая структура, тяжелый суглинок, единичные обломки камней, не вскипает.
- 2—12 см Серо-коричневый тяжелый суглинок, ореховатой структуры, корни, гумифицированные органические остатки, разного размера обломки камней, плотноватый, не вскипает.
- 12—26 см Темно-палевый тяжелый суглинок, зернисто-ореховатый, корни растений разной степени разложения, плотноватый, элементы скелета относительно небольшой величины, вскипает.

Ельник зеленомошный, нижегорный

- 0—4 см Мертвый покров хорошо гумифицирован, неразложившаяся часть представлена в малом количестве.
- 4—14 см Темно-коричневый, черноватый, тяжелый суглинок, ореховатый, единичные камни, корни, органические остатки с разной степенью разложения, плотноватый, вскипает.
- 14—42 см Светло-коричневый тяжелый суглинок, ореховатый, местами скелетный, плотноватый, вскипает.
- 42 см и ниже Обломки материнской породы, вскипает.

Из морфологического описания видно, что почвы маломощные, признаки оподзоливания не прослеживаются. Результаты лабораторных анализов (табл. 1) позволяют сделать вывод, что бурые лесные почвы под сосняками по механическому составу среднесуглинистые (разрез 4,23), под ельниками глинистые (разрез 15,21). Как под сосняками, так и под ельниками $pH \approx 6,0 \div 6,6$; почва характеризуется слабокислой

реакцией, причем кислотность уменьшается с глубиной. Мертвый покров обладает высоким содержанием органического вещества.

В составе обменных катионов на Са и Mg в сосняках приходится 99,3% (разрез 4) и 98,2% (разрез 23), в ельниках соответственно 99,5% (разрез 15) и 100% (разрез 21). Количество поглощенного водорода ничтожно. Эти данные указывают, что почвы под сосняками и ельниками насыщены основаниями.

Коричневые лесные почвы под названными фитоценозами мало-мощные, карбонатные, по механическому составу тяжелосуглинистые. Под сосняками рН щелочная по всему профилю почвы; под ельниками — нейтральная, с глубиной увеличивается. В мертвом покрове содержание органического вещества в ельнике зеленомошном (разрез 37) в 2 раза больше, чем в сосняке злаково-разнотравном (разрез 38). СаСО₃ гораздо больше в почве под сосняками, чем под ельниками.

В поглощающем комплексе ведущее место занимает кальций. Одна из причин высокой насыщенности почв кальцием — значительное его вовлечение в биологический круговорот. По данным наших анализов, в золе сосновой хвои Са составляет 0,86—0,90%, еловой — 1,43—1,99%.

Из наших аналитических данных вытекает, что в бурых лесных почвах Месхети не происходит оподзоливания.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. Б. Вернадер. Почвы Закарпатской области УССР. Журн. «Почвоведение» № 6, 1947. [2]. Н. Б. Вернадер и др. Почвы УССР. Киев, 1951. [3]. Геоморфология Грузии. Изд-во «Мецниереба», Тбилиси, 1971. [4]. Б. Д. Зайцев. Лес и почва. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1964. [5]. С. В. Зонн. Горно-лесные почвы хвойных и буковых лесов Болгарии. Изд-во Болгарской АН, София, 1961. [6]. П. А. Метревели. Темнохвойные леса Грузии и основы ведения хозяйства в них. Докторская диссертация, Тбилиси, 1963. [7]. Н. П. Ремезов, Д. П. Быкова. Потребление и круговорот элементов питания в дубовом лесу. Вестник МГУ, № 6, 1952. [8]. Н. П. Ремезов. Биологический круговорот и почвообразовательный процесс. Труды Воронежского государственного заповедника, вып. 5, 1954. [9]. И. М. Розанова. Круговорот зольных веществ и изменение физико-химических свойств черноземов под хвойными и широколиственными насаждениями. Труды Лаборатории лесоведения, т. I, М., 1960. [10]. М. Н. Сабашвили. Почвы Грузии. Природные ресурсы Грузинской ССР, т. 6, изд-во «Наука», М., 1965.

Поступила 5 июня 1972 г.

УДК 634.0.221.02

ПУТИ СОКРАЩЕНИЯ СРОКОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ БУКА ВОСТОЧНОГО НА ЛЕСОСЕКАХ ПОСТЕПЕННЫХ РУБОК

И. С. ВАСИЛЬЕВ

Воронежский лесотехнический институт

С целью сокращения периода угнетения молодняка главной породы на лесосеках постепенных рубок предлагается способ проведения рубок ухода одновременно с последним приемом лесовосстановительных рубок. Рекомендуется на каждую лесосеку комплексных рубок составлять технологическую карту, где указывается целевое направление, интенсивность рубок ухода, порядок отвода и разработки лесосек, пути транспорта и т. д.

Одно из отрицательных явлений, снижающих эффективность и продуктивность лесохозяйственного производства в условиях горных лесов Северной Осетии — длительность периода возобновления и формирова-

ния буковых молодняков на лесосеках постепенных рубок. Она может быть вызвана многими причинами.

Нарушение элементарных правил разработки лесосек и вывозки древесины приводит к уничтожению самосева и подроста главной породы, неправильное проложение прелевочных волоков и усов в горных условиях — к большой почвенной эрозии; слишком резкое снижение полноты при постепенных рубках, без учета крутизны склонов, их экспозиций, наличия подроста под пологом леса и др. — к зарастанию этих лесосек травяной растительностью и ухудшению лесовосстановительных процессов. Но одна из основных причин — большой период угнетения подроста главной породы и разрыв между окончательным приемом постепенных рубок и рубками ухода, в которых так сильно нуждается молодняк.

Как указывают Е. Н. Будянский [2], Г. Т. Беленко [1], А. М. Шугаев [6], при первых приемах постепенных рубок в большинстве случаев обеспечивается накопление необходимого количества подроста главных пород. К окончательному приему рубки этот подрост становится вполне жизнеспособным. Эти выводы подтверждаются на практике. По данным лесоустройства 1962—1963 гг., необлесившиеся лесосеки в лесах Северной Осетии составили лишь 195 га. Это говорит о том, что лесосеки возобновляются вполне удовлетворительно, если не учитывать породный состав.

Отрицательная сторона постепенных рубок — невозможность ухода за молодняками, возобновившимися на лесосеке. Подрост и молодняк появляются куртинами в окнах и обычно смешаны с молодняком старшего возраста; возраст подроста и молодняка колеблется от 3 до 40 лет. Поэтому почти невозможно выделить под осветления участки более или менее значительных размеров. Только комплексные рубки (лесовосстановительные и уход за подростом и молодняком во втором ярусе) могут оказать положительное влияние на сохранение и развитие подроста и молодняка главной породы и намного сократить период их угнетения.

В табл. 1 приведены данные об объемах рубок ухода по Северо-Осетинскому управлению лесного хозяйства за 1968 г. Из общего объема рубок ухода площадь осветления составляет всего около 10%. Эти рубки выполняют в культурах ореха грецкого и бука, созданных в коридорах путем частичной реконструкции малоценных насаждений. В естественных буковых молодняках осветлений почти не проводят из-за отсутствия чистых одновозрастных участков.

Таблица 1

Вид рубок ухода	Площадь рубок ухода за 1968 г., га
Осветления	827
Прочистки	3408
Прореживание	1222
Проходные	217
Санитарные	1800
Итого . . .	7974

В силу биологических особенностей граб, имеющий легкие семена с крылом, благодаря ежегодному и обильному плодоношению, очень быстро заселяет лесосеки постепенных рубок. По существу граб можно назвать «пионером» буковых лесов.

В составе молодняков граб обычно преобладает над буком, и бук в составе имеет от 2 до 3 и редко до 4—5 единиц.

Бук восточный, являющийся теневыносливой породой, проявляет большой фототропизм [7]. Находясь под пологом леса, угнетенный букочный подрост отклоняется по направлению к более сильному освещению. Обычно в этих случаях рост в высоту прекращается. Эта способность бука быстро затягивать окна в пологе позволяет проводить в буковых смешанных молодняках рубки большой интенсивности (с целью спасения главной породы). Г. Д. Ярошенко [7] отмечает, что у отставших в росте деревьев бук при сильном их затенении верхним пологом на стволах появляются водяные побеги. То же самое наблюдается и в букняках Северной Осетии. После того как затененный бук попадает в благоприятные условия освещения, его прирост резко увеличивается. Это было отмечено как у молодых, так и у 100—120-летних деревьев. В оптимальных условиях прирост в высоту и по диаметру сохраняется до 300—350 лет.

Состав и состояние молодняка на лесосеках постепенных рубок в букняках не совсем удовлетворительны. Повсеместно подрост бука заглушается грабом и отстает в росте на 10—12 лет. Это явление вызывается следующими причинами. Обычно до рубок в спелых буковых насаждениях имеется некоторое количество подростов главных и второстепенных пород в возрасте 5—7 лет. После первого приема рубок (когда выбирают 35—40% запаса спелого и перестойного леса) в течение 10—15 лет на лесосеках появляется и накапливается необходимый для возобновления подрост, и только затем на этой площади выполняют окончательный прием рубки. Таким образом, после окончательного приема рубки возраст подростки составляет 15—20 лет, причем главная порода находится в угнетенном состоянии, так как осветления и прочистки не проводились. Лесничий на эти лесосеки с рубками ухода придет через 4—5 лет или еще позже. В итоге период угнетения молодняков растянется до 20—25 лет, а возобновление и формирование молодняков из бука задержится на 10—15 лет.

Автор в 1971 г. заложил опытные комплексные рубки ухода в квартале 8 Чиколинского лесничества. Данные о состоянии молодняков до и после рубки приведены в табл. 2 (в переводе на 1 га).

Материалы показывают, что в 30—35-летних молодняках бук, находясь в постоянном угнетении, настолько отстал в росте, что его средний диаметр примерно вдвое меньше, чем у граба. С целью освободить от угнетения главную породу на пробе были проведены интенсивные рубки и участие бука в составе насаждений доведено от 1,8 до 4 единиц.

Уход за составом и формой стволов требует сильной интенсивности рубки. На это указывает Л. П. Яцыно [8]. М. С. Чернобровцев [5] допускает сильное осветление и прочистки лишь в исключительных случаях (для спасения главной породы от заглушения).

В. А. Олисаев [3] для буковых лесов Северной Осетии предлагает следующую шкалу интенсивности рубки: А — рубки слабой интенсивности с выборкой до 20% запаса; Б — рубки умеренной интенсивности с выборкой от 20 до 40% запаса; В — рубки сильной интенсивности с выборкой более 40% запаса.

Преобладающая часть буковых насаждений пребывает рубок умеренной и сильной интенсивности. Только неоднократные рубки ухода дают возможность улучшить качественный состав насаждений путем постоянного и многократного искусственного отбора стволов нужной породы. Систематическое повторение рубок ухода в установленные сроки (для буковых лесов 15—18 раз) позволит к возрасту спелости насаж-

Таблица 2

№ пробы	Возраст, лет	Порода	Число стволов	Состав	Полнота	Запас		Средний диаметр, см	Вырублено, %	
						общий	в том числе деловой		по числу стволов	по запасу
1 (основной полог)	30	Бук	$\frac{492}{480}$	—	—	—	—	$\frac{7,7}{7,7}$	2	0,7
		Граб	$\frac{1144}{240}$	—	—	—	—	$\frac{11,1}{13,7}$	79	68
1 (резервные деревья)	280	Всего	$\frac{1636}{720}$	$\frac{1,8Бк8,2Гр}{4Бк6Гр}$	$\frac{1,0}{0,43}$	$\frac{110}{49}$	$\frac{73}{48}$	$\frac{10,2}{10,1}$	56	56
		Бук	16	—	—	—	—	—	100	100
		Граб	4	—	—	—	—	—	100	100
		Всего	20	$\frac{9Бк1Гр}{—}$	$\frac{0,2}{—}$	$\frac{101,6}{—}$	$\frac{72,5}{—}$	$\frac{64}{—}$	100	100
2	35	Бук	$\frac{552}{524}$	—	—	—	—	$\frac{6}{7,6}$	5	5
		Граб	$\frac{1092}{340}$	—	—	—	—	$\frac{12,2}{13,7}$	68	59
		Всего	$\frac{1644}{864}$	$\frac{1,7Бк8,3Гр}{3,3Бк6,7Гр}$	$\frac{1,0}{0,46}$	$\frac{122,3}{62,2}$	$\frac{95,7}{61,3}$	$\frac{10,9}{10,8}$	47	50

Примечание. В числителе данные о состоянии молодняков до рубки, в знаменателе — после рубки.

дений получить дополнительно в порядке промежуточного пользования примерно такое же количество древесины, что и с 1 га спелого насаждения. Однократный уход на пробных площадях 1—3, 5, 6, заложенных автором в 40—45-летних молодняках, вызвал очень незначительные изменения, особенно в составе насаждений (табл.3). В культурах бука (проба 4), где проводились все виды ухода в установленные сроки, средний диаметр деловых стволов выше и состав 10Бк.

Таблица 3

№ пробной площади	Возраст, лет	Состав		Средний диаметр деловых стволов, см	
		без ухода (контроль)	после рубки	без ухода (контроль)	после рубки
1	40	1,2Бк8,8Гр	2Бк8Гр	9	12
2	45	0,3Бк9,7Гр	0,3Бк9,7Гр	14	15
3	45	0,4Бк9,6Гр	1Бк9Гр	15	15
5	40	4,3Бк5,7Гр	4,6Бк5,4Гр	10	14
6	45	4Бк6Гр	6Бк4Гр	17	17
4	35	—	10Бк	—	18

Все буковые леса Северной Осетии в доступной зоне пройдены первыми приемами постепенных рубок. Повсеместно в насаждениях в первом ярусе имеются остатки материнского древостоя, во втором ярусе молодняки в пределах трех классов возраста. В. А. Олисаев [3] по возрасту и наличию остатков материнского древостоя распределяет насаждения на следующие группы: 1 — молодняки с участием единичных крупномерных деревьев (до 20 м³ на 1 га); 2 — молодняки с наличием значительного количества крупномерных деревьев (более 20 м³ на 1 га); 3 — молодняки с наличием значительного количества средневозрастных и единичных крупномерных деревьев; 4 — средневозрастные древостои с наличием куртинных молодняков и единичных крупномерных деревьев. В лесах Северной Осетии доминирует вторая группа насаждений. Комплексные рубки в Северной Осетии имеют сравнительно небольшую историю. До настоящего времени недостаточно разработаны методы отвода и материальной оценки лесосек, способы их освоения.

С целью сокращения сроков восстановления и формирования молодняков главных пород на лесосеках постепенных (лесовосстановительных) рубок автор рекомендует одновременно с последним (окончательным) приемом постепенных рубок выполнять полный комплекс рубок ухода. Для этого необходимо все насаждения лесничества, требующие ухода, разбить на 7—10 массивов (подобно полям севооборотов в зависимости от сроков повторяемости) с учетом возможности строительства дорог и направления пружопотока горных склонов. Лесосеки нужно отводить укрупненными участками. При этом бывает трудно определить площадь того или иного вида рубки в общей площади лесосеки, их обычно выделяют ориентировочно. В ряде случаев получается так, что одну и ту же площадь назначают под прочистки и прореживания одновременно. Практически такой уход невозможен, и материалы учета площадей рубок оказываются искаженными.

Чтобы упорядочить отвод лесосек под комплексные рубки, более точно распределить площади по видам рубок и выходу древесины, предлагается участки выделять методом таксации леса в зависимости от возраста насаждений (как указано на схеме — рис. 1). Для этого на лесосеке комплексной рубки параллельно длинной стороне через каждые 200—300 м прорубают визиры, промеряют визиры и межвые

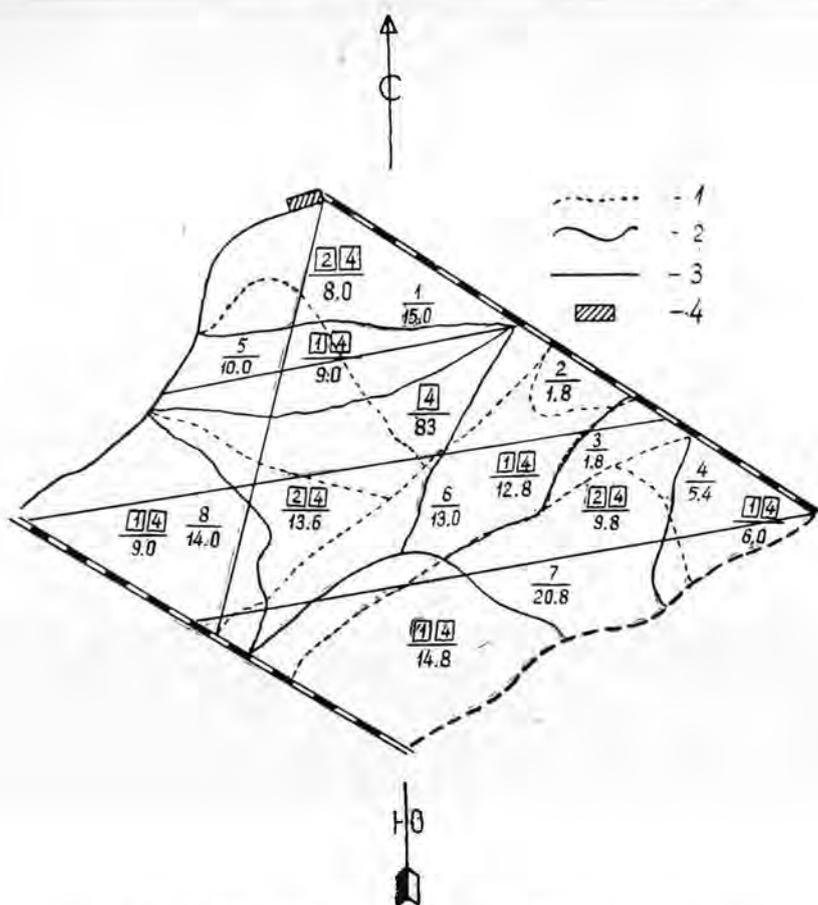


Рис. 1. Схема комплексных рубок ухода в кв. 6
Чиколинского лесничества.

1 — границы выделов; 2 — границы видов рубок; 3 — волоки; 4 — промежуточный склад; [1/4] — участки прочистки; [2/4] — участки прореживания; [7/4] — лесовосстановительные рубки. Экспозиция склона СЗ, 10—15°.

линии, разбивают их на пикеты, способом засечки выделяют однородные по возрасту участки леса под те или иные рубки ухода. Определив количество видов рубок ухода и их площади, необходимо заложить пробные площади для каждого вида рубок, чтобы установить запас и сортиментный состав лесосеки (пробные площади закладываются согласно инструкции по отводу лесосек под рубки). Запас вырубаемых единичных, спелых и перестойных деревьев верхнего яруса находят путем сплошного перечета с нумерацией деревьев. Участки, не требующие рубок ухода (прогалины, поляны, редины и др.), в площадь лесосек не включают, а в абрисах эти участки ограничивают особо.

В результате выяснится площадь лесосек по видам рубок и их запасы.

Недостаток комплексных рубок — сложность их выполнения, поэтому они требуют постоянного квалифицированного руководства и контроля. Проведение их без предварительного составления технологических карт по отводу и разработке лесосек почти невозможно.

«Технологические карты по отводу лесосек на рубках ухода» были разработаны и предложены М. С. Чернобровцевым [5] в 1966 г. Они

конкретизируют задачи рубок ухода, определяют способы и методы их проведения. Форма технологической карты с некоторыми изменениями, применительно к комплексным рубкам, приводится ниже.

Технологическая карта по отводу и производству рубок ухода

Лесхоз, лесничество, квартал, № участка, виды рубок ухода, их площади: прочистки . . . га, прореживание . . . га, лесовосстановительная . . . га, общая площадь лесосеки . . . га.

Абрис лесосеки (1 : 10 000) прилагается.

Характеристика насаждений на лесосеке

Предшествовавшие рубки ухода

Общие указания по производству рубок ухода на лесосеке

1. Целевое направление ухода и главная порода, за которой ведется уход.
2. Указания технического порядка по вопросам выборки и клеймения деревьев.
3. Намечаемая интенсивность рубки ухода.

Карту составил лесничий Карту получил техник

Данные оценки лесосеки (разрядные, сортиментные таблицы).

Фактически заготовлено и причина расхождения.

Лесничий (подпись).

Выводы

1. Проведение комплексных рубок ухода на укрупненных участках одновременно с последним приемом постепенных (лесовосстановительных) рубок, сократит сроки формирования буковых молодняков на лесосеке постепенных рубок на 6—7 лет, что позволит досрочно получить с каждого гектара 20—25 м³ ценной буковой древесины.

2. Отвод лесосек под комплексные рубки ухода методом таксационных выделов по возрастному принципу и составление технологических карт по отводу и производству рубок ухода позволяет упорядочить учет площадей рубок по видам ухода, а младшему техническому персоналу дает конкретные указания о методах и способах выполнения рубок по каждому виду ухода, интенсивности выборки и порядке разработки лесосеки.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Г. Т. Беленко. Естественное возобновление в буковых, буково-пихтовых и пихтовых лесах при сплошных, постепенных и выборочных рубках. Труды СКЛОС, вып. VI, 1964. [2]. Е. Н. Будянский. Главные рубки в горных лесах бассейнов рек Большой и Малой Лабы. Научно-технический сборник трудов СКЛОС, вып. I, 1954. [3]. В. А. Олисаев. Особенности проведения рубок ухода в разновозрастных буковых лесах Северо-Осетинской АССР. Кандидатская диссертация, 1967. [4]. М. С. Чернобровцев. Предпосылки промежуточного пользования в лесу. Материалы научно-технической конференции по проблеме «Современное состояние дубрав, перспективы выращивания и повышение их продуктивности», Харьков, 1964. [5]. М. С. Чернобровцев. Технологические карты по отводу лесосек на рубках ухода. Журн. «Лесное хозяйство» № 6, 1966. [6]. А. М. Шутяев. Некоторые особенности формирования и строения смешанных буковых и пихтово-буковых молодняков Северного Кавказа. Труды СКЛОС, вып. VIII, Орджоникидзе, 1967. [7]. Г. Д. Ярошенко. Влияние условий освещения на рост в высоту побегов бука. Сборник исследований по биологии бука. Сельхозгиз, Эривань, 1933. [8]. Л. П. Яцыно. Буковые молодняки Северного Кавказа и принципы рубок ухода в них. Труды СКЛОС, вып. VI, Краснодар, 1964.

Поступила 6 мая 1972 г.

УДК 634.0.43

ЛЕСНЫЕ ПОЖАРЫ И ФОРМИРОВАНИЕ МОЛОДНЯКОВ В ЛИШАЙНИКОВЫХ БОРАХ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

В. Ф. ЦВЕТКОВ

Мурманский стационар Архангельского института леса и лесохимии

В зависимости от соотношения года рубки и года лесного пожара формирование молодняков сосны на вырубках идет различными путями: древесный полог образуется через 10—40 лет. Молодняки, образующиеся на вырубке при разной давности огневого воздействия, отличаются густотой, ходом роста, строением полога.

Тесная связь возобновления сосны с низовыми пожарами в борах лишайниковых отмечалась разными авторами во многих районах тайги, в том числе на Кольском полуострове [1], [3], [5], [6]—[8]. Исследованиями И. С. Мелехова, проведенными в бассейне р. Северной Двины [4], установлена закономерность в соотношении предварительного и последующего возобновления на вырубках в связи с продолжительностью периода между пожаром и рубкой. Исследования на Кольском полуострове [6], [9] подтвердили, что участие сосны предварительных генераций во многом зависит от соотношения между низовыми пожарами и рубкой насаждений. Нами [8], [9] наблюдалась периодичность лесовозобновления под пологом сосняков Кольского полуострова, связанная с давностью огневого воздействия. Оказалось, что жизнеспособность подроста на вырубках кроме других причин может определяться временем его появления после пожара. Выживаемость молодняка сосны снижается с увеличением не только его возраста к моменту освобождения из-под материнского насаждения, но и периода между пожаром и временем поселения под пологом.

Ход последующего возобновления сосны тесно связан также с огневым воздействием на участке. От давности пожара зависит характер напочвенного покрова, почвенные условия, микроклимат, то есть тип вырубки [7], [9]. При давности огневого воздействия до 12—15 лет в лишайниковых борах Кольского полуострова преобладают политрихумово-паловые вырубки. С увеличением срока до 25—30 лет формируются преимущественно лишайниково-паловые ассоциации. Типичные лишайниковые вырубки образуются на месте насаждений, поступающих в рубку при давности огневого воздействия более 50 лет. На площадях, пройденных пожаром 30—50 лет назад, образуются вырубки переходные от лишайниково-паловых к лишайниковым, то есть «потенциально лишайниковые». По успешности последующего возобновления сосны, при равном обеспечении участков семенниками, рассматриваемые типы вырубок располагаются в следующий ряд (в порядке ухудшения): лишайниково-паловые, политрихумово-паловые, потенциально лишайниковые, типичные лишайниковые.

В зависимости от количества подроста и его состояния, успешности последующего возобновления, во многом определяемых давностью пожара на участке, формирование молодых древостоев может идти несколькими путями. В развитие предложенной акад. И. С. Мелеховым [2]

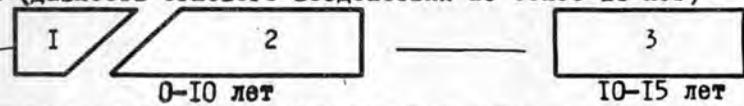
Исходное насаждение
сосняк лишайниковый

Лишайниково-паловая вырубка с предварительным возобновлением (давность огневого воздействия 20-40 лет)



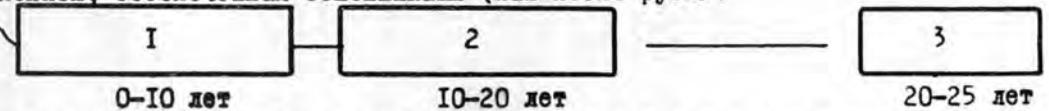
Давность рубки

Политрихумово-паловая вырубка с предварительным возобновлением (давность огневого воздействия не более 20 лет)



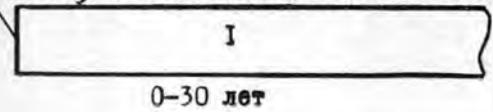
Давность рубки

Политрихумово-(лишайниково-) паловая вырубка с последующим возобновлением, обеспеченная семенниками (пал после рубки)



Давность рубки

Политрихумово-(лишайниково-) паловая вырубка с затянувшимся возобновлением, не обеспеченная семенниками (пал после рубки)



Этапы формирования молодняков*

1. Приживание и накопление численности деревьев
2. Индивидуальный рост деревьев
3. Формирование древесного полога

Рис. 1.

принципиальной схемы путей и этапов лесовозобновления и формирования леса нами разработана схема этапов формирования молодняков в лишайниковых борах Кольского полуострова в связи с низовыми пожарами (рис. 1). Согласно схеме, при лесообразовании с участием подроста период формирования древесного полога сокращается. Биологический этап «индивидуального роста деревьев» накладывается во времени на этап их «приживания».

Лучшие условия для формирования молодняков складываются на участках, поступающих в рубку при давности огневого воздействия от 20 до 40 лет. В этом случае на вырубках оказывается обычно наибольшее количество жизнеспособного подроста, имеющего высоту 0,5—1,0 м. Древесный полог формируется на 5—10-й год после рубки материнского насаждения. Успешно идет возобновление на площадях, где между пожаром и рубкой прошло не более 20 лет. В этом случае сосенки оказываются на вырубках наиболее жизнеспособными. Количество их чаще всего достаточно для образования древостоя. Древесный полог формируется в среднем на 10—15-й год после рубки материнского насаждения.

Совершенно иные условия для лесовозобновления на площадях, пройденных пожарами после рубки насаждений. Здесь успех формирования «лесной обстановки» определяется обеспеченностью участка семенниками. На лишайниково-паловых или политрихумово-паловых вырубках, обеспеченных семенниками сосны, складываются наилучшие условия для последующего возобновления [6], [7], [9]. В условиях Кольского полуострова древесный полог формируется здесь примерно на 25-й год после пожара. На участках, где семенников недостаточно, этап накопления необходимого количества древесных растений может длиться более 30 лет, а полог может образоваться не ранее чем через 35—40 лет после пожара.

На площадях, где между пожаром и рубкой прошло более 50 лет, подрост обычно угнетен, количество его невелико, а последующее возобновление затруднено плотным лишайниковым покровом.

Естественные молодняки различаются по густоте, ходу роста, строению полога. Наиболее густые древостой формируются на вырубках, пройденных пожарами и обеспеченных семенниками. Самые редкие древостой образуются при последующем возобновлении на вырубках, не обеспеченных семенниками, а также из угнетенного подроста.

Таблица 1

Происхождение древостоев	Средний возраст, лет	Средняя высота, м	Текущий прирост, см (средний по 17—25 моделям)		
			1968 г.	1969 г.	1970 г.
Последующее возобновление на политрихумово-паловой вырубке	34	6,4±0,5	20±1,2	17±1,4	26±2,1
Из жизнеспособного подроста на лишайниково-паловой вырубке	33	5,2±0,4	18±1,0	13±0,8	19±0,9
Из угнетенного подроста на лишайниковой вырубке	35	3,8±0,4	14±1,0	11±0,6	16±0,7

Наиболее энергично растут молодняки на площадях с небольшой давностью огневого воздействия, в особенности при последующем возобновлении на политрихумово-паловой вырубке. Самым медленным ростом характеризуются молодые древостой, образующиеся из угнетенного подроста (табл. 1). Хотя разница в средних высотах первых двух

древостоев и в их приростах за 1968 г. недостоверна, различия в энергии роста молодняков разного происхождения не вызывают сомнения.

Молодняки, формирующиеся на площадях с давностью периода между пожаром и рубкой исходного насаждения до 20 лет, характеризуются высокой разновозрастностью. Средний коэффициент вариации возрастов деревьев $9,1 \pm 0,8\%$. На площадях с давностью пожаров от 20 до 50 лет образуются относительно разновозрастные древостои. Средний коэффициент вариации возрастов в них $16,6 \pm 1,1\%$. В случае, когда исходные насаждения поступают в рубку при давности пожара более 50 лет, на участке оказывается какое-то количество крупного подраста и тонкомера. При последующем возобновлении на таких вырубках формируются разновозрастные двухъярусные древостои. Варьирование возрастов деревьев в целом по древостою составляет 25% и более.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. И. Н. Леонтьев. Леса Лапландии. Журн. «Вестник Мурмана» № 8, 9, 1923. [2]. И. С. Мелехов. Сб. АН СССР «Основы типологии вырубков и ее значение в лесном хозяйстве», Архангельск, 1959. [3]. И. С. Мелехов. Особенности лесов Кольского полуострова и пути их изучения. Сб. «Леса Кольского полуострова и их возобновление», АН СССР, М., 1961. [4]. И. С. Мелехов. Концентрированные рубки и лесовозобновление в бассейне Северной Двины. Труды АЛТИ, т. XIII, 1949. [5]. Г. И. Нестерчук. Плодоношение и естественное возобновление сосновых насаждений Кольского полуострова. Журн. «Лесное хозяйство и лесная промышленность» № 4, 5, 6, 1931. [6]. В. В. Репневский. К характеристике лишайниковых вырубков и возобновления сосны на Кольском полуострове. Сб. «Основы типологии вырубков», Архангельск, 1959. [7]. В. В. Репневский. Естественное возобновление сосны в различных типах вырубков Кольского полуострова. Сб. «Леса Кольского полуострова и их возобновление», АН СССР, М., 1961. [8]. В. Ф. Цветков. О связи возобновления сосны с лесными пожарами в сосняках Кольского полуострова. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 6, 1968. [9]. В. Ф. Цветков. Роль предварительного возобновления сосны при формировании древостоев в лишайниковых и брусничных борах Кольского полуострова. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук, Л., 1971.

Поступила 7 апреля 1972 г.

УДК 634.0561.3

ИЗУЧЕНИЕ ТЕКУЩЕГО ПРИРОСТА ДРЕВОСТОЕВ ПРИ ПОСТЕПЕННЫХ РУБКАХ

Н. В. РОМАШОВ

УкрНИИЛХА

Излагается методика изучения текущего прироста древостоев путем взятия высечек древесины у растущих деревьев с помощью высекателя трубчатой формы и измерения ширины годовичных слоев с точностью до 0,1 мм. Прилагаются чертежи высекателя и приспособлений к нему. Приводятся данные исследования текущего прироста соснового и дубового древостоев через 3 года после первого приема рубки.

В литературе [4], [2] отмечалось, что постепенные семенно-лесосеменные рубки, проводимые на протяжении длительного времени (от 10 до 20 лет), заметно влияют на изменение текущего прироста оставшихся до очередного приема рубки деревьев, особенно на прирост ранее угнетенного елового яруса в смешанных елово-лиственных насаждениях, где широко применяются постепенные двух- и трехприемные рубки.

В высокополнотных сосновых и дубовых насаждениях оставшийся после первого приема рубки древостой состоит из лучших по качеству и состоянию деревьев, усиление прироста которых повышает его общую продуктивность и товарную ценность. Без рубки моделей текущий прирост может быть определен несколькими способами. Наиболее точен и быстр метод высечек древесины, по которым измеряется ширина годичных слоев за последние годы.

Некоторые исследователи [3] рекомендуют брать образцы древесины (высечки) с помощью топора или стамески, но при этом дерево сильно повреждается, что может вызвать развитие стволовых гнилей. Пользоваться приростным буравом также не представляется возможным, так как бурав сминает годичные кольца древесины и искажает величину прироста [3], [5]. Кроме того, из тонкого столбика древесины, который можно взять буравом, трудно сделать хороший срез для работы под сильной лупой или микроскопом.

Учитывая это, мы использовали для взятия высечек специальный высекатель, с помощью которого можно быстро получить достаточные по размерам ненарушенные образцы древесины. Этот высекатель представляет собой остро заточенную с одной стороны трубку, утолщенную с обратной стороны. Изготавливается он из легированной нормально закаленной стали. Для работы с ним необходимо иметь стержень-толкатель, входящий в трубку высекателя, деревянный молоток-киянку и ключ (рис. 1).

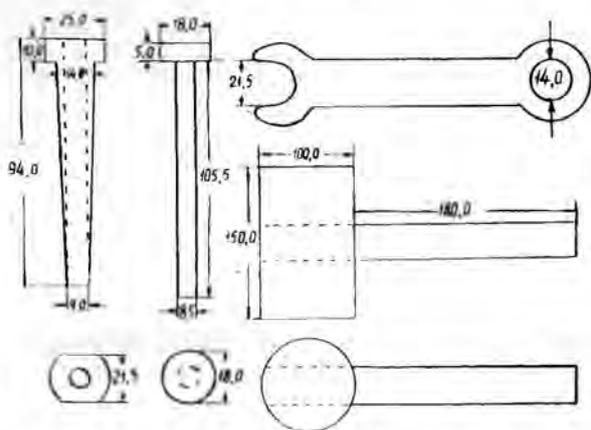


Рис. 1. Чертеж высекателя и приспособлений к нему.

1 — трубчатый высекатель; 2 — стержень-толкатель;
3 — ключ; 4 — деревянная киянка.

Порядок работы следующий. Удерживая высекатель левой рукой, приставляют его заостренным концом к стволу на необходимой высоте перпендикулярно к поверхности, одним или двумя сильными ударами киянкой забивают в ствол на глубину 2—3 см, что обеспечивает отбор образца древесины с 15—20 годичными слоями. Затем слегка поворачивают высекатель ключом, чтобы столбик древесины оторвать от основания и вынуть из ствола. Для выталкивания образца высекатель вставляют в круглое отверстие ключа и с помощью толкателя выбивают высечку киянкой. Каждую высечку следует нумеровать простым мягким карандашом. Если высечки не обрабатывают немедленно, то их необходимо хранить в спирте или денатурате. Все высечки можно хранить в одной посуде, но при этом необходимо вести ведомость учета,

в которой указывать номер высечки, породу и диаметр дерева, место взятия образца по стволу (высота и направление по странам света).

После взятия высечек обмеряют диаметр дерева в коре на высоте груди с точностью до 1 мм. Толщину коры измеряют по отверстиям в стволе после высечек. Разница между диаметром дерева в коре и удвоенной толщиной коры даст диаметр ствола без коры.

На рис. 2 показан высекатель, высечки сосны и измерительная лупа, позволяющая определить толщину годовичных слоев с точностью до 0,1 мм. Годичные слои можно измерять и с более высокой точностью (до 0,01 мм) с помощью микроскопа «МИР-12». Для работы с микроскопом необходимо делать срезы древесины поперек волокон бритвой или микротомом.

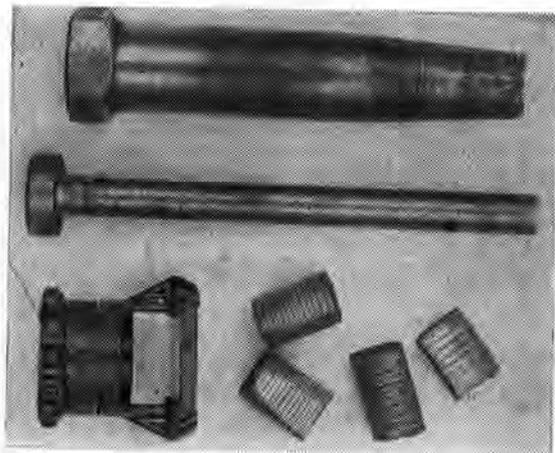


Рис. 2.

В 1965 г. в квартале 195 Кочетокского лесничества Чугуево-Бабчанского лесхоззага Харьковской области был проведен первый прием постепенной семенно-лесосечной рубки в 85-летнем дубово-ясеневом древостое. Состав первого яруса — 9Д1Яс, второго — 6Кл4Лп. Тип леса — свежая кленово-липовая дубрава (D₂). Полнота нетронутого рубкой контрольного участка 0,8, а первой секции постепенной рубки, где было вырублено 37% запаса, — 0,5.

Через 3 года после рубки на этих участках описанным методом были взяты образцы древесины с целью изучить характер и величину текущего прироста изреженного и нетронутого рубкой древостоев. Пробные деревья отбирали из всех ступеней толщины по методу пропорционального представительства. У каждого дерева на высоте 1,3 м высекали 4 образца древесины, по которым с помощью измерительной лупы определяли среднюю толщину годовичного слоя. Удвоенная толщина годовичного слоя есть величина текущего прироста стволов по диаметру.

В табл. 1 представлены данные о приросте по диаметру за 3 года после рубки на изреженном и контрольном участках. Для сравнения в последней строке таблицы приведены средние показатели прироста обследованных деревьев за 3 года до рубки. Прирост деревьев всех ступеней толщины по диаметру в изреженном древостое был выше, чем на контрольном участке, в среднем на 52%, тогда как за 3 года до рубки разница в приросте на этих участках была в пределах точности измерений (7—8%).

Таблица 1

Ступени толщины, см	Количество обмеренных деревьев, шт.	Прирост за 3 года, мм, на участках		Разница в приросте	
		изреженном	контрольном	мм	% от контроля
20	4	5,60	2,02	3,58	177
24	5	7,60	4,14	3,46	76
28	6	5,96	4,26	1,70	40
32	6	7,28	6,06	1,22	20
36	6	9,84	7,04	2,80	40
40	5	9,06	6,34	2,72	43
44	4	12,22	6,40	5,82	91
48	4	10,70	8,38	2,32	28
Среднее после рубки до рубки		8,48	5,58	2,90	52
		5,16	4,80	0,36	7

Характер изменения текущего прироста по диаметру на этих участках за последнее десятилетие представлен на рис. 3. Если до рубки прирост на обоих участках был практически одинаковым, то после изреживания на секции постепенной рубки он с первого года начал увеличиваться, а на контрольной оставался прежним.



Рис. 3. Толщина годовых слоев дуба (средняя по пробным деревьям) на участке постепенной рубки (1) и контрольном невырубаемом (2).

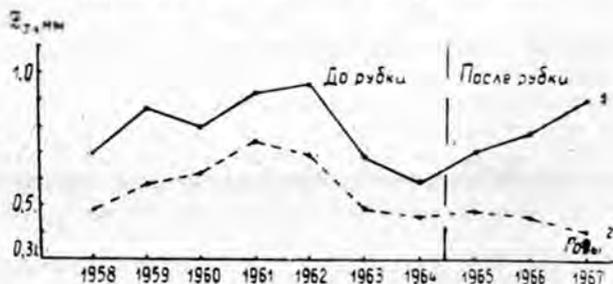


Рис. 4. Толщина годовых слоев сосны (средняя по пробным деревьям) на участке постепенной рубки (1) и контрольном невырубаемом (2).

Подобное изменение текущего прироста по диаметру отмечается и в сосновом древостое, изреженном при первом приеме постепенной

рубки. Так, на опытном участке в квартале 68 Боровеньковского лесничества Лебединского лесхоззага Сумской области (тип леса — свежая сосновая суборь В₂, возраст 90 лет), изреженном до полноты 0,6, прирост в первый же год после рубки заметно повысился, тогда как на контрольном (полнота 0,8) оставался без изменений (рис. 4).

Наивысший прирост деревьев всех ступеней толщины был в 1961 г., после чего на контрольной секции он ежегодно уменьшался до 1967 г. включительно. На изреженной зимой 1965 г. секции по всем ступеням толщины прирост резко усилился в первый год после рубки. На второй год у деревьев низших ступеней толщины он вновь сравнялся с контрольным, а у средних и выше средних еще продолжал повышаться. Если считать, что снижение прироста в 1962—1964 гг. было вызвано воздействием общих для обеих секций факторов, то усиление прироста на секции постепенной рубки в 1965—1967 гг. явилось, несомненно, результатом изреживания.

Изучение прироста деревьев указанным способом позволяет определить процент текущего прироста по запасу для всего древостоя. Для этого может быть использована формула Н. П. Анучина [1]

$$P_M = 400 \cdot \frac{\sum d_i}{\sum d_i^2},$$

где i — ширина годичного слоя на высоте 1,3 м;

d — диаметр модельного дерева без коры на высоте 1,3 м в год обмера прироста.

Зная общий запас древостоя без коры и процент текущего прироста его по запасу, можно найти абсолютный текущий прирост в м³ на 1 га. Через 3 года после рубки получены следующие данные (табл. 2).

Таблица 2

Показатели	Дуб		Сосна	
	изреженный участок	контроль	изреженный участок	контроль
Запас, м ³ /га	199,0	325,0	333,0	448,1
Процент текущего прироста .	1,64	1,12	1,06	0,62
Абсолютный прирост, м ³ /га	3,26	3,64	3,54	2,78

Несмотря на значительно меньший запас изреженных секций, абсолютный текущий прирост по запасу в среднем за 3 года в дубовом древостое почти сравнялся с приростом контрольного неизреженного участка, а в сосновом даже превысил его.

Как видим, используя предложенный метод изучения текущего прироста древостоя, можно быстро получить данные о влиянии хозяйственных мероприятий на изменение продуктивности изучаемых древостоев.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. П. Анучин. Лесная таксация. ГЛБИ, М., 1952. [2]. Н. П. Анучин. Постепенные и выборочные рубки. ВНИИЛМ, 1962. [3]. А. А. Молчанов, В. В. Смирнов. Методика изучения прироста древесных растений. Изд-во «Наука», М., 1967. [4]. А. В. Побединский. Рубки главного пользования. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1964. [5]. C. S. Walters, J. A. Bruckmann. Comparison of methods for determining volume of increment cores. J. «Forestry», 62, № 3, 1964.

УДК 634.0.2.

ВЛИЯНИЕ СЕЗОНОВ РУБКИ НА КОРНЕОТПРЫСКОВОЕ ВОЗОБНОВЛЕНИЕ ОСИНЫ И ФОРМИРОВАНИЕ МОЛОДНЯКОВ

А. М. ИЛЬИН, Н. Е. ФЕДОТОВ

Воронежский лесотехнический институт

Показано, что сезоны рубки осинников оказывают существенное влияние на их корнеотпрысковую способность. Весна (апрель, май) является лучшим сезоном рубки. Однако появление огромного числа отпрысков весной способствует значительному усилению процессов дифференциации и естественного отпада, что приводит к резкому уменьшению запаса древесины по сравнению с запасом в молодняках, рубка которых проводилась в другие календарные сроки.

Если по отношению к дубу [1] — [4], [6], [7], [12], [14] и березе [8] вопрос о влиянии сезонов рубки на порослевое возобновление нашел отражение в литературе, то корнеотпрысковому возобновлению осины не придавалось значения. Поэтому кафедрой общего лесоводства ВЛТИ, под руководством проф. О. Г. Каппера, в 1954 г. были заложены опыты по изучению корнеотпрыскового возобновления осины в зависимости от сезонов рубки.

С этой целью в квартале 38 Животиновского лесничества Учебно-опытного лесхоза ВЛТИ был подобран участок площадью 4,0 га (320×125 м). Древостой вегетативного происхождения, возраст 45 лет, средний состав 7ОсЗД, II класс бонитета, полнота 0,8. Рельеф участка ровный с незначительным уклоном на север. Почва — лесная серая свежая супесь; тип условий произрастания — В₂. В напочвенном покрове преобладали злаки, сныть, осока; в подлеске господствовали лещина и клен татарский.

Избранный участок был разбит на восемь равных частей (лесосек), площадью по 0,5 га каждая (125×40 м). До начала рубки на каждой лесосеке производили сплошной перечет, результаты которого приведены в табл. 1.

Таблица 1

Номер лесосеки	Число стволов				Состав (по сумме площадей сечений)
	осины	дуба	березы	липы	
1	304	110	24	—	7Ос2Д1Б
2	299	78	40	—	8Ос1Д1Б
3	276	132	15	10	7ОсЗД + Б,Лп
4	203	119	8	14	7ОсЗД + Б,Лп
5	239	107	9	10	7ОсЗД + Б,Лп
6	247	129	13	4	7ОсЗД + Б,Лп
7	232	97	16	33	6ОсЗД1Лп + Б
8	329	129	11	28	7ОсЗД + Б,Лп

Насаждения разных лесосек относительно близки, а осина в условиях свежих боровых почв имела намного больший диаметр, чем дуб.

Однотипность лесорастительных условий и состава насаждений давала основание предполагать, что характер корнеотпрыскового возобновления осины на всем отведенном в рубку участке будет одинаков, ибо известно, что количество отпрысков осины во многом зависит

от климатических и почвенных условий. Так, для Латвийской ССР количество 1—2-летних отпрысков может достигать 90 тыс. на 1 га [10]; в Теллермановской роще — 200 тыс. [11], в условиях Московской области [5] — более 2,6 млн. на 1 га.

В октябре 1955 г. на лесосеках, разработанных в разные календарные сроки, проведен учет числа отпрысков, результаты которого показаны в табл. 2.

Таблица 2

Номер лесосеки	Время рубки лесосек		Число отпрысков на 1 га, тыс. шт.	Число материнских особей на 1 га, шт.	Число отпрысков, шт., приходящихся на одну особь
1	Июль	1954 г.	186	608	306
2	Август	1954 г.	142	598	237
3	Сентябрь	1954 г.	138	552	250
4	Октябрь	1954 г.	126	406	310
5	Ноябрь	1954 г.	138	478	289
6	Декабрь	1954 г.	240	494	486
7	Апрель	1955 г.	420	464	905
8	Май	1955 г.	420	658	640

Из данных таблицы видно, что как число отпрысков на 1 га, так и число их, приходящееся на одну осину, сильно варьируя по лесосекам, зависит от сезонов рубки, в общем понижаясь с июля по ноябрь включительно, а затем резко возрастая с декабря по апрель — май. Но между числами материнских деревьев и появившихся от них отпрысков прямой связи нет.

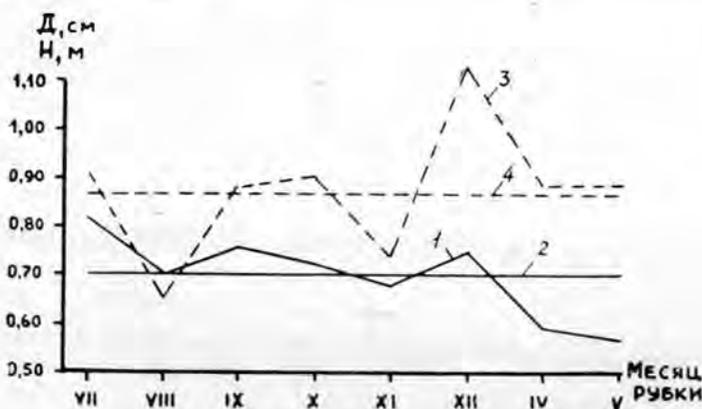


Рис. 1.

1, 2 — диаметры соответственно по лесосекам и средний для всего участка; 3, 4 — то же высоты.

Диаметры у основания и высоты, измеренные одновременно с учетом отпрысков на 5 учетных площадках (2×2 м), равномерно расположенных на каждой лесосеке, показаны на рис. 1. Из рисунка видна прямая связь между диаметрами отпрысков и их высотами, но эти показатели сильно колеблются в зависимости от времени рубки.

Как известно, в первый год после рубки у осины возникает максимальное число отпрысков; они продолжают появляться (но их уже значительно меньше) и во второй вегетационный период и даже поз-

же. Принимая это во внимание, можно сказать, что на лесосеке июльской рубки корневые отпрыски появились в основном еще в 1954 г., и успев одревеснеть, продолжали расти и в следующем вегетационном периоде до момента учета (октябрь 1955 г.), поэтому их диаметры оказались наибольшими. Часть отпрысков появилась в 1955 г. Отпрыски на лесосеках осенне-зимне-весенней рубки можно считать однолетними.

С точки зрения физиологии самым благоприятным для появления отпрысков является весенний сезон. К этому сезону в «кладовых» корневых системах накапливается наибольшее количество запасных питательных веществ. Кроме того, усиленное корневое давление, повышенная интенсивность биохимических процессов, хорошее освещение и прогреваемость почвы — дополнительные факторы, способствующие массовому пробуждению придаточных почек корневых систем после рубки полога. В осенний период рубки наблюдаются минимальные запасы питательных веществ в корневых системах и отсутствуют другие моменты, свойственные началу вегетационного периода. Изложенными причинами и объясняются различия в корнеотпрысковом возобновлении осины по сезонам рубки.

В августе 1971 г., то есть спустя 17 лет после рубки, проведен сплошной перерек деревьев, расположенных в центральной части каждой лесосеки, по односантиметровым ступеням толщины на пробных площадях размером 0,1 га (40 × 25 см). Для определения запаса осины использовали таблицы объемов маломерных стволов этой породы [9], а запас других пород определяли по массовым таблицам [15]; запасы ступеней выше 9 см — по объемным таблицам соответствующих пород [13].

Таблица 3

№ лесосеки	Число деревьев на 1 га, шт.	Запас на 1 га, м ³	Средний диаметр ствола, см	Средний объем ствола, м ³	Средняя высота растущей осины, м
1	4140	94,0	6,4	0,0227	11,6
	1330	3,4	3,0	0,0026	
2	4260	120,0	7,0	0,0212	12,3
	1130	3,3	3,1	0,0027	
3	3750	162,0	8,5	0,0432	13,5
	1240	6,8	4,0	0,0055	
4	3310	151,0	8,6	0,0456	13,6
	910	3,8	3,3	0,0042	
5	3600	137,0	8,1	0,0381	13,1
	360	1,3	3,0	0,0036	
6	3460	162,0	8,9	0,0468	13,8
	720	4,5	4,0	0,0062	
7	3170	117,0	8,0	0,0369	13,0
	1170	5,8	4,0	0,0050	
8	3300	106,0	8,0	0,0321	13,0
	1000	4,3	3,5	0,0043	

Примечание. В числителе данные для растущих деревьев; в знаменателе — для усохших.

С момента сплошной рубки до августа 1971 г. был проведен один уход в 1964 г., во время которого выбирали только усохшую (в процессе естественного отпада) осину на всех восьми лесосеках.

Результаты перече́та 1971 г. приведены в табл. 3, из данных которой видно, что за 17 лет произошел огромный естественный отпад среди особей осины на всех лесосеках, независимо от первоначального количества появившихся отпрысков и даже интенсивнее там, где их было больше.

Данные эти наглядно показывают, что запасы не находятся в прямой зависимости от первоначального количества отпрысков, на появление которых влияет сезон рубки. Наблюдается тенденция обратной связи: запасы меньше на тех лесосеках, где появилось больше отпрысков. Отсюда правомерно заключение, что появление большего или относительно меньшего количества отпрысков не дает основания для утвердительных прогнозов о продуктивности будущих молодняков. Данные о средних диаметрах и объемах стволов показывают, что естественный отпад загущенных молодняков осины идет только за счет маломерных, отставших в росте особей. Более наглядное представление об интенсивности естественного отпада за различные периоды на каждой лесосеке дают цифры, приведенные в табл. 4, из которой видно, что наибольший отпад стволиков осины происходил в первый период их жизни, о чем есть указание и в литературе [5].

Таблица 4

№ лесосеки	Отпад осины за 10 лет (до 1964 г.) по числу особей, %	Отпад осины за последние 7 лет (с 1964 г. по 1971 г.)		Состав молодняков
		по числу деревьев, %	по запасу, %	
1	97,1	24,3	3,5	10Ос, ед. Д
2	96,2	21,0	2,7	10Ос, ед. Д
3	96,4	24,8	4,0	10Ос
4	97,0	21,6	2,5	10Ос + Д
5	97,1	9,1	0,9	10Ос, ед. Б, Лп, Д
6	98,3	17,2	2,8	10Ос, ед. Лп, Д
7	99,0	27,0	4,7	10Ос, ед. Лп, Д
8	99,0	23,2	3,9	10Ос, ед. Лп, Д

Отпад растений, естественно, происходит и позже, но менее интенсивно. Так, в период с 1964 г. по 1971 г. естественный отпад составлял 20—25%, а по запасу всего 3—4%. Большая разница в интенсивности отпада по числу стволов и запасу объясняется лишь тем, что светолюбивая осина не переносит затенения и потому все отставшие в росте особи усыхают.

Состав молодняков спустя 17 лет после сплошной рубки практически одинаков. На всех лесосеках сформировались чистые осинники.

Одновременно с перече́том деревьев осины вели также перече́т деревьев других пород (табл. 5). На всех лесосеках к осине примешаны дуб, липа и в небольшом количестве береза (кроме лесосек 1 и 7). Наибольшее количество в примеси порослевой липы; она представлена тонкомерными экземплярами, расположенными в основном под пологом осины, и в силу своей теневыносливости не имеет отпада. Не исключена возможность, что сравнительно большая примесь липы на лесосеках 7 и 8 в какой-то степени оказывала влияние на интенсивный отпад отпрысков осины в первые годы. Порослевой дуб отпадал в гнездах и целыми гнездами, если он оказывался под затеняющим

№ лесосеки	Число деревьев на 1 га, шт.						Запас	
	растущих				усохших дуба	всего	расту	
	дуба	липы	березы	итого			дуба	липы
1	320	80	—	400	80	480	1,7	0,1
2	110	50	10	170	130	300	0,6	0,2
3	100	440	20	560	60	620	0,3	1,0
4	390	520	20	930	300	1230	5,6	1,1
5	150	370	40	560	30	590	1,2	1,8
6	180	360	40	580	140	720	1,2	3,1
7	200	830	—	1030	70	1100	0,6	2,6
8	160	890	10	1060	—	1060	1,2	3,9

влиянием осины. Дуб уцелел там, где он имел мощное широкое гнездо, благодаря чему выигрывал световое довольствие в конкуренции с осиней. Порослевая береза встречается в небольшом количестве и в общем пологее растет лучше дружных пород; за последние 7 лет отпада у березы не наблюдалось.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. И. Асосков. Порослевая способность наших древесных пород. Сб. «Исследования по лесоводству», Сельхозгиз, М.—Л., 1931. [2]. А. И. Асосков. Порослевая способность древесных пород в связи с круглогодичными лесозаготовками. Сб. «Лесное хозяйство и лесозаготовка», Сельхозгиз, М.—Л., 1932. [3]. И. Ф. Гриценко. Разработка способов возобновления защитных полос. Научный отчет УкрНИИЛХА за 1939 г., Харьков, 1940. [4]. И. Ф. Гриценко. Мариупольская агролесомелиоративная опытная станция и ее достижения в борьбе с засухой. Гослесбумиздат, М.—Л., 1951. [5]. И. И. Гущин. Некоторые данные о возникновении и отпаде порослевых растений осины. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1959. [6]. А. Б. Жуков. Дубравы СССР. Т. 1, Гослесбумиздат, М.—Л., 1949. [7]. О. Г. Каппер. Значение времени рубки на порослевое возобновление дуба. Труды Областной станции лесного хозяйства, т. 2, Воронеж, 1934. [8]. А. И. Куковенко. Естественное возобновление в зависимости от зимней и летней рубки лиственных насаждений в Бакопытлесхозе Нижегородского округа. Сб. «Опытно-исследовательские работы по общему лесоводству» (под ред. М. Е. Ткаченко), Сельхозгиз, М.—Л., 1931. [9]. Ф. П. Моисеенко. В. И. Мироненко, А. Ф. Котова, Е. В. Мироненко. Таблицы объемов маломерных стволов осины. Труды БелНИИЛХ, вып. 19, изд-во «Урожай», Минск, 1969. [10]. К. А. Сакс. Ранние осветления в осиновых порослях. Журн. «Лесное хозяйство» № 12, 1962. [11]. В. В. Смирнов. Вегетативное размножение осины в нагорной части Теллермановской рощи. Труды Института леса АН СССР, т. 40, вып. 2, 1959. [12]. М. К. Турский. Лесоводство, изд. 6, М., 1954. [13]. А. В. Тюрин, И. М. Науменко, П. В. Воропанов. Лесная вспомогательная книжка. Гослесбумиздат, М.—Л., 1956. [14]. Ф. Н. Харитонович. Порослевое возобновление дуба в степи. Гослесбумиздат, М.—Л., 1953. [15]. М. С. Чернобровцев. Строение молодняков Теллермановского леса и рубки ухода в них. Научные записки ВЛХИ, т. 12, Воронежское областное книжное изд-во, 1953.

Таблица 5

на 1 га, м ³		Средний диаметр ствола, см					
ших		усохших дуба	всего	растущих			усохших дуба
березы	итого			дуба	липы	березы	
—	1,8	0,3	2,1	3,3	2,0	—	2,6
0,2	4,0	0,9	1,9	4,1	3,6	8,0	4,4
0,1	1,4	0,4	1,8	3,2	2,9	3,5	4,3
0,9	7,6	1,5	9,1	5,2	3,0	8,0	3,9
2,3	5,3	0,1	5,4	4,9	3,7	9,2	4,0
0,9	5,2	0,8	6,0	4,3	4,3	6,0	1,4
—	3,2	1,2	4,4	3,1	3,1	—	6,0
0,5	5,6	—	5,6	4,6	3,6	10,0	—

Поступила 7 апреля 1972 г.

УДК 634.0.5

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПТИЧЕСКОГО ВЫСОТОМЕРА проф. Н. П. АНУЧИНА ДЛЯ ОТГРАНИЧЕНИЯ КРУГОВЫХ ПРОБНЫХ ПЛОЩАДЕЙ

Н. К. ТЕСЛЮК

ВНИИЛМ

В статье оцениваются существующие приборы и инструменты для отграничения круговых пробных площадей и предлагается новый метод отграничения и прибор — оптический отграничитель, созданный на основе оптического высотомера проф. Н. П. Анучина с целью повышения точности отграничения и автоматического введения поправок на крутизну склонов местности. Приводятся результаты практических испытаний.

Математико-статистический метод инвентаризации леса требует закладки круговых пробных площадей с высокой точностью, однако существующие приборы не всегда могут ее обеспечить и потому чаще всего пробы отграничивают с помощью шеста или шнура [1], [2]. В горной местности, кроме того, в значение площади необходимо вводить поправку на крутизну склона. С помощью предназначенных для этого приборов (реласкопа, двухкомпонентной призмы) сделать это затруднительно [3] — [5], в связи с чем возникла необходимость разработать довольно точный прибор, обеспечивающий одновременно и автоматический учет углов крутизны склонов.

При разработке такого прибора в лаборатории таксации леса ВНИИЛМ был взят за основу оптический высотомер (проф. Н. П. Анучина), которому размещением дополнительной дальномерной шкалы в поле зрения придана функция оптического отграничителя. Шкала представляет собой узкую полоску, наклеиваемую на шкалоноситель рядом со шкалой высот (рис. 1). Она состоит из двух симметричных относительно оптической оси высотомера половин, на каждой из которых нанесены штрихи с уменьшающимися к краям поля зрения графическими интервалами.

Круговые площадки отграничивают следующим образом: в центре вертикально устанавливают шест, на котором отмечают базис снятием

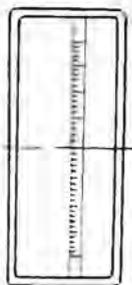


Рис. 1. Вид поля зрения с дополнительной шкалой.

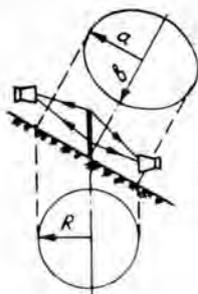


Рис. 2. Отграничение площадки на склоне.

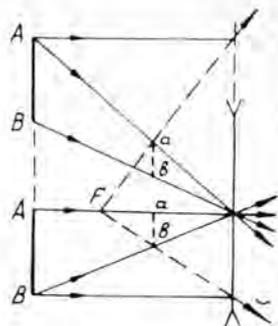


Рис. 3. Ход лучей в оптическом высотемере.

колец коры по концам. Наблюдатель, удерживая прибор горизонтально и визируя на базис (рис. 2), отходит от него до тех пор, пока изображение шеста не отсекает определенного числа делений на шкале, например, пяти. Затем он обходит площадку по периметру, периодически визируя на базис. При этом независимо от того, будет ли шест находиться относительно наблюдателя ниже или выше по склону, горизонтальное проложение от шеста (центра площадки) до шкалоносителя прибора постоянно, если изображение шеста отсекает одинаковое число делений на шкале. Таким образом, в горизонтальной проекции площадь круговой площадки будет постоянна независимо от крутизны склона местности.

Применение оптики в высотемере основывается на законе Гаусса для бесконечно тонких линз: в паре сопряженных и перпендикулярных оптической оси плоскостей (в плоскостях предмета и его изображения) линейное увеличение есть величина постоянная, независимая от перемещения предмета и изображения вдоль своих плоскостей (рис. 3). Рассматривая рисунок, можно сделать вывод, что где бы ни находился базис AB (выше или ниже по склону относительно наблюдателя), при постоянном горизонтальном радиусе отграничения изображение ab базиса также величина постоянная.

Оптике высотемера проф. Н. П. Анучина свойственны различные сферические aberrации, искажающие изображения предметов как по величине, так и по цвету. Главная из них — дисторсия. Из-за нее дальномерная шкала и получилась сбегающей к краям поля зрения. Эмпирическим путем было найдено, что в достаточном приближении шкалу можно рассчитать по уравнению арифметической прогрессии вида

$$a_n = a_1 - (n - 1)r,$$

где a_1 — графический интервал шкалы у оптической оси;

r — разность прогрессии;

n — порядковый номер интервала шкалы в порядке возрастания к обоим краям поля зрения;

a_n — последующие графические интервалы.

В табл. 1 приведены результаты расчета шкалы. Размер первого графического интервала a_1 для обеих конструкций различен в случае одинакового внешнего базиса и обеспечения допустимого отклонения прибора от горизонта при наведении на базис.

Указанная в таблице разность прогрессии r является средней, полученной выборочным изучением партии приборов на точность их

Таблица 1

Параметры	Применяемый на производстве оптический высотомер Н. П. Анучина	Таксационный прицел (улучшенная конструкция)
a_1 , мм	1,048	1,232
g , мм	0,024	0,016
n	1—20	1—20
Размеры укрупненных интервалов (по 5 делений) с убыванием к краям поля зрения, мм	5,0—4,4—3,8—3,2	6,0—5,6—5,2—4,8

изготовления. Для отдельного прибора необходимо вычерчивать 3—4 шкалы с незначительно различающейся разностью прогрессии и подбирать на стенде наиболее точную.

Испытания оптического высотомера в функции ограничителя проведены непосредственно в лесу путем измерений радиусов и ограничения различных площадок по методике ВНИИЛМ. Площадку обходили по периметру с 8-кратной проверкой радиуса. Установка высотомера по радиусу занимала 8—10 сек (прицеливание с отысканием значения радиуса, при котором базис точно вписывался в пять делений шкалы). В табл. 2 приведены результаты испытаний.

Таблица 2

Радиус, м	Базис, м (при визировании по пяти делениям)	Рекомендуемая ширина снятия колец коры по концам базиса, см	Систематическая ошибка в радиусе, %	Средняя квадратическая ошибка в радиусе, %	Время ограничения, мин
3,56	0,65	2	0	+0,6	2—3
7,96	1,45	4	0	±0,5	3—4
11,28	2,06	6	+0,1	±0,5	3,5—4,5
15,96	2,91	8	+0,1	±0,3	4—5

Из таблицы видно, что оптический ограничитель на основе высотомера проф. Н. П. Анучина дает незначительную ошибку при измерении радиуса (средняя квадратическая ошибка при визировании по пяти делениям $\pm 0,6\%$), для площади же она в два раза больше. В случае использования больших базисов (увеличения числа делений визирования) средняя квадратическая ошибка уменьшается. Величину базиса можно найти по формуле

$$B = \frac{R \cdot n}{C},$$

где B — базис, м;

R — радиус площадки, м;

n — число делений визирования на базис;

C — постоянная, получаемая опытным путем (для нашего примера 27,385).

По сравнению с обычными оптическими и диоптрическими дальномерами лесных высотомеров оптический ограничитель более точен, благодаря большему углу визирования на внешний базис. При работе на равнинной местности он не имеет преимуществ перед обычными при-

борами, однако при неровном рельефе дает заметный выигрыш во времени из-за автоматического введения поправок и устранения необходимости закладки дополнительных площадок для обеспечения одинакового процента выборки.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Лесоустройство и лесохозяйственная наука в Чехословакии (обзор). Изд. ЦБНТИлесхоз, М., 1968. [2]. Методы инвентаризации лесов во Франции (обзор). Изд. ЦБНТИлесхоз, М., 1969. [3]. Э. С. Шейнкман. Новые приборы и инструменты в лесоустройстве. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1968. [4]. J. D. Hodge. Variable plot cruising. A short-cut slope correction method. J. «Forestry», vol. 63, No 3, 1965. [5] R. H. Kendall, L. A. Sajn-Wittgenstein. A rapid method of laying out circular plots. Forestry Chron., Jg. 36, No 3, 1959.

Поступила 5 апреля 1972 г.

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 634.0.372

ГЕОМЕТРИЯ КАТКА С РИФЛЕНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

И. И. СЛЕПКО, И. Н. БЕРЕГОВОЙ

Львовский лесотехнический институт

В статье рассмотрена геометрия поверхности катка с рифлениями, которые предложили В. Д. Мартынихин и А. Г. Прохоренко.

На основании исследований пары канат двойной свивки — каток с рифлениями как червячную получены уравнения поверхности катка и линии контакта катка с канатом.

Экспериментальные исследования, проведенные А. Г. Прохоренко [7], Б. И. Добромысловым [3], В. Д. Мартынихиным [5] и др., показали, что долговечность несущих канатов двойной свивки значительно повышается при нанесении рифления в виде отпечатков прядей на ободе катков пружинных кареток. Однако до настоящего времени не рассмотрена геометрия поверхности катков с рифлением, что тормозит введение их в производство.

В настоящей работе предпринята попытка описать геометрию поверхности катка, что позволит в дальнейшем исследовать размеры обода для получения рифления, разработать геометрию резца для его нарезания, а также изучить напряженное состояние несущего каната при рифленых катках пружинных кареток, которые определяют долговечность каната [9].

Принимая во внимание, что радиус кривизны оси несущего каната под катком значительно больше диаметра каната, можно считать кривизну K оси каната равной нулю. Поверхность катка образуется методом обкатки, поэтому пару канат двойной свивки — каток с рифленой поверхностью (рис. 1) можно рассматривать как червячную, в которой канат служит червяком, а каток — червячным колесом, причем канат неподвижный, а каток участвует в двух видах движения: вращательном и поступательном.

Пряди каната представляют собой цилиндры, свитые по винтовой линии с углом подъема центра сечения $\gamma = 90^\circ - \beta$, где β — угол свивки прядей в канат с учетом деформации растяжения. Ввиду этого канат представляет собой винтовую поверхность, которую можно получить при шлифовании тороидальным кругом, сечение которого в

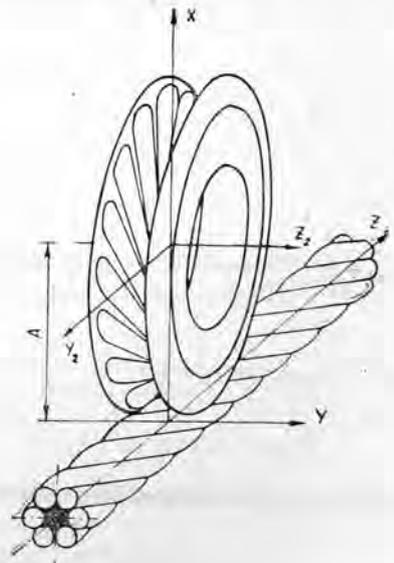


Рис. 1

осевой плоскости представляет собой дугу окружности диаметром d_1 , где d_1 — диаметр пряди с учетом поперечного сужения

$$d_1 = (1 + \varepsilon_r) d_1', \quad (1)$$

где d_1' — диаметр пряди нового каната;
 ε_r — относительное поперечное сужение пряди

$$\varepsilon_r = -\mu_n \cdot \varepsilon_n;$$

μ_n — коэффициент сужения пряди

$$\mu_n \leq 1 \quad [1];$$

ε_n — относительное удлинение пряди; для несущих шестипрядных канатов с закрепленными концами [1]

$$\varepsilon_n = \varepsilon \cdot \cos^2 \beta' + \varepsilon_r \cdot \sin^2 \beta',$$

здесь ε — относительное удлинение каната;

β' — угол свивки прядей в новом канате [8];

ε_r — относительное сужение каната, которое для шестипрядных канатов [1] равно

$$\varepsilon_r = -1,5 k \cdot \varepsilon,$$

где k — конструктивный коэффициент [2].

Поверхность каната (червяка) в подвижной системе координат $X_1 Y_1 Z_1$ выражается уравнениями

$$\left. \begin{aligned} X_1 &= R [(1 + j \cdot \sin t) \cos \Theta - j \cos \beta \cdot \cos t \cdot \sin \Theta] \\ Y_1 &= -R [(1 + j \cdot \sin t) \cdot \sin \Theta + j \cdot \cos \beta \cdot \cos t \cdot \cos \Theta] \\ Z_1 &= -R (\Theta \cdot \operatorname{ctg} \beta - j \cdot \sin \beta \cdot \cos t), \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где t и Θ — параметры поверхности;

R — радиус окружности центров прядей в сечении натянутого каната;

j — отношение, равное [6]

$$j = \frac{d_1}{2R} = 1 + \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{3}{\cos^2 \beta}}}$$

Уравнение поверхности червяка в неподвижной системе координат XYZ (рис. 2) выражается матричным равенством

$$\bar{r}_s = M_{s1} \cdot \bar{r}_1 \quad (3)$$

где r_s и r_1 — столбцы радиусов-векторов точки поверхности червяка в системах XYZ и $X_1 Y_1 Z_1$;

M_{s1} — матрица перехода от $X_1 Y_1 Z_1$ к XYZ и согласно рис. 2.

$$M_{s1} = \left\| \begin{array}{cccc} \cos \varphi_1 & -\sin \varphi_1 & 0 & 0 \\ \sin \varphi_1 & \cos \varphi_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right\| \quad (3a)$$

φ_1 — угол поворота червяка вокруг оси Z_1 при зацеплении с колесом.

Уравнения поверхности червяка в неподвижной системе координат примут вид

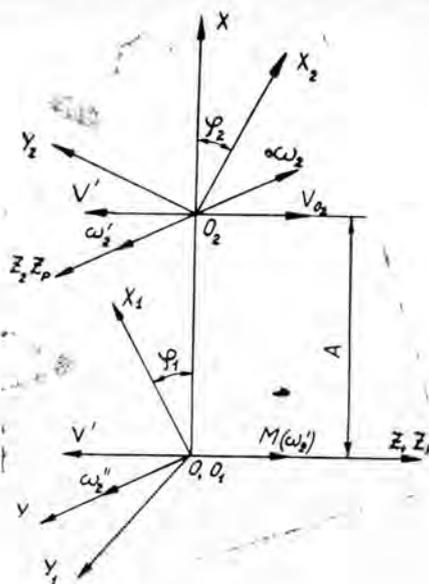


Рис. 2.

$$\left. \begin{aligned} X_1 &= R[(1 + j \sin t) \cos (\Theta - \varphi_1) - j \cos \beta \cdot \cos t \cdot \sin (\Theta - \varphi_1)] \\ Y_1 &= -R[(1 + j \sin t) \sin (\Theta - \varphi_1) + j \cos \beta \cdot \cos t \cdot \cos (\Theta - \varphi_1)] \\ Z_1 &= -R(\Theta \cdot \operatorname{ctg} \beta - j \cdot \sin \beta \cdot \cos t). \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Поверхность колеса является огибающей семейства поверхностей каната в относительном движении. В точке касания взаимноогibaемых поверхностей должно соблюдаться условие, что вектор скорости \bar{V} относительного движения и вектор нормали \bar{n} к поверхности в точке контакта взаимно перпендикулярны и скалярное произведение их равно нулю, то есть

$$\bar{V} \cdot \bar{n} = 0. \quad (5)$$

На основании этого линия контакта поверхностей колеса и каната определяется уравнениями поверхности червяка (4) и зацепления (5), то есть

$$\left. \begin{aligned} r_s &= r_1(t, \Theta, \varphi_1) \\ \bar{V} \cdot \bar{n} &= \bar{V} \cdot \bar{e} = 0, \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

где \bar{e} — единичный вектор нормали.

В неподвижной системе координат XYZ скалярное произведение (5) примет вид

$$V^{12} \cdot e = V_x^{12} \cdot e_x + V_y^{12} \cdot e_y + V_z^{12} \cdot e_z = 0, \quad (7)$$

где $V_x; V_y; V_z$ — проекции вектора скорости движения каната по отношению к колесу.

При движении колеса по канату канат остается неподвижным, а колесо вращается с угловой скоростью ω_2 вокруг оси Z_2 , и центр O_2 перемещается с линейной скоростью V_{O_2} (рис. 2). Так как качение колеса по канату происходит без скольжения, то скорость

$$V_{O_2} = \omega_2 \cdot R_n, \quad (8)$$

где R_n — радиус начальной окружности колеса.

Для определения относительной скорости V^{12} каната по отношению к колесу придадим всей системе поступательное движение в плоскости $y = 0$ с линейной скоростью $V' = -V_{O_2}$ и вращательное движение вокруг оси Z_2 с угловой скоростью $\omega_2' = -\omega_2$. Приведем вектор ω_2 к точке O_1 , заменив его вектором ω_2' и вектором-моментом $M(\omega_2')$. Вектор относительной скорости произвольной точки каната выражается уравнением

$$\bar{V}^{12} = \bar{\omega}' \cdot \bar{r}_1 + \bar{\omega}' \cdot \bar{r}_1' + p \bar{\omega}, \quad (9)$$

где \bar{r}_1 — радиус-вектор текущей точки каната в системе XYZ ;

\bar{r}_1' — радиус-вектор точки O_2 приложения вектора ω_2' в той же системе координат.

Координаты точки O_2 :

$$r_x' = A; \quad r_y' = r_z' = 0;$$

где A — межцентровое расстояние между осями каната и катка

$$A = r_n + R_n = r_n (1 + i_{12} \cdot \text{ctg } \beta), \quad (10)$$

здесь i_{12} — передаточное число

$$i_{12} = \frac{z_2}{z_1};$$

z_2 — число зубьев колеса;

z_1 — количество прядей в канате, равное 6;

p — периметр винта

$$p = R \cdot \text{ctg } \beta.$$

Из построений (рис. 2) следует:

$$\omega_x = \omega_z = 0; \quad \omega_{y_1} = \omega_2;$$

$$\dot{\omega}_x = \dot{\omega}_z = 0; \quad \dot{\omega}_y = \dot{\omega}_2;$$

$$V_{O_x} = V_{O_y} = 0; \quad V_{O_z} = -\omega_2 R_n.$$

Проекция вектора скорости относительного движения определяются выражениями [4]

$$\left. \begin{aligned} V_x^{12} &= \omega_2 \cdot z \\ V_y^{12} &= 0 \\ V_z^{12} &= -\omega_2 (x - A_n + R_n) = -\omega_2 (x - r_n). \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

Уравнение зацепления (5) примет вид

$$e_x \cdot z - e_z (x - r_n) = 0. \quad (12)$$

Единичный вектор нормали в системе $X_1 Y_1 Z_1$

$$\bar{e}_1 = K \cdot \bar{n}_1. \quad (13)$$

где K — нормирующий множитель;

n_1 — вектор нормали в системе $X_1 Y_1 Z_1$.

Производя преобразования и соответствующие вычисления, получим

$$\left. \begin{aligned} e_{x_1} &= -\sin t \cdot \cos \Theta + \cos \beta \cdot \cos t \cdot \sin \Theta \\ e_{y_1} &= \sin t \cdot \sin \Theta + \cos \beta \cdot \cos t \cdot \cos \Theta \\ e_{z_1} &= -\sin \beta \cdot \cos t. \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

Орт нормали поверхности каната в неподвижной системе координат выразится уравнением

$$e = L_{s_1} \cdot e_1, \quad (15)$$

где e и e_1 — столбцы ортов нормалей;

L_{s_1} — матрица перехода для проекций вектора от $X_1Y_1Z_1$ к XYZ ; ее можно получить из матрицы M_{s_1} (3), если зачеркнуть в ней последнюю строку и столбец.

Выражения проекций единичного вектора нормали в системе XYZ примут вид

$$\left. \begin{aligned} e_x &= -\sin t \cdot \cos (\Theta - \varphi_1) + \cos \beta \cdot \cos t \cdot \sin (\Theta - \varphi_1) \\ e_y &= \sin t \cdot \sin (\Theta - \varphi_1) + \cos \beta \cdot \cos t \cdot \cos (\Theta - \varphi_1) \\ e_z &= -\sin \beta \cdot \cos t. \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

Используя выражения (4), (12), (16), получим уравнение связи между параметрами t , Θ и φ_1 для точек контактной линии

$$\operatorname{tg} t = \left[\frac{1}{\cos (\Theta - \varphi_1)} - 1 \right] \frac{\sin \beta}{\Theta \operatorname{ctg} \beta} + \cos \beta \cdot \operatorname{tg} (\Theta - \varphi_1). \quad (17)$$

Вводя обозначение $\Theta - \varphi_1 = \psi$, получим уравнение линии контакта такого вида

$$\left. \begin{aligned} X &= R [(1 + j \cdot \sin t) \cos \psi - j \cdot \cos \beta \cdot \cos t \cdot \sin \psi] \\ Y &= -R [(1 + j \cdot \sin t) \cdot \sin \psi + j \cdot \cos \beta \cdot \cos t \cdot \cos \psi] \\ Z &= -R [(\psi + \varphi_1) \operatorname{ctg} \beta - j \cdot \sin \beta \cdot \cos t], \\ \operatorname{tg} t &= \left(\frac{1}{\cos \psi} - 1 \right) \frac{\sin \beta}{(\psi + \varphi_1) \operatorname{ctg} \beta} + \cos \beta \cdot \operatorname{tg} \psi. \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

Поверхность зубьев обода катка представляет собой геометрическое место линий контакта, то есть уравнение поверхности катка получаем при переходе от системы XYZ к системе $X_2Y_2Z_2$ (рис. 2). Этот переход основывается на такой записи:

$$\bar{r}_2 = M_{2p} \cdot M_{ps} \cdot \bar{r}_s, \quad (19)$$

где \bar{r}_2 и \bar{r}_s — столбцы радиусов-векторов точки в системах $X_2Y_2Z_2$ и XYZ ;

M_{2p} — матрица перехода от $X_pY_pZ_p$ к $X_2Y_2Z_2$;

M_{ps} — матрица перехода от XYZ к $X_pY_pZ_p$.

На основании рис. 2 матрицы перехода можно записать в таком виде:

$$M_{2p} = \left\| \begin{array}{cccc} 1 & 0 & 0 & -A \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right\|; \quad M_{ps} = \left\| \begin{array}{cccc} \cos \varphi_2 & -\sin \varphi_2 & 0 & 0 \\ \sin \varphi_2 & \cos \varphi_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right\| \quad (19a)$$

Находя произведение матриц и учитывая, что $\varphi_2 = i_{21} \cdot \varphi_1$, выражение (19) получим в следующем виде:

$$\left. \begin{aligned}
 X_2 &= R [(1 + j \cdot \sin t) \cos \psi - j \cos \beta \cdot \cos t \cdot \sin \psi - (1 + \\
 &+ i_{12} \cdot \operatorname{ctg} \beta)] \cdot \cos i_{21} \varphi_1 - [(\psi + \varphi_1) \operatorname{ctg} \beta - j \cdot \sin \beta \cdot \cos t] \cdot \sin i_{21} \varphi_1 \\
 Y_2 &= R [(1 + j \cdot \sin t) \cdot \cos \psi - j \cos \beta \cdot \cos t \cdot \sin \psi - (1 + \\
 &+ i_{12} \cdot \operatorname{ctg} \beta)] \cdot \sin i_{21} \varphi_1 + [(\psi + \varphi_1) \operatorname{ctg} \beta - j \sin \beta \cdot \cos t] \cdot \cos i_{21} \varphi_1 \\
 Z_2 &= -R [(1 + j \sin t) \sin \psi + j \cos \beta \cdot \cos t \cdot \cos \psi], \\
 \operatorname{tg} t &= \left(\frac{1}{\cos \psi} - 1 \right) \frac{\sin \beta}{(\psi + \varphi_1) \operatorname{ctg} \beta} + \cos \beta \cdot \operatorname{tg} \psi
 \end{aligned} \right\} (20)$$

Выводы

Получено уравнение (20) поверхности обода катка с рифлением, что позволяет разработать геометрию резца-летучки для нарезания.

Решение данной задачи позволяет подойти к определению величины контактных напряжений и напряжений вторичного изгиба, возникающих в проволоках каната, то есть исследовать напряженное состояние несущего каната при соприкосновении его с катком, имеющим рифленую поверхность.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. М. Ф. Глушко. Стальные подъемные канаты. Изд-во «Техника», Киев, 1966.
 [2]. Н. К. Гончаренко. Экспериментальное определение конструктивного коэффициента канатов. Сб. «Многоканатный подъем», Углетехиздат, М., 1958. [3]. Б. И. Добрыслов. Ходовые колеса кареток канатных дорог с рифленным желобом. Реферативная информация «Лесозэксплуатация и лесосплав» № 25, ЦНИИТЭИЛеспром, М., 1968. [4]. Ф. Л. Литвинов. Теория зубчатых зацеплений. Физматгиз, М., 1960.
 [5]. В. Д. Мартынихин. Увеличение срока службы канатов. Журн. «Лесная промышленность» № 4, 1968. [6]. П. П. Нестеров. Основы конструирования шахтных подъемных канатов. Углетехиздат, М., 1949. [7]. А. Г. Прохоренко. Исследования работы канатов лесотранспортных подвесных установок и канатно-рельсовых дорог. Кандидатская диссертация ЛОЛПИ, Львов, 1968. [8]. И. И. Слепко. Определение минимальных углов свивки для шестипрядных канатов. Сб. «Лесная, бумажная и деревообрабатывающая промышленность», вып. 7, изд-во «Будівельник», Киев, 1970. [9]. И. И. Слепко. Исследование напряженного состояния проволоки несущего каната. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 6, 1970.

Поступила 4 августа 1971 г.

УДК 634.0.5

ВЕС КРОНЫ ДЕРЕВЬЕВ ОСНОВНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПОРОД СЕВЕРА

Л. В. КОРОТЯЕВ, А. В. РОСТОВЦЕВ

Архангельский лесотехнический институт

В статье приводятся корреляционные уравнения и графики зависимости веса кроны ели, сосны и березы от объема хлыста, полученные экспериментально. Сведения о весе кроны деревьев необходимы и рекомендуются для расчета производительности и потребного количества машин на трелевке, погрузке и вывозке деревьев и для решения проблемы использования лесосечных отходов.

Для решения проблемы комплексного использования древесного сырья, значительную долю которого составляют лесосечные отходы (сучья, ветви, хвоя или листья и неликвидная тонкая вершинка ствола), а также для нормирования работ по трелевке, погрузке и вывозке деревьев требуется знать общий вес кроны для всех промышленных древесных пород. Основными древесными породами, заготавливаемыми в лесах Европейского Севера, являются, как известно, ель, сосна и бере-

за. В литературе имеются сведения только о весе кроны ели в зависимости от диаметра и объема хлыста [1]. Поэтому мы сочли необходимым дополнить эти сведения данными о весе кроны сосны и березы в функции объема хлыста $q_{хл}$. С этой целью нами проведены экспериментальные работы*. Методика проведения опытов изложена нами ранее [2]. Данные о количестве наблюдений, или числе обработанных деревьев n , а также фактические средние арифметические значения веса кроны в килограммах $G_{кр}$ и в процентах от веса хлыста без коры ($p_{крл}$) приведены в табл. 1.

Таблица 1

Ель				Сосна				Береза, лето			
$q_{хл}$, м ³	n , шт.	$G_{кр}$, кг	$p_{крл}$, %	$q_{хл}$, м ³	n , шт.	$G_{кр}$, кг	$p_{крл}$, %	$q_{хл}$, м ³	n , шт.	$G_{кр}$, кг	$p_{крл}$, %
0,13	16	27	28	0,42	12	51	17	0,07	1	38	64
0,16	22	58	50	0,43	1	74	21	0,14	1	40	34
0,17	36	38	31	0,52	16	59	16	0,18	1	48	32
0,19	29	53	43	0,53	6	98	25	0,22	1	50	25
0,21	46	75	50	0,61	13	95	22	0,25	9	51	23
0,22	21	51	32	0,62	9	97	22	0,40	2	63	19
0,23	28	55	33	0,66	7	68	15				
0,24	20	82	49	0,69	8	125	26				
0,25	17	81	44	0,71	6	78	17	Σ	15		
0,28	23	51	29	0,76	7	109	20				
0,29	48	60	32	0,79	9	90	17				
0,30	25	57	29	0,80	11	106	20				
0,33	34	79	38	0,85	10	120	20				
0,36	21	80	35	0,90	14	96	16				
				1,00	5	153	19				
				1,03	8	79	12				
				1,04	10	78	12				
				1,06	6	157	22				
				1,24	4	146	15				
Σ	500				Σ	162					

Таблица 2

Порода дерева	r	m_r	$\frac{r}{m_r}$	η	m_η	$\frac{r}{m_\eta}$	$\pm\sigma$	Уравнение связи
$G_{кр} = f(q_{хл})$								
Ель . .	+0,638	0,030	21	0,785	0,020	40	13 кгГ 12 кгГ	$G_{кр} = 268q_{хл} - 61,5q_{хл}^2$ $G_{кр} = 6 + 232q_{хл}$ [1]
Сосна .	+0,543	0,055	10	0,620	0,048	13	22 кгГ 21 кгГ	$G_{кр} = 139q_{хл} - 21,6q_{хл}^2$ $G_{кр} = 21 + 94q_{хл}$
Береза .	+0,946	0,026	37	0,983	0,008	128	0,8 кгГ	$G_{кр} = 32 + 78q_{хл}$
$p_{крл} = f(q_{хл})$								
Ель . .	-0,191	0,049	4	0,650	0,030	22	8,0%	$p_{крл} = 36 + \frac{0,94}{q_{хл}}$ [1]
Сосна .	-0,354	0,069	5	0,608	0,050	12	3,7%	$p_{крл} = 14,7 + \frac{2,65}{q_{хл}}$
Береза .	-0,695	0,132	5	1,000	0,000	∞	0,9%	$p_{крл} = 8 + \frac{4}{q_{хл}}$

* Попутно сделаны наблюдения и для ели.

Материалы наблюдений обработаны методами вариационной статистики. Полученные статистические показатели исследованных зависимостей (коэффициент корреляции r , его ошибка m_r и достоверность $\frac{r}{m_r}$, корреляционное отношение η с его ошибкой m_η и достоверностью $\frac{\eta}{m_\eta}$, а также среднее квадратическое отклонение σ) приведены в табл. 2. Они свидетельствуют о существовании корреляционной связи между весом кроны и объемом хлыста.

Зависимость веса кроны дерева $G_{кр}$ от объема хлыста положительна и в пределах наших опытов почти с одинаковой точностью выражается уравнением квадратной параболы, выходящей из начала координат, и линейными уравнениями с постоянным коэффициентом и без него*. Наиболее приемлемо линейное уравнение с постоянным членом, так как оно взаимно увязывается с уравнением связи $\rho_{кр,л} = f(q_{хл})$ и правильнее выражает характер обеих исследуемых зависимостей в целом. Наличие постоянного коэффициента уравнения обусловлено включением тонкой неликвидной верхинки в вес кроны дерева. В больших пределах изменения объема хлыста связь $G_{кр} = f(q_{хл})$, по-видимому, лучше будет описываться уравнением кривой.

Связь между весом кроны (в процентах от веса хлыста без коры) и объемом хлыста отрицательна и имеет гиперболический характер.

Опытные уравнения выявленных связей приведены в табл. 2, а графики связей — на рис. 1 и 2. Вес, соответствующий каждой точке на графиках, приведен в табл. 1. Коэффициенты уравнений найдены способом наименьших квадратов. Средняя ошибка линейных уравнений

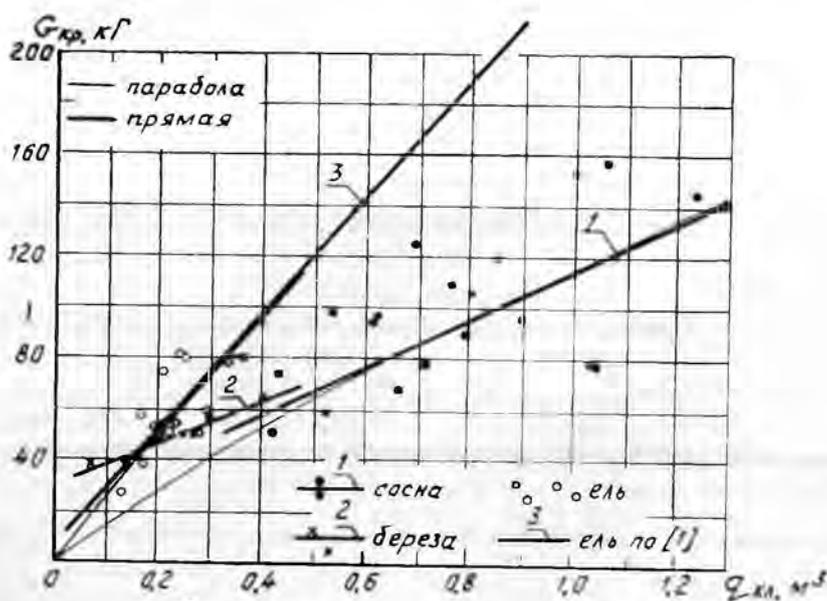


Рис. 1.

* Линейное уравнение связи $G_{кр} = f(q_{хл})$ без постоянного коэффициента для ели: $G_{кр} = 250 q_{хл}$, для сосны: $G_{кр} = 122 q_{хл}$.

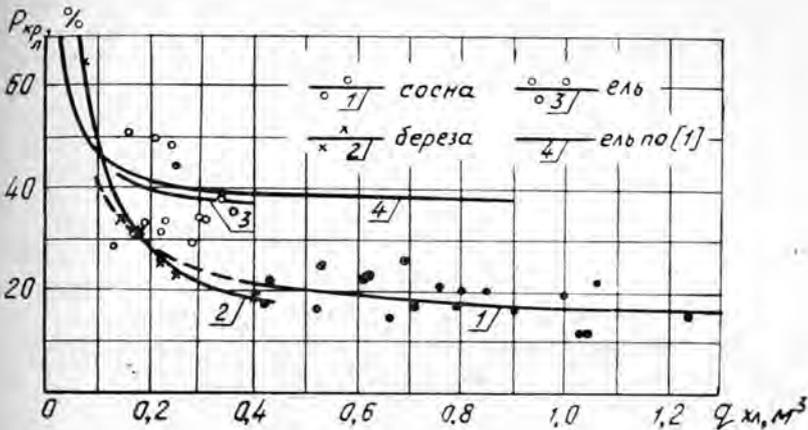


Рис. 2.

для ели ± 9 кг, для сосны ± 17 кг и для березы $\pm 0,2$ кг. Погрешность уравнений кривых определяется величиной σ .

Для ели, ввиду малого диапазона объема обмеренных хлыстов ($0,13-0,36$ м³), полученные линейное и гиперболическое уравнения связей в табл. 2 не приведены*. Вместо них даны уравнения прямой и гиперболы по данным работы [1]. При этом коэффициенты уравнения связи $p_{кр} = f(q_{хл})$ пересчитаны по переходной формуле

$$P_{крл} = \frac{P_{кр}}{1 - 0,01 p_{кр}}$$

где $p_{кр}$ и $p_{к}$ — соответственно вес кроны и коры в процентах от веса неокоренного хлыста.

По тем же данным [1] на рисунках представлены графики связей $G_{кр} = f(q_{хл})$ и $p_{крл} = f(q_{хл})$ для ели. Они, как видно, проходят серединой роя точек и при объеме хлыста $0,2-0,3$ м³ мало отклоняются от построенных по материалам настоящих исследований. Расхождение для $q_{хл} = 0,25$ м³ составляет 5%, то есть не выходит за пределы точности опытов.

Из уравнений и графиков связей видно, что с увеличением объема хлыста вес кроны $G_{кр}$ для деревьев всех пород в исследованных пределах линейно возрастает, а относительный вес кроны $p_{крл}$ гиперболически снижается. Для одинакового объема хлыста вес кроны у ели примерно в два раза больше, чем у сосны.

Результаты исследований могут быть использованы при расчете нагрузки на рейс, производительности и потребного количества трелевочных, погрузочных и лесотранспортных машин при вывозке деревьев, а также для определения массы кроны, поступающей на нижний склад с целью промышленной переработки. Предлагается вес кроны дерева среднего размера в расчетах принимать по графикам (рис. 1, 2) или подсчитывать по уравнениям связи (табл. 2). При этом следует учитывать отпад сучьев.

* Уравнение связи $p_{крл} = f(q_{хл})$ для ели, полученное нами, имеет вид: $p_{крл} = 33,2 - 1,2 \cdot q_{хл}$

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Л. В. Коротяев. Вес кроны еловых деревьев в лесонасаждениях Северного ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1959. [2]. Л. В. Коротяев, А. В. Ростовцев. Количество лесосечных отходов и распределение их по местам образования. Труды АЛТИ, вып. XX, 1968.

Поступила 29 мая 1972 г

УДК 634.0377.7

СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УКЛОНОВ МИКРОПРОФИЛЕЙ ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ И СОПРОТИВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЮ ЛЕСОВОЗНОГО ТРАНСПОРТА

С. Г. КОСТОГРЫЗ

Хмельницкий технологический институт

И. П. КОВТУН

Львовский лесотехнический институт

В статье изложен метод определения статистических характеристик уклонов микропрофилей лесовозных дорог (корреляционных функций и спектральных плотностей) по статистическим характеристикам высот неровностей микропрофилей дорог. Рассмотрен один из возможных вариантов применения этого метода для расчета статистических характеристик переменной составляющей силы сопротивления движению лесовозной машины, которая обусловлена наличием переменного уклона микропрофиля лесовозных дорог.

В общем случае сила сопротивления движению колеса лесовозной машины зависит от вертикальной реакции дороги R , удельного сопротивления движению f_c и уклона дороги i , то есть

$$F = f(R, f_c, i). \quad (1)$$

Линеаризуя эту функцию путем разложения в ряд Маклорена и отбрасывая члены второго порядка малости, получим

$$F = F_0 + \frac{\partial F}{\partial R} \cdot \Delta R + \frac{\partial F}{\partial f_c} \cdot \Delta f_c + \frac{\partial F}{\partial i} \Delta i, \quad (2)$$

где

$$\frac{\partial F}{\partial R} = f_{c0}; \quad \frac{\partial F}{\partial f_c} = R_0; \quad \frac{\partial F}{\partial i} = R_0;$$

F_0 — средние (установившиеся) значения удельного сопротивления движению, вертикальной реакции дороги и силы сопротивления движению;

ΔR ; Δf_c и Δi — соответственно переменные составляющие реакции дороги, удельного сопротивления движению и уклона дороги; $\Delta i = i - i_0$ есть разность текущего и установившегося (среднего) значений уклона дороги под колесом.

Таким образом, выражение для переменной составляющей силы сопротивления движению колеса лесотранспортной машины имеет вид

$$\Delta F(t) = f_{c0} \Delta R(t) + R_0 \Delta f_c(t) + R_0 \Delta i(t). \quad (3)$$

В реальных условиях движения величины ΔR , Δf_c , Δi , а следовательно и ΔF — случайные функции времени и в каждом конкретном случае могут иметь вполне определенные реализации. Поэтому для анализа сопротивления движению лесотранспортных машин целесообразно использовать методы статистической динамики. Однако применению этих методов в области тяговых расчетов на лесотранспорте препятствует отсутствие экспериментальных данных по статистическим характеристикам уклонов микропрофилей лесовозных дорог, а также методики их определения.

Третье слагаемое выражения (3) — переменная составляющая силы сопротивления движению, обусловленная отклонениями уклона микропрофиля дороги Δi от установившегося значения i_0

$$\Delta F_3(t) = R_0 \Delta i(t) = R_0 [i(t) - i_0]. \quad (4)$$

Отклонения уклона дороги от установившегося значения связаны с наличием неровностей микропрофиля дороги. Для того чтобы получить статистические характеристики силы сопротивления движению, которыми являются во временной области корреляционная функция $R_{F_3}(\tau)$, а в частотной спектральная плотность $S_{F_3}(\omega)$, необходимо иметь статистические характеристики уклона микропрофиля дороги $R_i(\tau)$ и $S_i(\omega)$. Действительно, для одного колеса справедливо соотношение

$$S_{F_3}(\omega) = R_0^2 \cdot S_{\Delta i}(\omega). \quad (5)$$

Спектральная плотность суммарной силы сопротивления движению машины от изменения уклона с учетом времени запаздывания воздействия неровностей на задние колеса по отношению к передним

$$S_{F_3}(\omega) = \left[\left(\sum_{j=1}^{2n} R_{0j} \cos \omega \tau_j \right)^2 + \left(\sum_{j=1}^{2n} R_{0j} \sin \omega \tau_j \right)^2 \right] S_{\Delta i}(\omega), \quad (6)$$

где n — количество колес по одному борту машины;

R_{0j} — установившееся значение вертикальной реакции дороги на j -тое колесо;

$$\tau_j = \frac{l - l_j}{v};$$

l — продольная база машины;

l_j — расстояние между осями j -того и заднего колес;

v — скорость движения машины.

Спектральная плотность уклона микропрофиля дороги может быть получена путем преобразования Фурье соответствующей корреляционной функции [1]. Следовательно, решение задачи о статистических характеристиках уклона предполагает в первую очередь определение его корреляционной функции.

Определение этой функции известными методами [3] практически неосуществимо. Действительно, пока еще не созданы приборы, позволяющие с необходимой точностью записывать текущие значения уклонов микропрофилей дорог. В то же время очень хорошо отработана методика определения корреляционных функций высот неровностей микропрофилей лесовозных дорог и дорог общего назначения [3]. Поэтому напрашивается вопрос, нельзя ли для нахождения корреляционной функции уклона использовать корреляционные функции высот неровностей микропрофиля дороги.

Если задана функция изменения высот неровностей по длине дороги $y(l)$ или по времени $y(t)$, то текущее значение уклона

$$i(l) = \frac{dy(l)}{dl}; \quad i(t) = \frac{1}{v} \frac{dy(t)}{dt}, \quad (7)$$

а соответствующая корреляционная функция уклона

$$R_i(\tau) = \frac{1}{v} R_{\frac{dy}{dt}}(\tau). \quad (8)$$

Известно [1], [2], что корреляционная функция производной случайного процесса равна взятой с обратным знаком второй производной его корреляционной функции

$$R_{\frac{dy}{dt}}(\tau) = -\ddot{R}_y(\tau). \quad (9)$$

Поскольку уклон — производная от функции высот неровностей микропрофиля дороги, то соотношение между корреляционными функциями уклона и высот неровностей микропрофиля дороги имеет вид

$$R_i(\tau) = -\frac{1}{v^2} \ddot{R}_y(\tau). \quad (10)$$

В общем случае корреляционные функции высот неровностей дорог аппроксимируются полиномом [3]

$$R_y(\tau) = R(0) \left(\sum_{j=1}^n a_j e^{-\alpha_j |\tau|} \sin \beta_j \tau + \sum_{j=n+1}^m a_j e^{-\alpha_j |\tau|} \cos \beta_j \tau \right), \quad (11)$$

где $R(0)$ — дисперсия высот неровностей микропрофиля;
 α_j, β_j — коэффициенты корреляционной связи;
 m — общее число членов полинома;
 n — число членов с синусами;
 a_j — константа.

Применяя к этой зависимости выражение [10], получим формулу для корреляционной функции уклона микропрофиля дороги

$$R_i(\tau) = \frac{R(0)}{v^2} \left\{ \sum_{j=1}^n a_j [(\alpha_j^2 - \beta_j^2) \sin \beta_j \tau + 2\alpha_j \beta_j \cos \beta_j \tau] e^{-\alpha_j |\tau|} + \sum_{j=n+1}^m a_j [(\alpha_j^2 - \beta_j^2) \cos \beta_j \tau + 2\alpha_j \beta_j \sin \beta_j \tau] e^{-\alpha_j |\tau|} \right\}. \quad (12)$$

Для получения энергетического спектра уклона микропрофиля достаточно взять интеграл Фурье [3] от его корреляционной функции. В результате получим

$$S_i(\omega) = \frac{2R(0)}{v^2} \left\{ \sum_{j=1}^n \frac{a_j (3\alpha_j^2 \beta_j - \beta_j^3) \cdot (\alpha_j^2 + \beta_j^2 + \omega^2)^2}{\omega^4 + 2(\alpha_j^2 - \beta_j^2) \omega^2 + (\alpha_j^2 + \beta_j^2)^2} + \sum_{j=n+1}^m a_j \frac{(\alpha_j^2 + \beta_j^2) \cdot (\alpha_j^2 + \beta_j^2 + \omega^2)}{\omega^4 + 2(\alpha_j^2 - \beta_j^2) \omega^2 + (\alpha_j^2 + \beta_j^2)^2} \right\}. \quad (13)$$

В частных случаях, при экспоненциально синусной или экспоненциально косинусной аппроксимации корреляционной функции высот

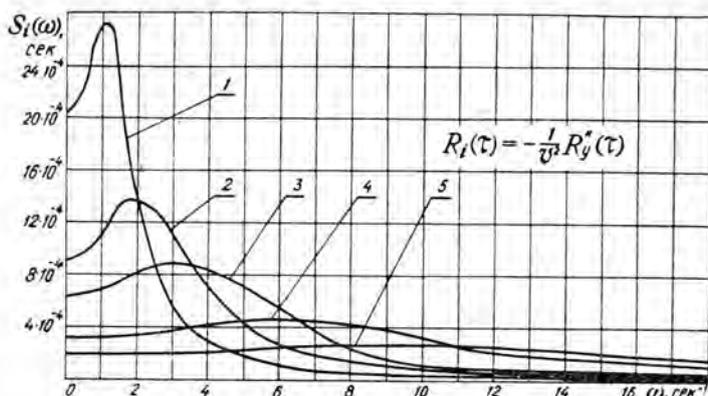


Рис. 1.

1 — 1 м/сек; 2 — 2 м/сек; 3 — 3 м/сек; 4 — 6 м/сек; 5 — 10 м/сек.

неровностей дорог, соответствующие корреляционные функции и спектральные плотности уклонов могут быть легко получены на основании общих выражений (11) и (13). Из-за небольшого объема статьи эти частные случаи здесь не рассмотрены.

На рис. 1 представлены графики спектральной плотности уклонов микропрофиля лесовозной грунтовой ветки с разбитой проезжей частью для пяти значений скорости движения. Корреляционная функция высот неровностей микропрофиля этой ветки аппроксимирована зависимостью

$$R_y(\tau) = 15,33 (0,33 e^{-0,13|\tau|} + 0,67 e^{-0,93|\tau|} \cos 1,12\tau). \quad (14)$$

Эти графики дают наглядное представление о характере спектральной плотности уклона микропрофиля дороги на различных частотах. Энергетический спектр уклона зависит только от микропрофиля дороги и скорости движения машины, как и энергетический спектр высот неровностей. Поэтому им можно пользоваться для расчета статистических характеристик сопротивления движению, обусловленного изменением уклона микропрофиля дороги, для любой машины (лесовозного автомобиля, трелевочного трактора и т. д.). Такими характеристиками могут быть спектральная плотность, дисперсия и среднее квадратическое отклонение силы сопротивления движению.

На рис. 2 изображены спектральные плотности составляющей силы сопротивления движению лесовозного автомобиля ЗИЛ-130, рассчитанные по изложенной методике для случаев движения с полной нагрузкой, описываемого корреляционной функцией (14). Они дают возможность легко определить спектральный состав переменной составляющей силы сопротивления движению для различных скоростей, а также ее дисперсию и среднее квадратическое отклонение [3], [1]. В нашем примере среднее квадратическое отклонение переменной составляющей силы сопротивления движению автомобиля ЗИЛ-130, обусловленное изменением уклона микропрофиля дороги, составляет 245 кг.

Изложенная методика позволяет определять статистические характеристики уклонов микропрофилей лесовозных дорог и трелевочных волоков по известным статистическим характеристикам высот неровностей; выполнять статистический анализ переменной составляющей сопротивления движению лесотранспортной машины, обусловленной изменением уклона микропрофиля дороги. Она применима и для стати-

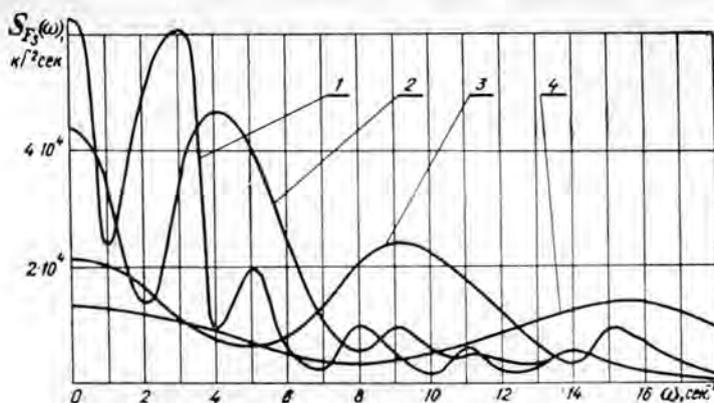


Рис. 2.

1 — 2 м/сек; 2 — 3 м/сек; 3 — 6 м/сек; 4 — 10 м/сек.

стического анализа уклонов продольных профилей трасс проектируемых лесовозных дорог по корреляционным функциям черных отметок.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Дж. Бендат. Основы теории случайных шумов и ее применение. Изд-во «Наука», М., 1965. [2]. А. А. Зиновьев, Л. И. Филиппов. Введение в теорию сигналов и цепей. Изд-во «Высшая школа», М., 1968. [3]. А. А. Силаев. Спектральная теория подрессоривания транспортных машин. Машгиз, М., 1963.

Поступила 20 марта 1972 г.

УДК 674.023.1

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ТЕОРИИ ОКОРКИ ДРЕВЕСИНЫ В КОРООБДИРОЧНЫХ БАРАБАНАХ

В. Я. МАТЮНИН, Ф. И. КОПЕРИН

ЦНИИМЭ

Дан теоретический анализ процесса окорки древесины в корообдирочных барабанах. Установлено влияние диаметра барабана, скорости его вращения и степени загрузки сырьем, а также коэффициента трения древесной массы на процесс окорки.

Движение сырья в барабане

Теория окорки древесины в корообдирочных барабанах сухого действия основана на рассмотрении массы поленьев, загруженных в барабан, как сыпучей среды. Под сыпучей понимается среда, состоящая из очень малых (по сравнению с ее общим объемом) взаимодействующих частиц (силы сжатия и трения).

При загрузке в барабан от 5 до 20 м³ древесины размеры отдельного полена (0,002—0,02 м³) достаточно малы, что позволяет рассматривать их массу как сыпучий материал.

Работа корообдирочного барабана аналогична работе барабанной мельницы в горной промышленности и описывается уравнением равновесия сил. Скорость вращения барабана, при которой наступает

равновесие всех сил, действующих на полено в верхней точке барабана, называется критической и определяется по формуле [2]

$$n_{кр} = \frac{30}{\sqrt{R}} \text{ об/мин} \quad (1)$$

или

$$v_{кр} = \sqrt{gR}. \quad (2)$$

Различают два вида движения материала в барабане: каскадный (или в режиме трения) и водопадный (или в ударном режиме) [2]. На рис. 1 представлены идеализированные схемы кинематики движения поленьев при этих режимах работы.

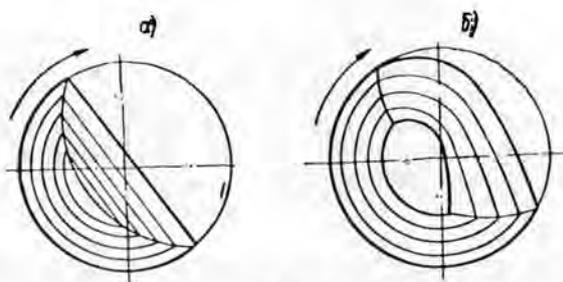


Рис. 1.

Каскадный режим (рис. 1, а) характеризуется движением материала вверх по круговым траекториям до верхней точки наклонного слоя и скольжением вниз по прямой наклонной траектории. При этом каждый слой, скатываясь по наклонной, попадает снова на свою круговую траекторию.

При водопадном режиме (рис. 1, б) поленья также движутся по круговым траекториям, затем отрываются от них и движутся как тела, подброшенные под углом к горизонту с начальной скоростью, равной окружной скорости барабана. Траектория такого движения параболическая. При каскадном режиме можно рассматривать две разновидности движения материала: с периодическим обрушиванием (периодический каскад), при скоростях вращения барабана до $0,4 n_{кр}$ и с непрерывным обрушиванием без подбрасывания вверх (непрерывный каскад), при скоростях вращения барабана $(0,4—0,8) n_{кр}$. При скоростях вращения $(0,8—0,85) n_{кр}$ начинается подбрасывание поленьев вверх (переходное каскадно-водопадное движение). С увеличением числа оборотов более $0,85 n_{кр}$ наступает водопадный режим работы барабана.

Режим работы барабана зависит от степени заполнения его сырьем. В случае незначительного заполнения ($\varphi = 0,2 \div 0,4$) водопадный режим наступает при меньших скоростях вращения $(0,7—0,75) n_{кр}$ [4]. При расчетах удобнее пользоваться числами оборотов и окружной скоростью в долях критических, то есть $n = \frac{n}{n_{кр}}$ и $v = \psi v_{кр}$.

Усилия, действующие на древесную массу при ее обработке в барабане

Кора на поленьях при их обработке в барабане подвержена ударной нагрузке, усилиям сжатия и сдвига. Ударная нагрузка имеет максимальное значение в верхних слоях древесной массы, в то время как усилия сдвига увеличиваются от верхнего слоя в глубину и достигают

максимума в каком-то среднем слое. Усилия сжатия возникают в средних слоях и возрастают к внутренней поверхности барабана.

При расчетах эти виды воздействия нужно рассматривать в совокупности. Когда интенсивность воздействия нагрузки выше предела прочности сцепления коры с древесиной, кора отделяется от поверхности поленьев. Но окорка возможна в том случае (исключая вегетационный период времени), когда под действием ударных нагрузок кора перерезается ножами барабана на всю толщину до древесины. В противном случае для ее отделения необходимы большие усилия, и окорка становится невозможной, особенно в зимний период.

Взаимодействие поленьев между собой и стенками барабана, а также усилия сжатия, сдвига и ударная нагрузка увеличиваются с повышением скорости вращения барабана до определенного значения. При переходе с каскадного на водопадный режим ударная нагрузка и усилие сжатия продолжают возрастать, а усилие сдвига резко уменьшается, что отрицательно сказывается на процессе окорки. При ударном режиме значительно возрастут потери здоровой древесины в результате скалывания ее вдоль и поперек волокон. Поэтому в дальнейшем будем рассматривать только каскадный режим с непрерывным обрушиванием материала (непрерывный каскад).

Скорость падения поленьев в барабане

При каскадном движении (рис. 2) полено необходимо поднять по круговой траектории от точки падения B до точки отрыва A , и затем оно скатится по наклонной траектории AB с начальной скоростью v_n .

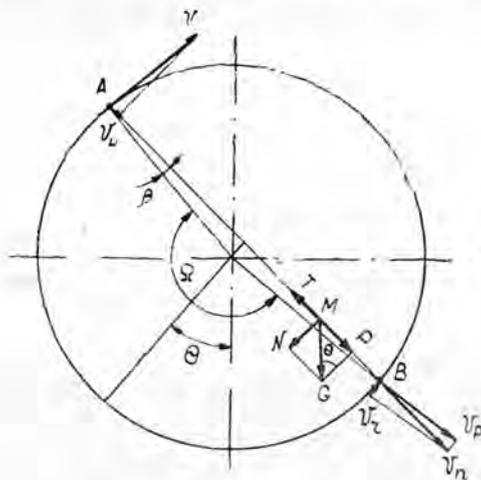


Рис. 2.

Окружная скорость v на крутовой траектории в долях критической

$$v = \psi \sqrt{gR}. \quad (3)$$

Путь, пройденный поленом по круговой траектории, в долях окружности барабана

$$s = \delta 2\pi R. \quad (4)$$

Время t прохождения полена по круговой траектории

$$t = \frac{s}{v} = \frac{\delta 2 \pi R}{\psi \sqrt{gR}} = \frac{2 \pi \delta \sqrt{R}}{\psi \sqrt{g}}. \quad (5)$$

Скорость движения полена в конце наклонной траектории определится из второго закона динамики

$$m \frac{dv_n}{dt} = F. \quad (6)$$

Из рис. 2

$$F = P - T = G \sin \theta - G f \cos \theta = G (\sin \theta - f \cos \theta). \quad (7)$$

Подставляя значение F в формулу (6) и дифференцируя, получим

$$v_n = g (\sin \theta - f \cos \theta) t + C. \quad (8)$$

Очевидно, время прохождения по наклонной траектории равно времени прохождения по круговой траектории. Подставляем в формулу (8) значение t из формулы (5), а $C = v_n$. Тогда скорость движения полена в конце наклонной траектории

$$v_n = \frac{2 \pi \delta \sqrt{gR}}{\psi} (\sin \theta - f \cos \theta) + v_n, \quad (9)$$

где

$$v_n = v \cdot \sin \beta.$$

Скорость падения полена v_n в точке соприкосновения его с поверхностью барабана раскладывается на радиальную $v_p = v_n \cdot \cos \beta$ и тангенциальную $v_\tau = v_n \cdot \sin \beta$ составляющие.

Эксплуатация корообдирочных барабанов показала, что наиболее эффективно они работают при загрузке сырьем на 50—60%. Поэтому при φ , близком к 0,5, величинами v_n и v , можно пренебречь, а коэффициент $\delta \approx \varphi \approx 0,5$. Тогда скорость падения полена будет равна радиальной составляющей, и формула (9) примет вид

$$v_n = v_p = \frac{2 \sqrt{gR}}{\psi} (\sin \theta - f \cos \theta). \quad (10)$$

Внутреннее трение в барабане

Выражение $\sin \theta - f \cos \theta$ определяет величину внутреннего трения сырья в барабане и учитывается углом поворота загрузки θ [1]. При постоянном диаметре барабана угол поворота зависит от степени заполнения барабана φ , скорости его вращения в долях критической ψ и коэффициента трения поленьев f . Рассмотрим эту зависимость (рис. 3).

Благодаря трению между смежными слоями сырья в барабане стремится вращаться вокруг оси барабана как сплошное тело. Величина сил трения зависит от коэффициента трения, радиальных составляющих сил тяжести и центробежных сил, возникающих при движении поленьев по круговым траекториям.

Тангенциальные составляющие сил тяжести стремятся повернуть все сырье против направления вращения. Для того чтобы слои не скользили и поднимались по круговым траекториям, момент сил трения относительно оси барабана должен уравновесить момент тангенциальных составляющих сил тяжести относительно той же оси.

При определении радиальных и тангенциальных сил тяжести необходимо учитывать действие всех поленьев, а при установлении центро-

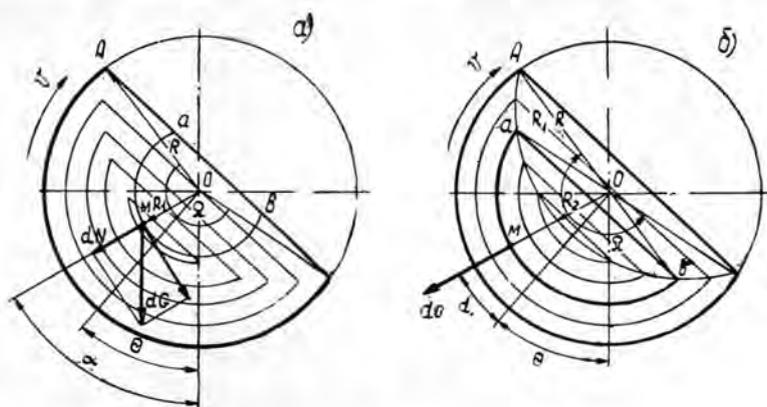


Рис. 3.

бежных сил — только действие поленьев, находящихся на круговых траекториях, так как при скольжении поленьев вниз по наклонным траекториям центробежная сила не возникает.

Из однородной массы поленьев, находящихся на дуге ab (рис. 3, а) радиуса R_1 , в точке M , определяемой углом α , выделим элементарный, бесконечно малый объем $R_1 d\alpha dR_1 dL$.

Вес элементарного объема

$$dG = \gamma dL R_1 dR_1 d\alpha,$$

где γ — насыпной вес поленьев, $\tau/\text{м}^3$.

Силу тяжести dG разложим на радиальную dN и тангенциальную dT составляющие. Радиальная составляющая dN вызывает силу трения dF_N

$$dF_N = f dN = f \gamma dL R_1 dR_1 \cos \alpha d\alpha. \quad (11)$$

Элементарный момент dM_N силы трения dF_N относительно оси барабана

$$dM_N = dF_N \cdot R_1 = f \gamma dL R_1^2 dR_1 \cos \alpha d\alpha. \quad (12)$$

Момент M_N сил трения, вызываемых радиальными составляющими силы тяжести относительно оси барабана, находим тройным интегрированием в соответственных пределах

$$M_N = f \gamma \int_0^L dL \int_{R \cdot \cos \frac{\theta}{2}}^R R_1^2 dR_1 \int_{\theta - \frac{\theta}{2}}^{\theta + \frac{\theta}{2}} \cos \alpha d\alpha = \frac{2}{3} f \gamma L R^3 \left(1 - \cos^3 \frac{\theta}{2} \right) \cos \theta \sin \frac{\theta}{2}. \quad (13)$$

Тангенциальная составляющая силы тяжести dT , действуя на радиусе R_1 , создает относительно оси барабана элементарный момент dM_τ , равный

$$dM_\tau = dT \cdot R_1 = \gamma dL R_1^2 dR_1 \sin \alpha d\alpha. \quad (14)$$

Момент M_τ тангенциальных сил тяжести относительно оси барабана получаем тройным интегрированием в указанных выше пределах

$$M_{\tau} = \gamma \int_0^L dL \int_{R \cdot \cos \frac{\Omega}{2}}^R R_1^2 dR_1 \int_{\theta - \frac{\Omega}{2}}^{\theta + \frac{\Omega}{2}} \sin \alpha d\alpha = \frac{2}{3} \gamma L R^3 \left(1 - \cos^3 \frac{\Omega}{2} \right) \sin \theta \sin \frac{\Omega}{2}. \quad (15)$$

Для определения момента сил трения, вызванных центробежными силами, в точке M на дуге ab радиуса R_1 выделим элементарный бесконечно малый вес dG (рис. 3, б). Положение точки M характеризуется углом α_1 , отсчитываемым от угла θ .

Масса dm элементарного веса

$$dm = \frac{dG}{g} = \frac{\gamma dL d\alpha_1 R_1 dR_1}{g}.$$

Элементарная центробежная сила dC

$$dC = \frac{dm v_1^2}{R_1}.$$

Окружная скорость в долях критической составит

$$v_1 = \psi \sqrt{g R_1}.$$

Тогда получим

$$dC = \frac{\gamma dL d\alpha_1 R_1 dR_1 \psi^2 g R_1}{g R_1} = \gamma \psi^2 dL d\alpha_1 R_1 dR_1. \quad (16)$$

Элементарная сила трения dF_c , обусловленная центробежной силой,

$$dF_c = f dC = f \gamma \psi^2 dL d\alpha_1 R_1 dR_1. \quad (17)$$

Элементарный момент dM_c силы трения dF_c относительно оси барабана

$$dM_c = dF_c R_1 = f \gamma \psi^2 dL d\alpha_1 R_1^2 dR_1. \quad (18)$$

Момент M_c относительно оси барабана всех сил трения, обусловленных действием всех центробежных сил, определится тройным интегрированием

$$M_c = f \gamma \psi^2 \int_0^L dL \int_{-\frac{\Omega}{2}}^{+\frac{\Omega}{2}} d\alpha_1 \int_{\frac{1 + \cos \frac{\Omega}{2}}{1 + \cos \alpha_1}}^R R_1^2 dR_1 = \frac{1}{3} f \gamma \psi^2 L R^3 \left\{ \Omega - \frac{2}{15} \left[\sin \frac{\Omega}{2} (8 + \cos \Omega) + 3 \sin \Omega \right] \right\}. \quad (19)$$

Нижний предел R_1 первого интегрирования устанавливаем из условия, что число слоев на наклонных траекториях равно числу тех же слоев на круговых траекториях, то есть

$$R - R_1 = R_1 \cos \alpha_1 - R \cos \frac{\Omega}{2},$$

откуда

$$R_1 = \frac{1 + \cos \frac{\Omega}{2}}{1 + \cos \alpha_1} R.$$

Для того чтобы при вращении барабана загрузка находилась в равновесии, необходимо соблюдение следующего равенства:

$$M_N + M_c = M_T. \quad (20)$$

Заменяв M_N , M_c и M_T их значениями из формул (13), (19) и (15) и сделав соответствующие преобразования, получим

$$\sin \Theta - f \cos \Theta = \frac{\psi^2 \left\{ \Omega - \frac{2}{15} \left[\sin \frac{\Omega}{2} (8 + \cos \Omega) + 3 \sin \Omega \right] \right\}}{2 \left(1 - \cos^3 \frac{\Omega}{2} \right) \sin \frac{\Omega}{2}}. \quad (21)$$

При коэффициенте загрузки барабана φ , близком к 0,5, центральный угол Ω примерно равен π . Сделав соответствующие подстановки и преобразования, решаем уравнение относительно $\cos \Theta$

$$\cos \Theta = \frac{-\frac{f\psi^2(\pi-0,93)}{2} \pm \sqrt{1 + f^2 - \frac{\varphi^4(\pi-0,93)^2}{4}}}{1 + f^2}. \quad (22)$$

Величины угла Θ при коэффициенте загрузки барабана $\varphi = 0,5$ для различных значений скоростей вращения барабана в долях критической ψ и коэффициента трения материала f приведены в табл. 1.

Таблица 1

f	Величина Θ при ψ		
	0,4	0,6	0,8
0,6	39°40'	50°50'	68°20'
0,8	46°40'	56°50'	72°10'
0,98	51°40'	60°30'	74°30'

Вопросы, связанные с изменением коэффициента трения сырья в процессе окорки, формы и физического состояния сырья, а также решение уравнений в более общем виде отражены в других наших работах.

Энергия удара полена о поверхность барабана

Кинетическая энергия E полена в точке его падения

$$E = \frac{mv_n^2}{2} \quad (23)$$

или

$$E = \frac{4,93 GR}{\psi^2} (\sin \Theta - f \cos \Theta)^2. \quad (24)$$

В целях упрощения расчета принимаем удар как неупругий, тогда вся кинетическая энергия удара будет вызывать деформацию. Иначе говоря, при падении полена на нож барабана вся кинетическая энергия должна перейти в работу проникновения ножа в полено, причем для обеспечения эффективной окорки величина кинетической энергии падающего полена должна быть равна или больше работы на перерезание коры по всей толщине, то есть

$$E \geq P \cdot h. \quad (25)$$

Усилие резания P из теории резания коры [3]

$$P = k_1 \cdot L, \quad (26)$$

где k_1 — удельное сопротивление перерезанию коры;
 l — длина участка резания.

В зависимости от толщины коры удельное сопротивление перерезанию в зимних условиях равно [3]:

$h, \text{мм}$	1	2	3	4	6	8	10
$k_1, \text{кг/мм}$	0,785	1,570	2,355	3,140	4,710	6,280	7,850

Подставляя в формулу (25) значения E и P , получим

$$\frac{4,93 GR}{\psi^2} (\sin \theta - f \cos \theta)^2 \geq k_1 lh. \quad (27)$$

Отсюда находим минимальный радиус барабана, обеспечивающий эффективную окорку при различных коэффициентах загрузки барабана и числа его оборотов

$$R = \frac{k_1 lh^2}{4,93 G (\sin \theta - f \cos \theta)^2}. \quad (28)$$

В табл. 2 приводится примерный расчет для свежесрубленной ели с объемным весом $0,7 \text{ кг/см}^3$ и коэффициентом трения ели по ели $0,98$ в зимних условиях.

Таблица 2

Характеристика сырья	Толщина коры, мм	Значения минимального радиуса барабана, см, при $\varphi = 0,5$ и ψ (в долях критических)				
		0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Вершинник ($d=5 \text{ см}$, $l=0,5 \text{ м}$)	1	58	39	27	20	15
	2	231	157	108	79	59
	3	521	354	242	178	134
Комлевая часть ($r=14 \text{ см}$, $l=1 \text{ м}$)	4	120	82	56	43	31
	6	280	184	127	96	69
	8	479	327	225	171	123
	10	750	511	353	267	192

Из таблицы видно, что с увеличением скорости вращения корообдирочного барабана резко уменьшается его предельный минимальный радиус, при котором возможна эффективная окорка древесины.

В настоящее время все выпускаемые для лесозаготовительной промышленности корообдирочные барабаны имеют скорость вращения $0,4$ критической. Естественно, при такой скорости в зимнее время плохо окаривается древесина всех пород, в особенности ели, поэтому необходимо увеличивать число оборотов корообдирочных барабанов или снижать удельное сопротивление на перерезание коры путем оттаивания коры горячим теплоносителем.

Выводы

1. Скорость вращения корообдирочного барабана в зимний период должна быть не менее $0,7$ — $0,8$ критической.

2. С увеличением числа оборотов корообдирочного барабана возрастает кинетическая энергия удара полена о ножи барабана, следовательно, резко уменьшается предельный минимальный радиус барабана, при котором возможна эффективная окорка (табл. 2).

3. Корообдирочные барабаны малых диаметров следует использовать при обработке тонкомерной древесины, больших — при обработке крупномерной древесины.

4. Установленные зависимости — формула (28), табл. 2 — могут быть использованы при создании новых моделей корообдирочных барабанов и их эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. С. Е. Андреев. О внутреннем трении в шаровой мельнице. ИВУЗ, «Горный журнал» № 2, 1961. [2]. С. Е. Андреев, В. В. Зверевич, В. А. Перов. Дробление измельчения и грохочение полезных ископаемых. М., 1966. [3]. Ф. И. Зыков. Исследование процесса резания коры. Автореферат, МЛТИ, М., 1969. [4]. З. Б. Канторович. Размольно-дробильные машины и грохота. ОНТИ, 1937.

Поступила 9 марта 1972 г.

УДК 634.0.378.5

УРАВНЕНИЯ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ БРЕВЕННОГО ПУЧКА В СОРТИРОВОЧНОМ УСТРОЙСТВЕ С НАКЛОННЫМ СОРТИРОВОЧНЫМ КОРИДОРОМ

К. А. ЧЕКАЛКИН

Архангельский лесотехнический институт

Решается система дифференциальных уравнений, описывающих нестационарный процесс перемещения бревенного пучка, сошедшего с рабочей грани фигурной сортировочной плитки. В результате получено два параметрических уравнения для построения траектории движения пучка.

Сортировочно-формировочные устройства с наклонным сортировочным коридором и фигурными сортировочными плитками (сетки системы Н. К. Зайцева) получили широкое распространение на лесосплавных рейдах. Однако их конструкция, а также размеры и геометрические соотношения элементов, насколько нам известно, не имеют какого-либо научного обоснования и выработаны длительной практикой эксплуатации. Между тем, исследование, например, такого вопроса, как траектория движения пучков в косонаправленном сортировочном коридоре, представляет определенный научный и практический интерес.

В настоящей работе сделана попытка получить теоретические зависимости для построения траектории движения бревенного пучка по сортировочному коридору.

Рассмотрим движение пучка (рис. 1), сошедшего с рабочей грани фигурной сортировочной плитки. В системе неподвижных координат, изображенных на рисунке*, неустановившееся движение пучка может быть описано системой уравнений

$$M_x \frac{d^2x}{dt^2} = -R_x \quad \left. \vphantom{M_x \frac{d^2x}{dt^2}} \right\} \quad (1)$$

$$M_y \frac{d^2y}{dt^2} = R_y, \quad \left. \vphantom{M_y \frac{d^2y}{dt^2}} \right\} \quad (2)$$

* Указанное на рисунке исходное для исследования положение бревенного пучка оправдано тем, что рабочая грань фигурной плитки направляет не только пучок, но и поверхностный слой потока на расстоянии (за пределами плитки), соизмеримом с длиной пучка.

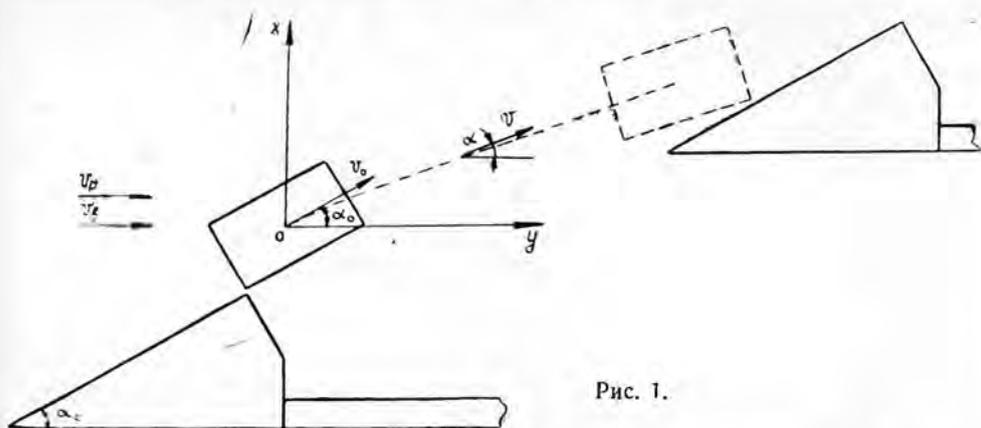


Рис. 1.

где M_x , M_y — действующая масса пучка с учетом поправки на присоединенные массы и нестационарность движения, соответственно при движении по осям x и y ;

$\frac{d^2x}{dt^2}$, $\frac{d^2y}{dt^2}$ — составляющие ускорения пучка;

R_x и R_y — составляющие сил сопротивления движению пучка по осям x и y .

В состав последних сил входят силы сопротивления движению пучка от потока и ветра. Самым неблагоприятным следует считать направление ветра, совпадающее со скоростью потока. В этом случае

$$R_y = R + P_v, \quad (3)$$

где R — сила влечения пучка потоком;

P_v — сила влечения пучка ветром.

Если переменную скорость движения центра тяжести пучка по криволинейной траектории обозначить через v , то при квадратичном законе сопротивления

$$R_x = r_x (v \cdot \sin \alpha)^2; \quad (4)$$

$$R_y = r_y (v_p - v \cdot \cos \alpha)^2 + P_v, \quad (5)$$

где r_x и r_y — приведенные сопротивления движению пучка соответственно по осям x и y ;

α — переменный угол направления переменной скорости v , отсчитываемый от положительного направления оси y ;

v_p — скорость течения в реке.

Введем новые переменные

$$u = v \cdot \sin \alpha; \quad w = v \cdot \cos \alpha,$$

тогда с учетом выражений (4) и (5) уравнения (1) и (2) превращаются в систему из четырех уравнений

$$\frac{du}{dt} = -\frac{r_x}{M_x} u^2 \quad (6)$$

$$\frac{dw}{dt} = \frac{r_y}{M_y} (v_p - w)^2 + \frac{P_v}{M_y} \quad (7)$$

$$\frac{dx}{dt} = u \quad (8)$$

$$\frac{dy}{dt} = w. \quad (9)$$

Для каждого конкретно рассматриваемого случая значения P_B и v_p можно считать безусловно постоянными. При строгом решении последней системы уравнений действующую массу пучка и приведенные сопротивления движению по осям следует рассматривать как величины переменные. В общем случае они являются функциями угла α и ускорения. Но поскольку, как известно из практики эксплуатации таких устройств, при переходе пучка с рабочей грани одной фигурной плитки на рабочую грань другой угол ориентации его в потоке меняется весьма незначительно и незначительно также приращение ускорения, то с некоторым приближением значения M_x , M_y , r_x и r_y можно принять постоянными.

Исходя из этого, придавая уравнению (6) вид

$$dt = \frac{du}{\frac{r_x}{M_x} u^2}$$

и интегрируя его, получаем

$$t = \frac{M_x}{r_x} \frac{1}{u} + c_1.$$

При $t = 0$ $u_0 = v_0 \sin \alpha_0$, где v_0 — скорость движения пучка при сходе с рабочей грани плитки; α_0 — угол заострения плитки*. Тогда

$$c_1 = - \frac{M_x}{r_x} \frac{1}{v_0 \sin \alpha_0}$$

и

$$t = \frac{M_x}{r_x} \left(\frac{1}{u} - \frac{1}{v_0 \sin \alpha_0} \right). \quad (10)$$

Решая последнее выражение относительно u и имея в виду уравнение (8), получим

$$\frac{dx}{dt} = u = \frac{M_x v_0 \sin \alpha_0}{r_x v_0 \sin \alpha_0 t + M_x}.$$

Разделив переменные и проинтегрировав, найдем

$$x = \frac{M_x}{r_x} \ln (r_x v_0 \sin \alpha_0 t + M_x) + c_2.$$

При $t = 0$ $x = 0$, следовательно,

$$c_2 = - \frac{M_x}{r_x} \ln M_x$$

и тогда

$$x = \frac{M_x}{r_x} \ln \frac{r_x v_0 \sin \alpha_0 t + M_x}{M_x}. \quad (11)$$

Далее из уравнения (7) получаем

$$dt = \frac{M_y dw}{r_y (v_p - w)^2 + P_B}. \quad (12)$$

Знаменатель правой части последнего уравнения можно представить как

$$r_y (v_p - w)^2 + P_B = aw^2 - bw + c, \quad (13)$$

* Считаем, что он равен углу встречи рабочей грани плитки с потоком.

$$\begin{aligned} \text{где } a &= r_y; \\ b &= 2r_y v_p; \\ c &= r_y v_p^2 + P_b. \end{aligned}$$

Для подыскания табличного интеграла для интегрирования выражения (12) определим знак дискриминанта квадратного полинома (13)

$$\Delta 4ac - b^2 = 4r_y v_p^2 + 4r_y P_b - 4r_y^2 v_p^2 = 4r_y P_b.$$

Имея в виду, что $\Delta > 0$, проинтегрировав выражение (12), имеем

$$t = \frac{M_y}{\sqrt{r_y P_b}} \operatorname{arctg} \frac{r_y (\omega - v_p)}{\sqrt{r_y P_b}} + c_3.$$

При $t = 0$ $\omega = v_0 \cos \alpha_0$, тогда

$$c_3 = - \frac{M_y}{\sqrt{r_y P_b}} \operatorname{arctg} \frac{r_y (v_0 \cos \alpha_0 - v_p)}{\sqrt{r_y P_b}}$$

и, следовательно,

$$t = \frac{M_y}{\sqrt{r_y P_b}} \left[\operatorname{arctg} \frac{r_y (\omega - v_p)}{\sqrt{r_y P_b}} - \operatorname{arctg} \frac{r_y (v_0 \cos \alpha_0 - v_p)}{\sqrt{r_y P_b}} \right]. \quad (14)$$

Решив последнее выражение относительно переменной ω и имея в виду уравнение (9), получаем

$$\frac{dy}{dt} = \omega = v_p + \sqrt{\frac{P_b}{r_y}} \operatorname{tg} \left[\frac{\sqrt{r_y P_b}}{M_y} t - \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{r_y}{P_b}} (v_p - v_0 \cos \alpha_0) \right]. \quad (15)$$

Обозначим постоянную величину в выражении (15) через

$$K = \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{r_y}{P_b}} (v_p - v_0 \cos \alpha_0) \quad (16)$$

и, разделив переменные, найдем

$$dy = v_p dt + \sqrt{\frac{P_b}{r_y}} \operatorname{tg} \left(\frac{\sqrt{r_y P_b}}{M_y} t - K \right) dt. \quad (17)$$

Для интегрирования уравнения (17) введем новую переменную

$$z = \frac{\sqrt{r_y P_b} \cdot t}{M_y} - K,$$

продифференцировав которую, получаем

$$dz = \frac{\sqrt{r_y P_b}}{M_y} dt,$$

откуда

$$dt = \frac{M_y}{\sqrt{r_y P_b}} dz.$$

Следовательно,

$$\begin{aligned} \sqrt{\frac{P_b}{r_y}} \int \operatorname{tg} \left(\frac{\sqrt{r_y P_b}}{M_y} t - k \right) dt &= \sqrt{\frac{P_b}{r_y}} \frac{M_y}{\sqrt{r_y P_b}} \int \operatorname{tg} z \cdot dz = \\ &= \frac{M_y}{r_y} (-\ln \cos z) = -\frac{M_y}{r_y} \ln \cos \left(\frac{\sqrt{r_y P_b}}{M_y} t - K \right). \end{aligned}$$

Таким образом,

$$y = v_p \cdot t - \frac{M_y}{r_y} \ln \cos \left(\frac{\sqrt{r_y P_B}}{M_y} t - K \right) + c_4.$$

При $t = 0$ $y = 0$ и, следовательно,

$$c_4 = \frac{M_y}{r_y} \ln \cos K.$$

Окончательно получаем

$$y = v_p t + \frac{M_y}{r_y} \ln \frac{\cos K}{\cos \left(\frac{\sqrt{r_y P_B}}{M_y} t - K \right)}. \quad (18)$$

В результате исследования получено два параметрических уравнения (11) и (18) с параметром текущего времени t . Решая их для одних и тех же значений параметров, имея в виду, что при $t = 0$, $x = 0$ и $y = 0$ получим значения координат x и y , по которым можно построить траекторию движения центра тяжести пучка.

Для использования полученных результатов в практических расчетах требуется экспериментально исследовать такие гидродинамические характеристики бревенных пучков, как сопротивление воды движению при направлении движения под углом к продольной плоскости симметрии пучка, а также коэффициентов совокупного влияния на действующую массу пучка присоединенных масс воды и нестационарности косонаправленного движения.

Вместе с тем надо исследовать скорость движения пучка по рабочей грани фигурной плитки и установить корреляцию со скоростью течения.

Поступила 1 марта 1972 г.

УДК 674.023.1

О РАСХОДЕ ЭНЕРГИИ ПРИ ОКОРКЕ ДРЕВЕСИНЫ В БАРАБАНАХ

Г. А. КРЫЛОВ

КирНИИЛП

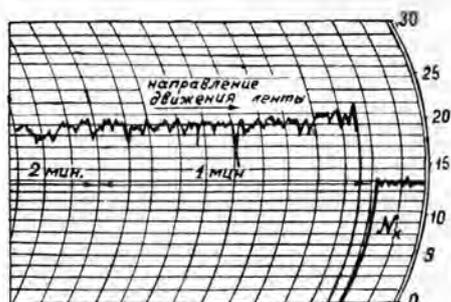
Рассматриваются вопросы энергоемкости процесса окорки древесины в барабанах. Данные проведенных исследований позволяют судить об энергоемкости процесса, а полученные в результате теоретических исследований формулы дают возможность определить мощность привода барабана и удельный расход энергии в зависимости от объема загруженной в барабан древесины и продолжительности ее окорки.

Задача исследования заключалась в определении мощности привода и затрат энергии на окорку древесины в барабанах периодического действия в зависимости от продолжительности окорки и объема партии древесины.

Еловую свежесрубленную древесину (длина чураков 0,9—1,2 м, диаметр 10—16 см, абсолютная влажность свыше 100%) обрабатывали при плюсовой температуре в окорочном барабане БОМП-3. В качестве регистрирующего прибора использовали самопишущий ваттметр Н-477, который записывал мощность, потребляемую двигателем барабана из сети на холостом ходу барабана и при работе под нагрузкой (рис. 1).

В процессе обработки кора и часть здоровой древесины отделяются от чураков и удаляются за пределы барабана. При этом умень-

Рис. 1. Диаграмма мощности, потребляемой барабаном при обработке партии в 6 м³.



шается вес партии, а в связи с этим и мощность, потребляемая электродвигателем привода барабана.

Исследования показали, что потребляемая мощность, имеющая в начальный момент времени T величину N , уменьшается, стремясь к некоторому предельному значению N_2 , соответствующему моменту наиболее полной очистки чураков от коры. Необходимое для разгона барабана время не превышает 1—2 сек. Затрачиваемая при этом энергия невелика. Поэтому зависимость $N = f(T)$ будем рассматривать без учета мощности, потребляемой барабаном при пуске.

Зависимость между N и T в первом приближении можно выразить следующим дифференциальным уравнением:

$$\frac{dN}{dT} = -K'(N - N_2), \quad (1)$$

где K' — коэффициент пропорциональности ($K' > 0$).

Решая уравнение, получаем

$$N = N_2 + C \cdot e^{-K'T}. \quad (2)$$

Обозначив среднюю мощность за первую минуту обработки пачки древесины через N_1 , при $T = 0,5$ имеем $N = N_1$ и $C = (N_1 - N_2) \cdot e^{0,5K'}$. Из уравнения (2) находим

$$N = N_2 + (N_1 - N_2) \cdot e^{-K'(T - 0,5)}, \quad (3)$$

где N — мощность, потребляемая двигателем барабана при обработке пачки древесины, кВт;

N_1 — средняя мощность за первую минуту обработки пачки древесины, кВт;

N_2 — то же за последнюю минуту обработки, кВт;

T — продолжительность окорки древесины в барабане, мин;

K' — коэффициент, определяющий быстроту обработки пачки древесины;

e — основание натуральных логарифмов.

Слагаемое N_2 в формуле (3) выражает затраты энергии в единицу времени на приведение в движение пачки древесины в барабане, холостой ход барабана и дополнительные потери энергии на трение, зависящее от веса пачки. Слагаемое $(N_1 - N_2) \cdot e^{-K'(T - 0,5)}$ характеризует затраты энергии, непосредственно связанные с окоркой пачки древесины.

Коэффициент K' определяется из наблюдений следующим образом. Пусть за время ΔT мощность понизилась на ΔN , % от общей разницы $N_1 - N_2$, следовательно, выполняется соотношение

$$(N_1 - N_2) \cdot \left(1 - \frac{\Delta N}{100}\right) = (N_1 - N_2) \cdot e^{-K' \Delta T},$$

откуда

$$K' = - \frac{\ln \left(1 - \frac{\Delta N}{100}\right)}{\Delta T}. \quad (4)$$

Начиная с 18-й минуты (рис. 2), мощность снижается незначительно, так как поверхность основной массы чураков очистилась от коры. Поэтому с достаточной для практических целей точностью за величину мощности N_2 можно принять среднюю мощность за 18-ю минуту обработки (при объеме партии $V = 9 \text{ м}^3$, влажности $W_{\text{дс}} > 100\%$, $N_2 = 23,8 \text{ кВт}$).

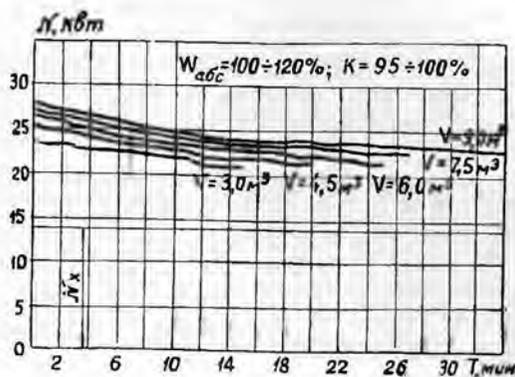


Рис. 2. Зависимость мощности привода барабана от продолжительности окорки.

По формуле (4) вычислено среднее значение коэффициента $K' = 0,48$.

Тогда для мощности, потребляемой электродвигателем привода барабана, формула (3) примет вид

$$N = N_2 + 1,28(N_1 - N_2) \cdot e^{-0,48 T}. \quad (5)$$

Формула (5) дает возможность определить мощность, потребляемую двигателем привода барабана, и мощность, затрачиваемую непосредственно на освобождение древесины от коры, если известны средняя мощность в первую и последнюю минуты обработки и продолжительность обработки пачки древесины. Так, например, при окорке 9 м^3 древесины с влажностью $100\text{--}120\%$ до чистоты $95\text{--}100\%$ продолжительность обработки составляет (рис. 2) 34 мин , $N_1 = 26,5 \text{ кВт}$, $N_2 = 22,8 \text{ кВт}$. Подставляя эти значения в формулу (5), получаем $N = 26,6 \text{ кВт}$, $N_{\text{ок}} = 3,8 \text{ кВт}$.

Графические зависимости N от T и V , \mathcal{E} от T и V , полученные в результате экспериментальных исследований, представлены на рис. 2, 3, 4.

Данные экспериментальных исследований обработаны методом вариационной статистики*. Получены следующие основные статистические характеристики: показатель точности $P = 4,9\%$, коэффициент вариации $v = 13,6\%$ при определении зависимости N от T и $P = 5,05\%$, $v = 15,2\%$ при установлении зависимости N от V .

* Н. Л. Леонтьев. Техника статистических вычислений. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1966.

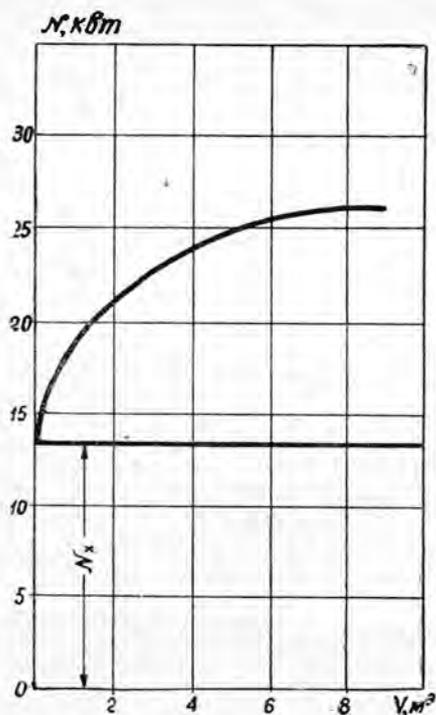


Рис. 3. Зависимость мощности привода барабана от объема обрабатываемой древесины.

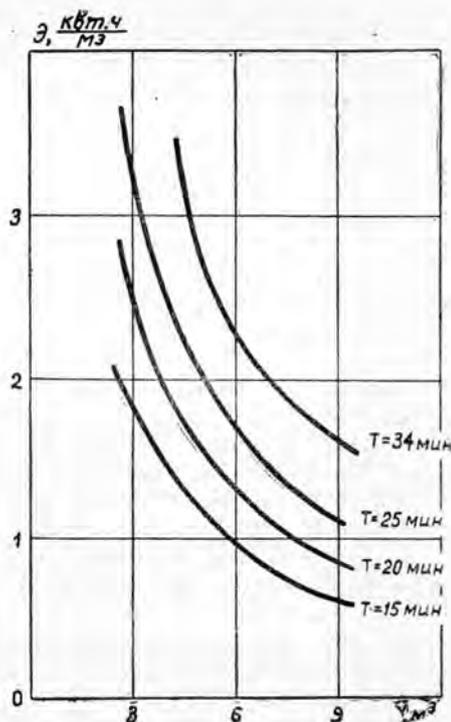


Рис. 4. Зависимость потребляемой при окорке в барабане энергии от объема обрабатываемой древесины и продолжительности ее обработки.

Из рис. 3 видно, что с повышением объема загружаемой древесины мощность привода барабана возрастает. Объясняется это, в основном, увеличением веса обрабатываемой партии древесины.

На основе обработки опытных данных установлены следующие зависимости при $t = +20^\circ\text{C}$; $W = 100 \div 120\%$ и $n = 10$ об/мин:

$$N_1 = -0,39 V^2 + 4,85 V + 13,5 \text{ кВт}; \quad \frac{\eta}{m_\eta} = 9,2; \quad (6)$$

$$N_2 = -0,19 V^2 + 2,63 V + 13,5 \text{ кВт}; \quad \frac{\eta}{m_\eta} = 10,1, \quad (7)$$

где η — корреляционное отношение;

m_η — средняя ошибка корреляционного отношения.

Подставив значения N_1 и N_2 из уравнений (6) и (7) в уравнение (5), после соответствующих преобразований имеем

$$N = - (0,39 + 0,256 \cdot e^{-0,48 T}) V^2 + (4,85 + 2,84 \cdot e^{-0,48 T}) V + N_x, \quad (8)$$

где N_x — мощность холостого хода установки, равная 13,5 кВт.

Интегрируя уравнение (8) по времени T , получим

$$A = - [0,0065 T + 0,009 (1 - e^{-0,48 T})] \cdot V^2 + [0,08 T + 0,09 (1 - e^{-0,48 T})] V + 0,225 T, \quad (9)$$

где A — энергия, потребляемая электродвигателем привода барабана при обработке пакета древесины, кВт·ч.

Разделив правую и левую части уравнения (9) на величину V имеем

$$\begin{aligned} \mathcal{E} = & - [0,0065 T + 0,009 (1 - e^{-0,48 T})] V + 0,08 T + \\ & + 0,09 (1 - e^{-0,48 T}) + 0,225 \frac{T}{V}, \end{aligned} \quad (10)$$

где \mathcal{E} — удельный расход энергии, *квт·ч/м³*.

В практике уравнения (8) и (10) могут быть применены для определения мощности привода и удельного расхода энергии, без использования какого-либо измерительного прибора, так как объем загруженной в барабан древесины и продолжительность обработки всегда известны.

Удельный расход энергии возрастает с увеличением времени обработки и уменьшается с увеличением объема пакета (рис. 4).

В результате проведенных исследований были сформулированы следующие выводы.

1. Из анализа потребляемой приводом барабана мощности как одного из показателей исследуемого процесса можно видеть, что целесообразно в барабан загружать 6—7,5 м³ древесины.

2. С увеличением объема загруженной в барабан древесины мощность возрастает. При максимально допустимой загрузке (10,5 м³) потребляемая мощность не превышает 30 *квт*, поэтому возможна замена установленного электродвигателя привода мощностью 40 *квт* менее мощным (30—35 *квт*).

3. Удельный расход энергии возрастает с увеличением продолжительности обработки древесины и снижается с ростом объема загрузки. Для снижения затрат электроэнергии следует выдерживать рекомендованный оптимальный объем загружаемой в барабан древесины и предварительно рассортировывать ее по влажности. Это не только уменьшит продолжительность обработки древесины в барабане, но позволит избежать излишних потерь здоровой древесины.

4. Результаты исследований позволяют определить мощность, расходуемую непосредственно на снятие коры.

5. Данные исследований дают представление о влиянии приведенных показателей процесса (V и T) на изменение мощностных параметров окорочных барабанов периодического действия, а установленные зависимости могут быть использованы при проектировании барабанных установок для групповой окорки древесины.

Поступила 14 февраля 1972 г.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 674

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОДГОТОВКИ
ПОВЕРХНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ И ПОКРЫТИИ НА НЕЙ
К ОТДЕЛКЕ ПРОКАТОМ

М. С. МОВНИН

Ленинградская лесотехническая академия

Н. И. ЯРЕМЧУК

Киевская мебельная фабрика

Описывается метод подготовки поверхности древесины и покрытия на ней, заключающийся в прокате древесины между горячими валками. Приводятся результаты экспериментальных исследований, на основе которых установлены и рекомендованы промышленности оптимальные режимные факторы: удельное давление, температура нагрева валков, скорость подачи древесины валками, количество пропусков древесины через валки.

Типовые технологические процессы, разработанные Всесоюзным проектно-конструкторским и технологическим институтом мебели, предусматривают подготовку поверхности древесины к отделке по 10 классу шероховатости по ГОСТу 7016—68 шлифованием.

Технологические режимы шлифования древесины РМ-08-02 и РМ-08-03 обеспечивают 10 класс шероховатости трехкратным шлифованием шкурками зернистостью № 25—16; 12—10 и 8—6 с промежуточным увлажнением между вторым и третьим шлифованием растворами коллоидных или синтетических клеев малой концентрации для поднятия и придания хрупкости ворсу, который затем легко удаляется во время третьего шлифования.

Нашими исследованиями, проведенными в Центральной лаборатории Киевской мебельной фабрики им. Боженко, установлено, что не всегда возможно получить поверхность древесины шероховатостью 10 класса, обработанной согласно указанным выше технологическим режимам. Например, после увлажнения поверхности древесины между вторым и третьим шлифованием с целью поднятия ворса (или крашения водорастворимыми красителями) поверхностный слой набухает, а при высыхании края пор коробятся, появляются микротрещины и т. п.; это приводит к увеличению неровностей до 40 мкм и более, что соответствует лишь 8 классу шероховатости. Последним, третьим, шлифованием шкурками зернистостью № 8—6 очень трудно достигнуть 10 класса шероховатости, а окрашенные поверхности при сошлифовании даже незначительного слоя приобретают неравномерную пятнистую окраску.

Процесс шлифования трудоемок и малопроизводителен, требует применения абразивного инструмента — шлифовальной шкурки непродолжительного однократного использования; чистое шлифование древесины, в основном, производят на станках с ручной подачей; процесс трудно поддается механизации и автоматизации и др. По предложению авторов, этих недостатков можно в значительной степени избежать при

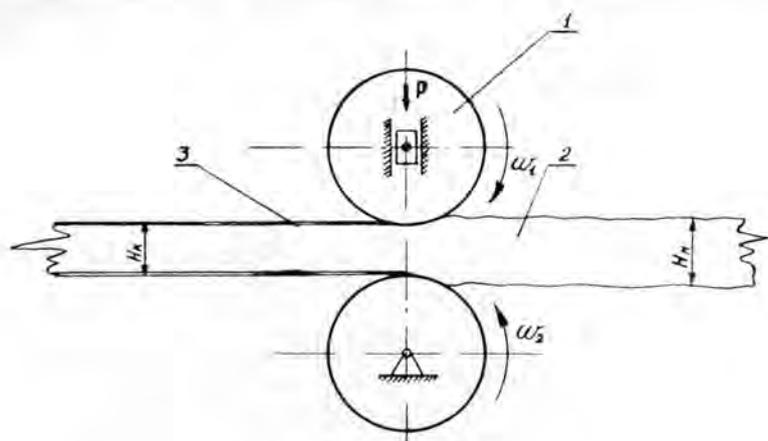


Рис. 1. Схема проката древесины.

1 — валки; 2 — обрабатываемая деталь; 3 — отделочная пленка поверхности древесины.

внедрении в производство способа выравнивания поверхности древесины и покрытий на ней термопрокатом (рис. 1).

Способ состоит в том, что с целью выравнивания неровностей (шлифования рисок, ворсистости и мшистости) древесину при определенных режимах прокатывают между нагретыми полированными валками. При прокате поверхность древесины подвергается кратковременному воздействию давления и температуры. При этом верхние слои древесины деформируются, и в результате пластической части деформации устраняются неровности.

Чтобы получить требуемое качество при прокате, поверхность древесины предварительно подготавливают, устраняя загрязненные места и макронеровности (волны, вырывы и пр.) однократным шлифованием шкурками № 25 или 16. Затем производят термопрокат.

Для установления влияния режимных факторов проката на шероховатость обрабатываемой поверхности древесины проводили обширные экспериментальные исследования в лаборатории технологии отделки УкрНИИМОДа и в Центральной лаборатории Киевской мебельной фабрики на двухвалковом лабораторном прокатном станке, изготовленном в РМЦ фабрики (рис. 2), со следующими техническими характеристиками: количество рабочих валков 2; диаметр рабочих валков 150 мм; температура нагрева валков 20—250°C; скорость подачи 1—18 м/мин; обогрев валков электрический.

Были приняты следующие величины переменных факторов: удельное давление валков $p = 15, 30, 45, 60 \text{ кГ/см}$; температура нагрева валков $t = 80, 130, 180, 230^\circ\text{C}$; скорость подачи $U = 1, 4, 8, 12 \text{ м/мин}$; количество пропусков $n = 1, 2, 3, 4$.

Прокатывали древесину дуба и бука — пород, которые наиболее массово применяются в производстве мебели. Дуб — представитель крупнопористых пород, а бук — мелкопористых. Перед началом проката образцы размером $520 \times 40 \times 20 \text{ мм}$ однократно шлифовали шкуркой зернистостью № 25. Шероховатость соответствовала 8 классу с высотой неровностей 42—45 мкм (ГОСТ 7016—68). Неровности механической обработки измеряли с помощью двойного микроскопа МИС-11, а структурные неровности — прибором ТСП-4.

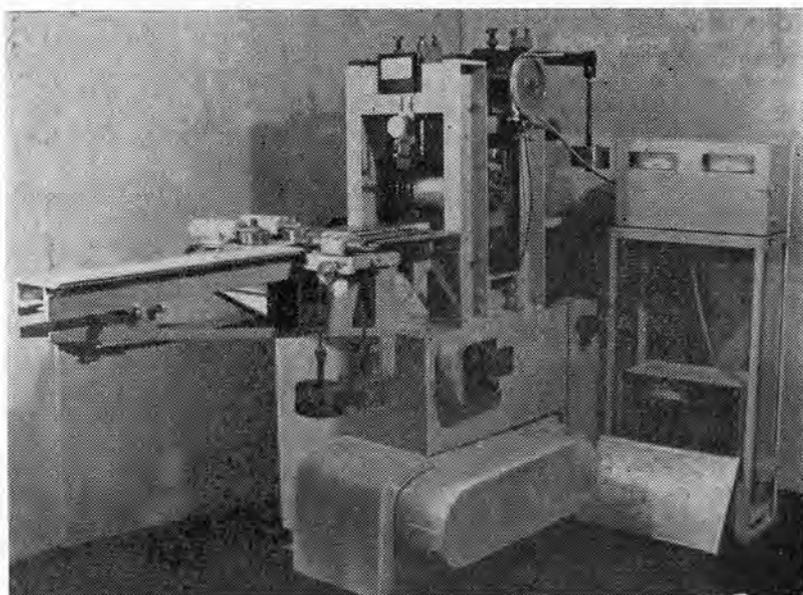


Рис. 2. Экспериментальная двухвалковая установка для термопроката.

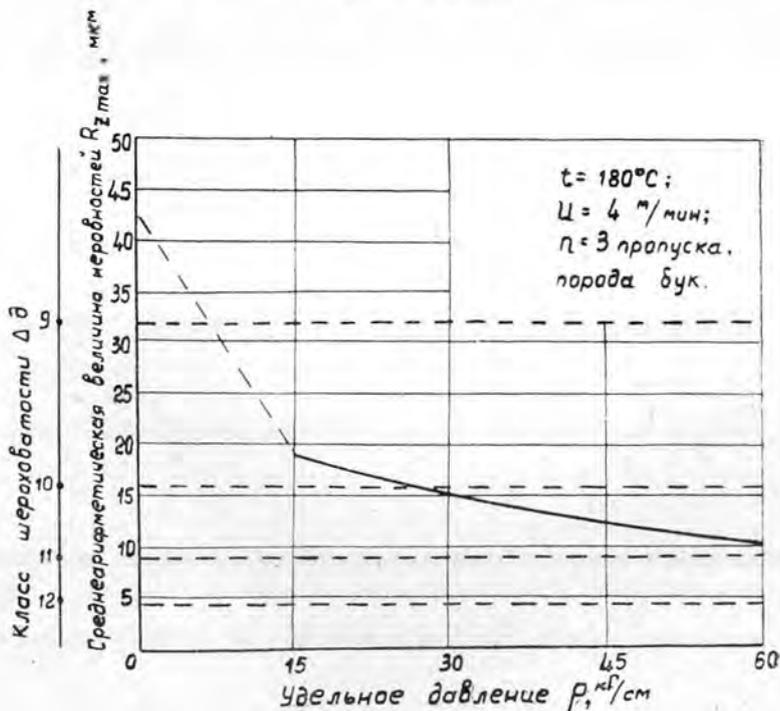


Рис. 3.

В процессе каждого опыта прокатывали 6 образцов. Шероховатость поверхности измеряли в 9 точках на каждом образце. Результаты*

таты обрабатывали методом математической статистики и устанавливали их достоверность.

Нами установлена зависимость шероховатости R_z от факторов p , t , U и n для древесины дуба и бука. В статье мы приводим лишь графики по установлению зависимости R_z только при оптимальных p , t , U и n для одной породы — бука. Показатели древесины дуба незначительно отклоняются по сравнению с буком.

Шероховатость поверхности древесины R_z при прокатывании в большой мере зависит от удельного давления валков p (рис. 3). С увеличением удельного давления неровности на поверхности древесины значительно уменьшаются; это уменьшение характеризуется кривой линией. Криволинейность объясняется тем, что с момента приложения нагрузки к древесине сразу же появляются необратимые процессы — сначала изменяется форма сосудов ранней древесины, а затем при увеличении нагрузки происходит смятие стенок клеток и сосудов.

Из полученных результатов видно, что в случае проката буковой древесины с шероховатостью, соответствующей 8 классу, и высотой неровностей 42—45 мкм при удельном давлении 15 кг/см высота неровностей уменьшается до 18 мкм. С увеличением удельного давления до 30, 45 и 60 кг/см высоты неровностей уменьшаются до 15, 12 и 10 мкм, что соответствует 10 классу шероховатости (ГОСТ 7016—68).

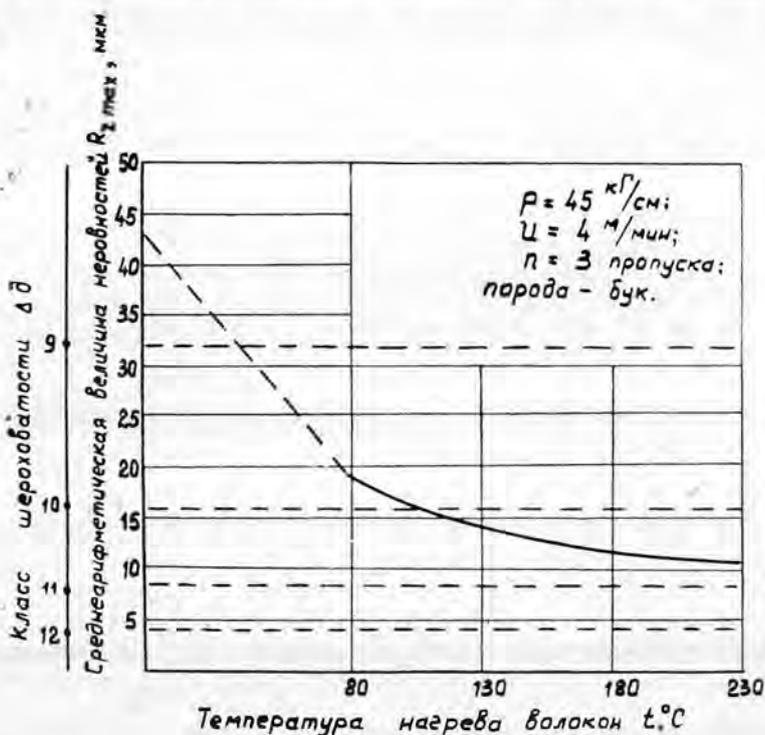


Рис. 4.

Влияние температуры t на качество выравнивания поверхности древесины при прокатывании ее нагретыми валками весьма значительно (рис. 4). С повышением температуры валков качество поверхности древесины улучшается. Наилучшие результаты проката древесины

(бука, дуба и других лиственных пород) получаются в интервале 160—230°C, Шероховатость поверхностей при этом соответствует неровностям, отвечающим 10 классу по ГОСТу 7016—68. Хвойные породы следует прокатывать при температуре 130—180°C. При температуре примерно 240°C для лиственных пород и 190°C для хвойных пород древесина начинает подгорать.

Повышение температуры нагрева поверхности обрабатываемой древесины в процессе проката существенно влияет на снижение доли упругой и увеличение доли пластической деформаций. При повышении температуры молекулярное сцепление между отдельными элементами древесины ослабляется. Силы внутреннего трения уменьшаются, что ведет к увеличению пластических деформаций. Уменьшение сил внутреннего трения и наибольшая текучесть материала — следствие физико-механических процессов, протекающих при прокате в период нагрева поверхностного слоя древесины.

В результате нагрева древесины происходит ее гидролиз и образование моносахаридов и других продуктов, улучшающих пластичность древесины, что ведет к увеличению доли пластической и уменьшению доли упругой деформации.

Увеличение пластических деформаций происходит также из-за сближения элементарных частиц поверхностного слоя, между которыми возрастают силы притяжения.

На выравнивание поверхности древесины влияют размягчение и расплавление лигнина, гемицеллюлоз и других аморфных веществ под действием высокой температуры; при этом снижается сопротивление древесины сжатию при прокате. Под действием давления гладких валков размягченный лигнин и другие аморфные вещества частично заполняют поры и образуют на поверхности тонкую отделочную пленку. Ворсистость и мшистость устраняются в результате вдавливания их в образованную отделочную пленку и приклеивания. При прокате под воздействием высокой температуры поверхность древесины выравнивается и становится гладкой и блестящей.

Фактор скорости подачи древесины U через прокатные валки следует рассматривать как продолжительность выдержки древесины под давлением и при повышенной температуре, что существенно влияет на увеличение пластической деформации и снижение упругой. При уменьшении скорости подачи увеличивается продолжительность контакта валков с древесиной. При этом возрастают толщина прогретого слоя древесины и количество размягченных аморфных веществ, которые придают древесине пластичность. Увеличение пластичности объясняется также и происходящими в поверхностном слое прокатываемой древесины физико-химическими процессами, протекающими во времени. В процессе контакта горячих валков с древесиной текучесть ее увеличивается, а, следовательно, силы внутреннего трения элементарных частиц уменьшаются, что соответствует снижению вязкости внутренних связующих веществ (лигнина, гемицеллюлоза и др.). При выходе древесины из-под контакта с валками происходит охлаждение поверхности и ее стабилизация.

Для характеристики результатов исследований приведем график (рис. 5) зависимости высот неровностей R_z от скорости подачи U . Величина R_{zmax} возрастает с увеличением скорости подачи, то есть с уменьшением продолжительности выдержки под давлением. Однако при скоростях $U \leq 10$ м/мин качество получаемой поверхности соответствует 10 классу шероховатости и выше.

Влияние количества пропусков n древесины между валками на шероховатость поверхности R_z показана на рис. 6. Шероховатость по-

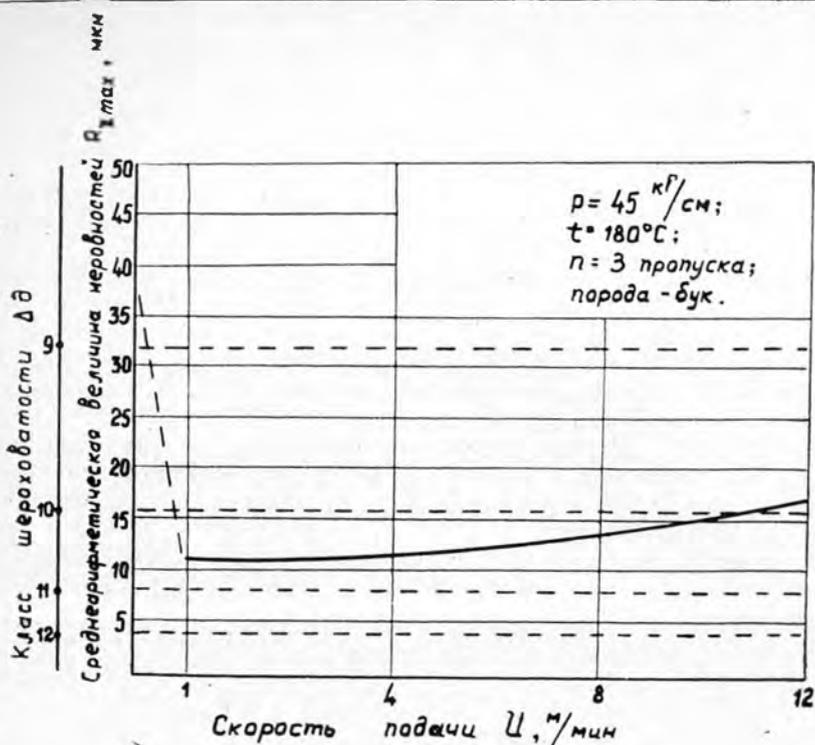


Рис. 5.

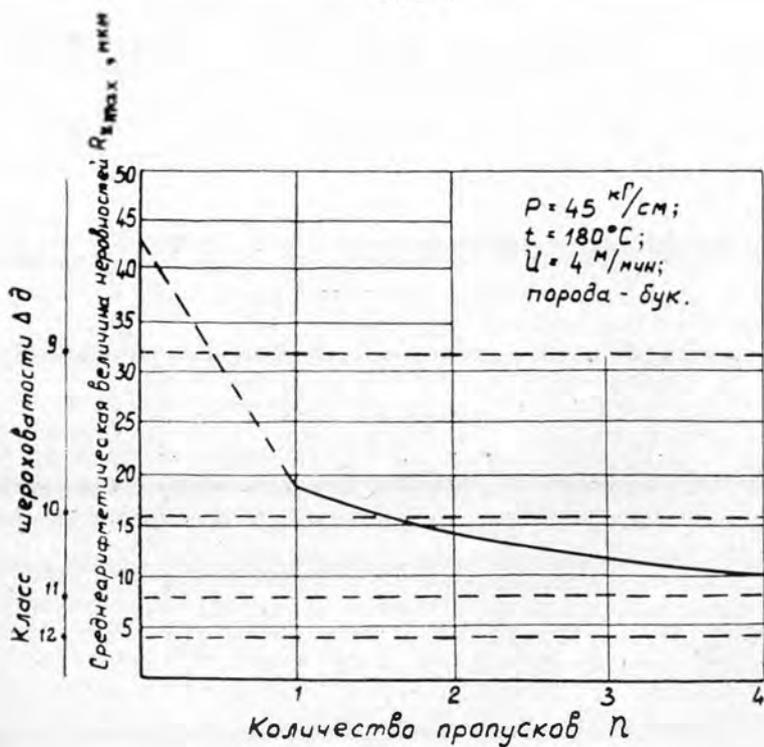


Рис. 6.

верхности уменьшается с увеличением числа пропусков; интенсивное уменьшение шероховатости происходит за первые два—три пропуска.

Увеличение количества пропусков через валки, так же как и фактор скорости подачи, следует рассматривать как продолжительность контакта валков с поверхностью древесины, то есть выдержки под давлением и при повышенной температуре.

Анализируя результаты опытов, можно рекомендовать вместо многопроходного пропуска древесины многовалковый прокатный станок и одноразовый пропуск заготовок. Как видно из рис. 6, трехразовый пропуск древесины через станок с одной парой валков или одноразовый пропуск через станок с тремя парами валков обеспечивают качество поверхности, соответствующее 10 классу шероховатости и выше.

Облагораживание поверхностей древесины способом проката происходит в результате уплотнения поверхностного слоя древесины. Уплотненная часть древесины с одновременной термообработкой представляет собой новый вид поверхности с другими показателями физико-механических свойств. Такая поверхность (по сравнению с существующими методами обработки) прочнее, лучше отделяется при уменьшенном расходе шлифовальных и лакокрасочных материалов, пониженных затратах труда и др.

Результаты обработки методом математической статистики и приведены в табл. 1, из данных которой видно, что вследствие проката основные показатели поверхности древесины улучшаются.

Таблица 1

Порода древесины	Ударная твердость, $\frac{г}{мм^2}$	Блеск, %	Влагопоглощение, %	Адгезия лакокрасочных материалов к древесине, степень отслаивания	Глубина пор, $\mu м$	Коэффициент заполнения пор порозаполнителем КФ-1
Дуб	1057	8,3	13,9	Незначительная	151	64*
	1272	15,8	8,9	Не наблюдалась	99	82
Бук	934	10,2	15,4	Незначительная	—	—
	1081	23,7	10,0	Не наблюдалась	—	—

Примечание. В числителе данные для натуральной древесины; в знаменателе — после проката. Звездочкой отмечена цифра по данным Н. М. Бессоновой (МЛТИ).

Выводы

1. Горячий прокат древесины — один из прогрессивных методов облагораживания поверхностей древесины. Под действием температуры и давления валков на поверхности древесины образуется ровная и плотная пленка отделочного материала. В процессе проката полностью устраняются мшистость и ворсистость. Поверхность древесины становится гладкой и блестящей с высотой неровностей, соответствующих 10—12 классам шероховатости ГОСТа 7016—68. Структурные неровности уменьшаются на 34—42%.

2. Выявлены оптимальные величины режимных факторов, которые можно рекомендовать для практического применения в промышленности: удельное давление $p = 30 \div 50 \text{ кг/см}$; температура нагрева $t = 130 \div 230^\circ\text{C}$; скорость подачи $U = 4 \div 8 \text{ м/мин}$; количество пропусков $n = 2 \div 3$.

3. В результате термопроката значительно улучшаются твердость, блеск, плотность, уменьшается влагопоглощение, увеличивается адгезия лакокрасочных покрытий к древесине.

4. Внедрение в мебельное производство подготовки поверхности щитовых и брусковых деталей к отделке способом проката позволяет сократить расход шлифовальных шкурок и лакокрасочных материалов, повысить производительность труда, сократить цикл обработки, создать условия механизации и автоматизации процесса за счет выполнения операций на станках проходного типа.

5. Условно-годовой эффект, полученный фабрикой им. Боженко, выражается примерно 31,9 тыс. руб. на 1 млн. выпускаемой мебели.

Поступила 19 мая 1972 г.

УДК 674.038.6

О РЕЗУЛЬТАТАХ НЕКОТОРЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЖЕСТКОСТИ И ПРОЧНОСТИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

А. Д. ГОЛЯКОВ, В. И. КОРНЕЕВ

Ленинградская лесотехническая академия

Приведены результаты экспериментальных исследований распределения жесткости и прочности пиломатериалов как характеристики объективности метода визуального контроля качества конструкционных пиломатериалов. Даны предложения по совершенствованию метода сортировки и повышению качества выпускаемой пилопродукции.

Древесина широко применяется при изготовлении несущих конструкций и сооружений. Для конструкционных пиломатериалов важнейшими показателями их качества являются механические характеристики: прочность и жесткость; внешний вид может совсем не иметь значения.

В действующем ГОСТе 8486—66 на сортировку хвойных пиломатериалов не приведены средние или минимальные значения прочности и жесткости пиломатериалов различных сортов, поэтому интересно знать распределение механических характеристик пиломатериалов в сортах и между ними. Важность исследования распределения жесткости и прочности пиломатериалов возрастает еще и в связи с тем, что в настоящее время разрабатываются методы неразрушающего контроля прочности материалов. В частности, для прочностной сортировки пиломатериалов перспективен метод силового анализа (силовая сортировка) [1]—[4], основанный на прямом поштучном определении жесткости досок и прогнозировании их прочности через уравнения регрессии. В связи с этим в ближайшее время может возникнуть необходимость создания новой стандартной классификации пиломатериалов с учетом их механических характеристик. Результаты описываемых исследований представляют определенный интерес.

Методика экспериментальных исследований условного модуля упругости и предела прочности пиломатериалов при их поперечном изгибе изложена в одной из наших статей [3]. В дальнейшем эти характеристики будем называть соответственно жесткостью и прочностью пиломатериалов.

Результаты статистической обработки жесткости и прочности сырых ($W > 30\%$) сосновых* пиломатериалов сечением 100×50 мм при-

* Плотность по ГОСТу 11491—65 494 кг/м^3 ; модуль упругости по ГОСТу 11499—65 153200 кг/см^2 ; предел прочности при статическом изгибе по ГОСТу 11494—65 715 кг/см^2 ; предел прочности при сжатии вдоль волокон по ГОСТу 11492—65 390 кг/см^2 .

Таблица 1

Сорт по ГОСТу 8486-66	Число наблюдений n	Среднее арифметическое M , кг/см ³	Среднее квадратическое отклонение σ , кг/см ³	Ошибка среднего арифметического m , кг/см ³	Коэффициент изменчивости v , %	Показатель точности P , %	Показатель асимметрии A	Отношение показателя асимметрии к своей ошибке $\frac{A}{m}$	Показатель эксцесса E	Отношение эксцесса к своей ошибке $\frac{E}{mE}$
Жесткость сортообразующих сечений										
0	34	995,40	14800	2530	14,8	2,54	0,42	1,00	-0,81	-0,96
I	65	887,00	13900	1660	15,1	1,87	0,17	0,57	-0,18	-0,29
II	59	842,00	11400	1480	13,5	1,76	0,14	0,42	-0,37	-0,57
III	87	744,00	14800	1580	19,9	2,13	0,54	2,05	+0,38	+0,72
Прочность сортообразующих сечений										
0	34	408,5	56,7	9,7	13,9	2,4	0,64	1,54	-0,24	-0,29
I	65	368,7	61,3	7,6	16,6	2,0	0,21	0,68	-0,54	-0,89
II	59	348,0	56,0	7,3	16,3	2,1	-0,02	-0,05	-0,02	-0,04
III	90	259,3	69,1	7,3	23,4	2,5	0,06	0,25	-0,76	-1,50
Жесткость метровых отрезков*										
0	162	1071,00	15500	1220	14,4	1,14	0,08	0,41	-0,95	-2,46
I	306	980,00	14400	800	14,7	0,84	0,07	0,55	-0,26	-0,92
II	297	924,00	13500	780	14,5	0,84	-0,04	-0,25	-0,40	-1,40
III	414	854,00	16500	810	19,3	0,95	0,36	2,90	0,16	0,68
Прочность метровых отрезков*										
0	112	442,5	58,7	5,6	13,2	1,3	0,06	0,25	-0,85	-1,80
I	239	403,4	72,9	4,7	18,1	1,2	0,28	1,80	-0,60	-1,90
II	254	375,8	57,5	3,6	15,3	0,96	0,36	2,30	+1,10	+2,60
III	400	355,0	67,6	1,1	19,0	0,19	-1,70	-1,30	+0,72	+0,93

* В каждой доске, кроме сортообразующего сечения, исследовали еще 4—5 ослабленных пороками сечений, отстоящих одно от другого на расстоянии 100 ± 20 см, то есть одно сечение на каждом метре длины доски.

ведены в табл. 1, из данных которой видно, что показатели достоверны ($p < 5\%$), а распределения жесткости и прочности пиломатериалов в сортах подчиняются закону Гаусса ($\frac{A}{m_A} < 3, \frac{E}{m_E} < 3$). Поэтому в дальнейших рассуждениях мы будем оперировать кривыми нормально-го распределения.

На рис. 1 показано распределение жесткости сортообразующих сечений исследованных пиломатериалов. Это распределение по характеру аналогично распределению прочности (табл. 1). Поэтому выводы, полученные при анализе кривых распределения жесткости, полностью распространяются и на прочность.

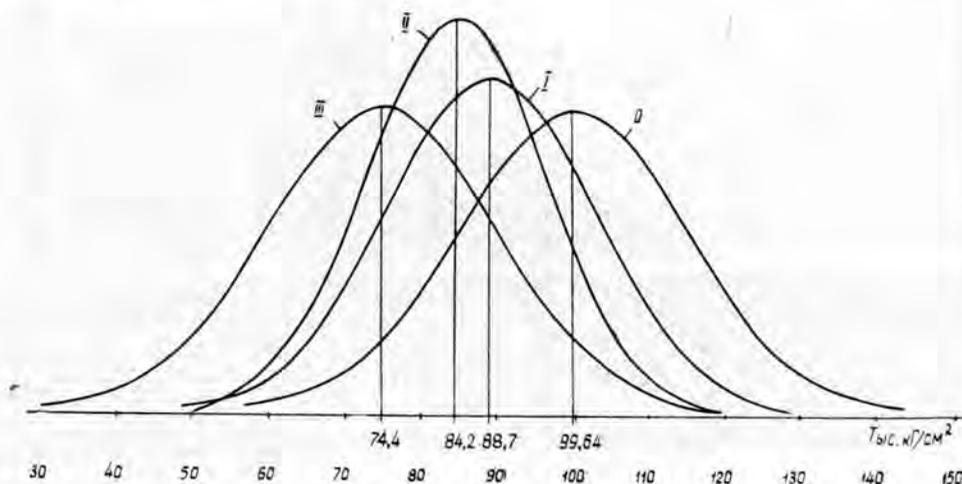


Рис. 1.

0 — кривая распределения жесткости сортообразующих сечений пиломатериалов отборного сорта; I, II, III — то же соответственно первого, второго и третьего сортов.

В нашем случае, согласно теории вероятностей, оказалось, что у 95% пиломатериалов первого и второго сортов и у 80% пиломатериалов третьего сорта механические характеристики сортообразующих сечений более высокие, чем минимальные теоретические значения жесткости и прочности отборного сорта, а у 20% пиломатериалов первого сорта, 8% — второго и 5% — третьего сортов величины этих характеристик даже больше, чем средние значения жесткости и прочности досок отборного сорта. Приведенные цифры можно расценивать как характеристику неточности визуального метода контроля качества пиломатериалов с точки зрения их прочности и как указание на необходимость совершенствования сортировки конструкционных пиломатериалов.

Различия между средними арифметическими значениями жесткости (прочности) пиломатериалов первого и второго сортов недостоверны, то есть

$$\frac{M_1 - M_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}} < 3 + \frac{6}{n-4},$$

поэтому мы предлагаем объединить пиломатериалы первого и второго сортов в одну прочностную группу.

На рис. 2 приведено распределение жесткости сортообразующих сечений отборного, объединенного I—II и III сортов, которое наглядно

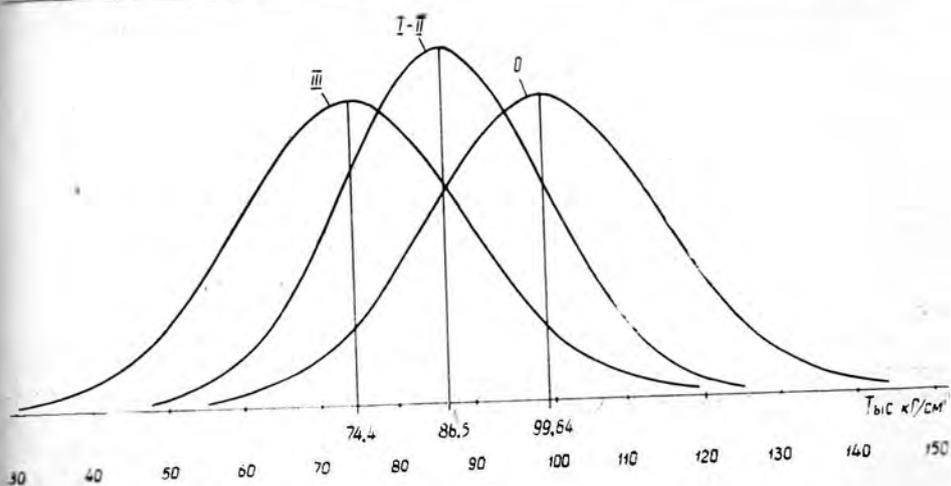


Рис. 2.

0 — кривая распределения жесткости сортообразующих сечений пиломатериалов отборного сорта; I-II — то же объединенного первого — второго сорта; III — то же третьего сорта.

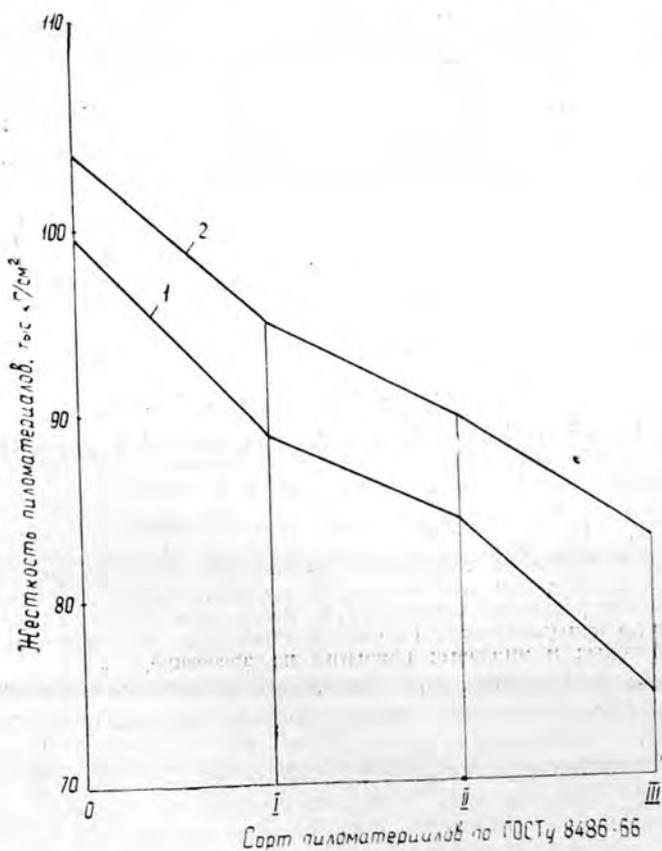


Рис. 3.

1 — средние арифметические минимальных значений жесткости пиломатериалов до вырезки сортообразующих сечений; 2 — то же после вырезки сортообразующих сечений.

подтверждает целесообразность предложенного. С уменьшением количества сортов упрощается и сам процесс сортировки.

При анализе результатов определения жесткости и прочности метровых отрезков пиломатериалов нетрудно заметить, что сортообразующими являются не все сечения и большая часть каждой доски — более высокого качества: средние значения жесткости и прочности метровых отрезков в сортах выше по сравнению с минимальными (табл. 1). Максимальное увеличение средней жесткости (прочности) наблюдается у пиломатериалов третьего сорта. Это говорит о возможности повысить сортность досок путем выторцовки сортообразующих сечений.

На рис. 3 графически показана эффективность торцовки. Наиболее эффективной оказалась вырезка сортообразующих сечений для пиломатериалов третьего сорта. Среднее арифметическое минимальных значений жесткости (прочности) после выторцовки одного сортообразующего сечения каждой доски увеличилось на 11% и соответствует второму сорту. Третий сорт пиломатериалов, в частности для анализируемого сечения, можно вообще ликвидировать. Затраты на торцовку и уменьшение объемного выхода окупятся и обернутся прибылью в результате повышения сортности пилопродукции.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. А. Баженов. О направлениях исследований механических свойств древесины в пиломатериалах и в крупных образцах. Тезисы докладов Всесоюзной конференции по современным проблемам древесиноведения. Изд. Белорусского технологического института, Минск, 1971. [2]. А. Д. Голяков. Прочностная сортировка пиломатериалов для клееных несущих конструкций. Материалы научно-технической конференции 1971 г., факультет МТД. Изд. ЛТА, Л., 1971. [3]. А. Д. Голяков. Экспериментальное исследование корреляционных связей жесткости и прочности пиломатериалов при изгибе. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1972. [4]. R. Hoyle. A Nondestructive Test for Stiffness of Structural Lumber. Forest Products J., № 6, 1961.

Поступила 19 мая 1972 г.

УДК 634.0.812

О ТЕПЛОМ ВОЗДЕЙСТВИИ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ДРЕВЕСИНУ

А. Д. ПИНЧЕВСКИЙ, Э. А. ЧЕРНЯКОВ, А. Н. ПОПОВ, А. А. КЛАЙМАН

Львовский лесотехнический институт

Исследовали температуру на поверхности древесины разных пород при воздействии на нее ультрафиолетового излучения различной освещенности. Результаты можно использовать при установлении режимов интенсификации отверждения лаковых и эмалевых покрытий на древесине.

В последнее время все более широкое признание получает разработанный в Львовском лесотехническом институте фотохимический способ интенсификации сушки полиэфирных отделочных материалов. Отверждение лаковых и эмалевых покрытий на древесине под воздействием УФ-лучей — сложный физико-химический процесс, характер протекания которого зависит не только от свойств материала покрытия, но и от воздействия излучения на древесину. Так как масса покрытия намного меньше массы подложки, то, очевидно, температурное поле в отделочном покрытии будет определяться, в основном, свойствами подложки.

В связи с этим изучен характер энергетического воздействия ультрафиолетового излучения на подложку из разных пород древесины при различных значениях ее освещенности. В качестве источника излучения применяли ртутно-кварцевую лампу ДРТ-375. Принятая величина освещенности составляла 20, 30, 40 и 50 тыс. лк. Для замера освещенности использовали люксметр типа Ю-16.

Эксперименты проводили по следующей методике. На образцах стружечной плиты (начальная влажность 8—9%) закрепляли термометры сопротивления, обмотка которых выполнялась из эмалированного медного провода марки ПЭВ-2 диаметром 60 мк. Способ изготовления и крепления термометров изложен в одной из наших работ [1]. Затем образцы фанеровали буквым, ореховым и березовым шпоном толщиной 0,9—1,0 мм, после чего на фанерованную поверхность крепился аналогичный термометр сопротивления. Это позволило измерять температуру непосредственно на поверхности образца и под слоем облицовочного шпона.

Чтобы проградуировать термометры, измеряли величину их сопротивления R_0 при 0°C и определяли температурный коэффициент сопротивления α для партии провода, из которого изготавливали термометры. Температуру нагрева t вычисляли по величине сопротивления R_t , измеренного с помощью переносного универсального прибора УПИП-60М класса 0,05, по формуле:

$$t = \frac{1}{\alpha} \left(\frac{R_t}{R_0} - 1 \right). \quad (1)$$

Как показано в нашей работе [1], принятая методика позволяет определять температуру со средней квадратичной погрешностью не более $\pm 0,13^\circ\text{C}$.

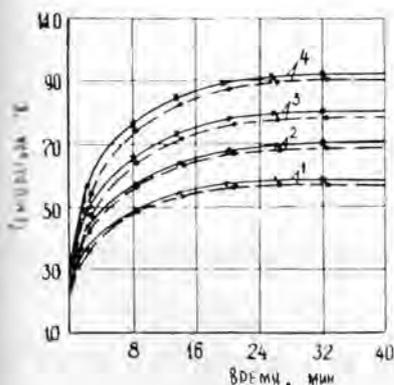


Рис. 1.

1 — освещенность 20 тыс. лк; 2 — 30 тыс. лк;
3 — 40 тыс. лк; 4 — 50 тыс. лк.

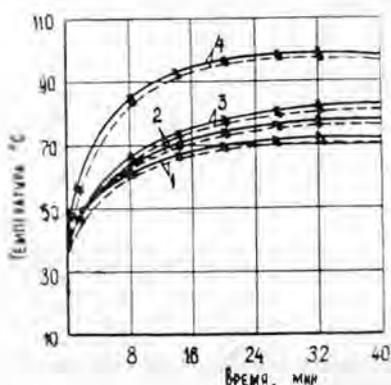


Рис. 2. Обозначения те же.

На рис. 1 приведены экспериментальные кривые изменения температуры при различных значениях освещенности УФ-лучами для бука, на рис. 2 — для ореха, на рис. 3 — для березы. Сплошными линиями показан характер роста температуры на поверхности образца, пунктирными — характер роста температуры под слоем облицовочного шпона. На рис. 4 представлены кривые нагрева поверхности нефанерованной стружечной плиты при тех же условиях воздействия УФ-лучей.

Из графиков видно, что при сравнимых значениях освещенности и времени облучения разные породы древесины нагреваются до

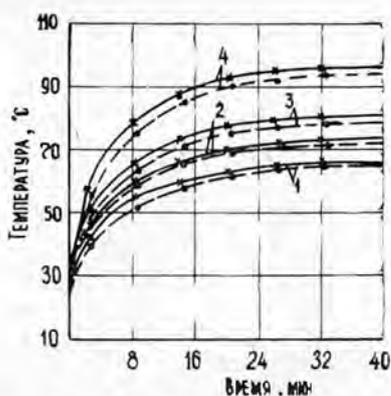


Рис. 3. Обозначения те же.

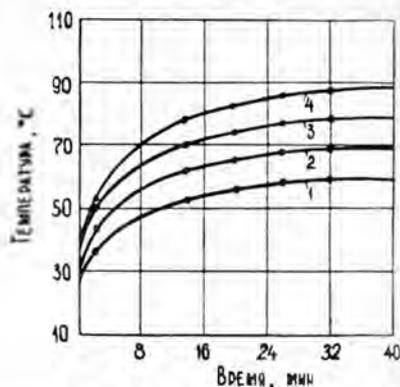


Рис. 4. Обозначения те же.

различной температуры. Значения установившейся температуры приведены в табл. 1.

Таблица 1

Порода облицовочной древесины	Установившаяся температура, °С, при освещенности, тыс. лк			
	20	30	40	50
Бук	58	70	80	92
Орех	72	78	82	98
Береза	66	74	81	96
ДСП необлицованный	58	69	79	89

Температура под слоем шпона рассматриваемых пород на 1—2°С ниже, чем на поверхности.

Полученные данные показывают, что при выборе режимов облучения нужно учитывать не только свойства отделочного материала, но и породу облицовочной древесины.

Температура на поверхности древесины описывается зависимостью:

$$t = t_n + (t_k - t_n) \left(1 - e^{-\frac{E\tau}{K_1}} \right) + A e^{-\frac{\tau}{K_2}}, \quad (2)$$

где t_n — начальная температура древесины;
 t_k — конечная (установившаяся) температура древесины;
 τ — время облучения, мин;
 E — освещенность, тыс. лк;
 K_1 — коэффициент, имеющий размерность тыс. лк · мин;
 K_2 — коэффициент, имеющий размерность мин;
 A — безразмерный коэффициент.

Численные значения соответствующих коэффициентов K_1 , K_2 и A , приведенные в табл. 2, определены на электронно-вычислительной машине «Промінь-М».

Таблица 2

Порода облицовочной древесины	K_1	K_2	A
Бук	248	9,6	0,25
Орех	300	10,6	0,29
Береза	256	10,9	0,26
ДСП необлицованный	280	12,4	0,23

Отклонения расчетных значений температуры, полученных по формуле (2), от экспериментальных данных не превышают 10%.

Соотношение (2) позволяет приближенно оценить время τ_k , начиная с которого температуру t можно считать установившейся. Полагая в формуле (2) $t = t_k$, после преобразований получим

$$\tau_k = \frac{\ln A}{\frac{E}{K_1} - \frac{1}{K_2}} \quad (3)$$

Найденные соотношения и графические зависимости можно использовать при разработке режимов интенсификации отверждения лаков и эмалей на древесине различных пород.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. А. Д. Пинчевский, Э. А. Черняков, А. А. Клайман. О методике измерения температуры в лаковых и эмалевых покрытиях. Журн. «Деревообрабатывающая промышленность» № 7, 1970.

Поступила 18 мая 1972 г.

УДК 634.0.865

ИССЛЕДОВАНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ШЛИФОВАНИИ ДРЕВЕСНОСЛОИСТОГО ПЛАСТИКА

В. Г. ЛЮБИМОВ

Львовский лесотехнический институт

Приводятся экспериментальные данные по шлифованию древеснослоистого пластика марки ДСП-В стеклянными абразивными кругами, которые по стойкости и производительности превосходят металлообрабатывающие в 15—20 раз и обеспечивают 8 класс чистоты обработанной поверхности.

Древеснослоистые пластики широко применяются как конструкционный и антифрикционный материал. Из них изготовляют вкладыши подшипников, зубчатые колеса, втулки, ролики, панели, плиты, детали судовых механизмов, ползуны в машинах текстильного производства, детали в узлах лесозаготовительных, сельскохозяйственных и других машин.

Качество, надежность и долговечность деталей из древеснослоистых пластиков в значительной степени зависят от точности их изготовления. Чистота обработанной поверхности тесно связана с достижимой точностью. Шероховатость поверхности — составная часть допуска на изготовление детали. На точность изготовления деталей из пластмасс установлен стандарт (ГОСТ 11710—66), который распространяется на допуски и посадки деталей из пластмасс размером 1—500 мм, сопрягаемых с металлическими или пластмассовыми деталями. Согласно этому стандарту, точность второго класса у деталей из пластмасс достигается наружным и внутренним шлифованием или двукратным развертыванием.

В статье приводятся экспериментальные данные по шлифованию древеснослоистого пластика марки ДСП-В стеклянными абразивными кругами на бакелитовой связке, состав которых разработан сотрудниками кафедры технологии металлов Львовского лесотехнического института. Составные части кругов: измельченное зерно (абразивный материал), жидкий бакелит (увлажнитель абразивных зерен) и порошок бакелит (связующий материал) [1], [2], [3].

Для шлифования применяли круги диаметром 190—200 мм, шириной (высотой цилиндра) 22 мм. Образцы длиной 280 мм и шириной 45 мм жестко закрепляли на столе металлообрабатывающего плоскошлифовального станка модели 371М-1. Шлифование производили по двум направлениям: перпендикулярно расположению слоев шпона (торцовые поверхности) и по направлению расположения слоев шпона (боковые поверхности). Влажность опытных образцов 10%. Величину микронеровностей обработанной поверхности измеряли двойным микроскопом МИС-11. В качестве критерия чистоты поверхности была принята высота неровностей R_z по ГОСТу 2789—59 для оценки шероховатости поверхности металлов. Выбор этого критерия обусловлен тем, что пластмассовые изделия во многих случаях работают в паре с металлическими.

Переменные факторы режима обработки: скорость круга $v = 16 \div 30$ м/сек, скорость подачи изделия $u = 5 \div 20$ м/мин, поперечная подача круга $s_n = 0,125 \div 16$ мм/ход, глубина шлифования $t = 0,05 \div 1$ мм, зернистость кругов $z = 32 \div 80$. Перед началом каждого опыта круг подвергали правке.

Слоистые пластмассы имеют анизотропное строение, в связи с этим обрабатываемость их шлифованием по направлению расположения слоев и перпендикулярно слоям неодинакова. Чистота поверхности при их обработке зависит, главным образом, от характеристики круга, времени его работы, режима шлифования и его направления. При шлифовании древеснослоистых пластиков без поперечной подачи круга максимально возможная чистота поверхности при обработке торцовых и боковых поверхностей находится в пределах 5—6 классов [1]. В ряде случаев указанная чистота поверхности недостаточна для деталей, работающих в паре с металлическими.

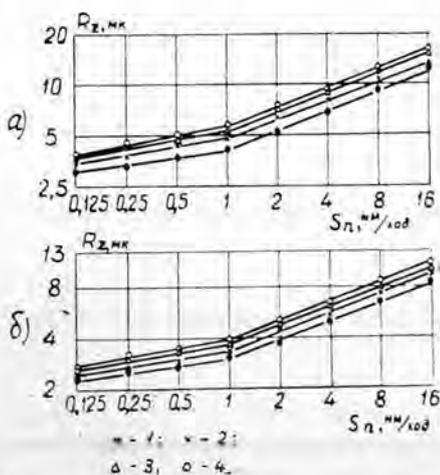


Рис. 1.

а — шлифование торцовых поверхностей; б — шлифование боковых поверхностей; $v = 30$ м/сек; $t = 0,1$ мм; $z = 50$; 1 — $u = 5$ м/мин; 2 — 10; 3 — 15; 4 — 20 м/мин.

При работе с поперечной подачей круга аналогичной операцией, применяемой при обработке металлов, достигается 8 класс чистоты. На рис. 1 показана в логарифмических координатах зависимость высоты микронеровностей R_z от поперечной подачи круга s_n и скорости подачи изделия u . С увеличением поперечной подачи высота микронеровностей возрастает. Так, при скорости подачи изделия 5 м/мин с изменением поперечной подачи круга от 0,125 до 16 мм/ход высота микронеровностей возрастает с 3,1 до 12,8 мк (чистота поверхности

снижается с 8 до 5 класса) при шлифовании торцовых поверхностей и повышается с 2,3 до 8,6 мк (чистота поверхности снижается с 8 до 6 класса) при шлифовании боковых поверхностей.

Из рис. 1 также следует, что с увеличением скорости подачи изделия высота микронеровностей возрастает, например, для $s_n = 1$ мм/ход при изменении скорости подачи от 5 до 20 м/мин высота микронеровностей по двум аналогичным направлениям соответственно увеличивается с 4,2 до 5 мк и с 3 до 3,9 мк.

Улучшение чистоты обработанной поверхности с уменьшением поперечной подачи круга и скорости подачи изделия связано с увеличением количества зерен круга, которые пересекают единицу площади шлифуемой поверхности изделия. При работе с малыми поперечными подачами круга и малыми подачами изделия шлифуемая поверхность более продолжительное время находится в контакте с абразивным кругом, в связи с этим она подвергается более тщательной отделке.

Степень влияния поперечной подачи на высоту микронеровностей характеризуется двумя зонами: первая — от 0,125 до 1 мм/ход, вторая зона — от 1 до 16 мм/ход.

Для первой зоны влияние поперечной подачи для $u = 5 \div 20$ м/мин выражается уравнениями:

при шлифовании торцовых поверхностей

$$R_z = C_1 s_n^{0,18}; \quad (1)$$

при шлифовании боковых поверхностей

$$R_z = C_2 s_n^{0,16}. \quad (2)$$

Для второй зоны уравнения имеют вид:

при шлифовании торцовых поверхностей

$$R_z = C_3 s_n^{0,39}; \quad (3)$$

при шлифовании боковых поверхностей

$$R_z = C_4 s_n^{0,37}. \quad (4)$$

В этих формулах C_1, C_2, C_3, C_4 — постоянные коэффициенты.

Из уравнений (1), (2), (3), (4) видно, что при шлифовании торцовых поверхностей влияние поперечной подачи на высоту микронеровностей проявляется несколько сильнее, чем при шлифовании боковых поверхностей. Это объясняется различными физико-механическими свойствами обрабатываемого материала в разных направлениях. Исследования показали, что при шлифовании торцовых поверхностей тангенциальная и радиальная силы резания в среднем на 40% выше, чем при шлифовании боковых поверхностей. Повышенные силы резания при стружкообразовании приводят к более интенсивному износу кругов и менее низкой их стойкости, к более высокой степени влияния параметров режима резания на высоту микронеровностей.

На рис. 2 показана зависимость высоты микронеровностей от скорости круга и поперечной подачи. С увеличением скорости круга чистота обработанной поверхности улучшается. Например, для $s_n = 1$ мм/ход при изменении скорости круга от 16 до 30 м/сек высота микронеровностей снижается: при шлифовании торцовых поверхностей — с 4,9 до 4,2 мк, при шлифовании боковых поверхностей — с 3,5 до 3 мк. Повышение скорости круга в указанном диапазоне приводит к снижению шероховатости на 16—18%, что объясняется увеличением числа зерен, пересекающих шлифуемую поверхность.

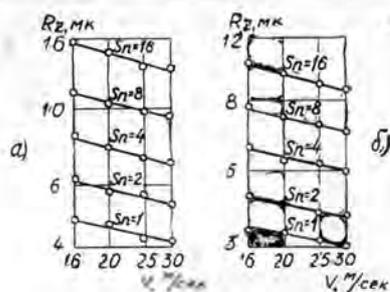


Рис. 2.

а — шлифование торцовых поверхностей;
 б — шлифование боковых поверхностей;
 $v = 30$ м/сек; $u = 50$ м/мин;
 $t = 0,1$ мм; $z = 50$.

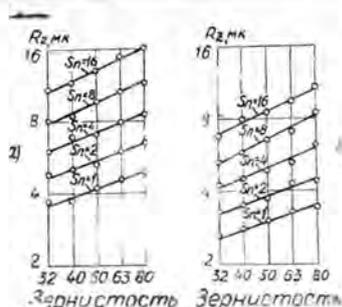


Рис. 3.

а — шлифование торцовых поверхностей; б — шлифование боковых поверхностей;
 $v = 30$ м/сек;
 $u = 5$ м/мин; $t = 0,1$ мм.

На рис. 3 приведена зависимость высоты микронеровностей от зернистости абразивных кругов и поперечной подачи. С повышением зернистости кругов чистота поверхности ухудшается, так как количество зерен, участвующих в обработке единицы площади шлифуемой поверхности, уменьшается. Например, для $s_n = 1$ мм/ход при изменении зернистости от 32 до 80 высота микронеровностей возрастает: при шлифовании торцовых поверхностей — с 3,6 до 4,9 мк и при шлифовании боковых поверхностей — с 2,6 до 3,4 мк. Мелкозернистые круги имеют более низкую стойкость, чем крупнозернистые; зерна их быстрее выкрашиваются, а поры забиваются стружкой. Например, стойкость кругов зернистостью 32 в 2 раза ниже стойкости кругов зернистостью 50 и в 4 раза ниже стойкости кругов зернистостью 80.

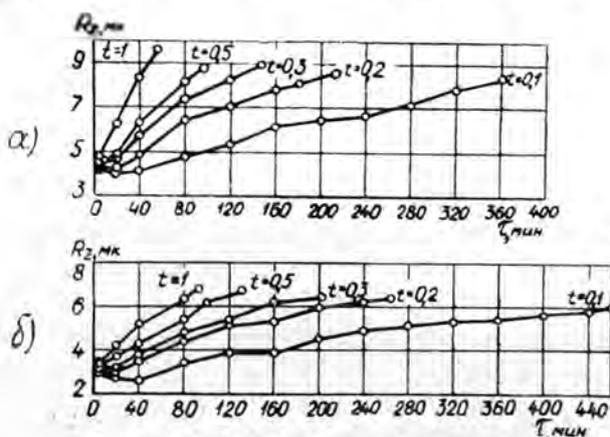


Рис. 4.

а — шлифование торцовых поверхностей; б — шлифование боковых поверхностей; $v = 30$ м/сек; $u = 5$ м/мин;
 $s_n = 1$ мм/сек; $z = 50$.

На рис. 4 представлены кривые, характеризующие изменение высоты микронеровностей за период стойкости круга. За критерий стойкости было принято относительное увеличение высоты микронеровностей во времени в 2 раза. Из рис. 4, а также из уравнений (5) и (6) видно, что в начальный момент шлифования глубина шлифования мало влияет на шероховатость поверхности, так как количество зерен,

пересекающих шлифуемую поверхность изделия, с увеличением глубины изменяется мало. Однако с течением времени в результате износа круга количество активных зерен уменьшается. С увеличением глубины шлифования возрастает объем стружки, срезаемый абразивными зернами в единицу времени; условия размещения стружки между зернами ухудшаются; толщина стружки, снимаемой отдельным зерном, увеличивается; силы резания и температура в зоне резания возрастают; износ круга усиливается. Перечисленные факторы воздействуют во времени на микро- и макрогеометрию рабочей поверхности круга, что проявляется в значительном изменении шероховатости поверхности и стойкости кругов с изменением глубины шлифования. Так, при глубине шлифования $t = 0,1$ мм стойкость круга составляет 360 мин при шлифовании торцовых поверхностей и 460 мин при шлифовании боковых поверхностей; при $t = 1$ мм стойкость соответственно равна 56 и 92 мин. С увеличением поперечной подачи стойкость кругов снижается. Выбор максимальной глубины шлифования зависит от поперечной подачи круга. Рекомендуется при этом руководствоваться следующими значениями: для $s_n = 0,125 \div 4$ мм/ход глубина шлифования может быть доведена до 1 мм, для $s_n = 8$ мм/ход — до 0,5 мм и для $s_n = 16$ мм/ход — до 0,3 мм.

В результате математической обработки опытного материала при режиме шлифования $v = 16 \div 30$ м/сек, $u = 5 \div 20$ м/мин, $s_n = 1 \div 16$ мм/ход, $t = 0,05 \div 1$ мм, $z = 32 \div 80$ были получены следующие формулы:

для торцовых поверхностей

$$R_z = \frac{1,51 s_n^{0,39} u^{0,23} t^{0,046} z^{0,40}}{v^{0,25}}; \quad (5)$$

для боковых поверхностей

$$R_z = \frac{0,93 s_n^{0,37} u^{0,21} t^{0,037} z^{0,43}}{v^{0,23}}. \quad (6)$$

Из приведенных формул видно, что при шлифовании древеснослоистых пластиков с поперечными подачами $s_n = 1 \div 16$ мм/ход наибольшее влияние на шероховатость поверхности оказывают зернистость и поперечная подача круга и в меньшей степени — скорость круга, скорость подачи изделия и глубина шлифования.

Эксперименты показали, что и для других марок древеснослоистых пластиков при работе с поперечной подачей также достигается 8 класс чистоты. Отделка поверхностей с высокой чистотой может быть применена для декоративного шлифования изделий в мебельной промышленности.

Использование металлообрабатывающих кругов для шлифования древеснослоистых пластиков неэффективно. Стойкость кругов в 15—20 раз ниже разработанных нами. Основная причина низкой стойкости кругов — их быстрое засаливание. Частые правки приводят к большому расходу абразивного материала и низкой производительности. Описанный метод обработки распространяется также на круглое наружное и внутреннее шлифование древеснослоистых пластиков.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. Г. Любимов. Обработка слоистых пластиков абразивными кругами. Журн. «Лесная, бумажная и деревообрабатывающая промышленность» № 3, Киев, 1966. [2]. А. И. Яцюк, В. Г. Любимов. Абразивные круги для шлифования древесины. Журн. «Деревообрабатывающая промышленность» № 9, М., 1962.

[3]. А. И. Яцюк, А. В. Якубовский. Рецептúra абразивных кругов для шлифования древесины. Журн. «Лесная, бумажная и деревообрабатывающая промышленность» № 5, Киев, 1969.

Поступила 9 ноября 1971 г.

УДК 634.0.812 : (674.032.16 + 674.031.21)

О НЕКОТОРЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЯХ СОСНЫ И БЕРЕЗЫ ЦЕНТРАЛЬНЫХ РАЙОНОВ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ СССР

В. В. ПАМФИЛОВ, Л. А. ТЕТЕРИН, Э. А. ФОМИНА

Брянский технологический институт

Приведены результаты исследований условного предела прочности при местном смятии поперек волокон сосны и березы европейской части СССР. Испытания проводили по стандартной методике, результаты могут быть использованы для включения в РТМ «Древесина. Показатели физико-механических свойств». Исследованы прочностные показатели березы центральных районов европейской части СССР при растяжении и сжатии вдоль волокон, установлена их связь с плотностью.

В «Руководящих технических материалах» [3] отсутствуют данные об условном пределе прочности при местном смятии поперек волокон для сосны и березы центральных районов европейской части СССР. Вообще этот показатель древесины изучен мало. Нами был исследован

условный предел прочности при местном смятии указанных пород при действии нагрузки в тангенциальном направлении*. Пробные площади закладывали в учебно-опытном лесхозе БТИ. Заготовка моделей и изготовление образцов соответствовали стандартам ГОСТа 11483—65 и ГОСТа 11484—65.

Испытания на местное смятие поперек волокон выполняли по стандартной методике (ГОСТ 11492—65) с помощью приспособления, показанного на рис. 1. Использовали испытательную машину УММ-5.

Условный предел прочности при местном смятии поперек волокон определяли по формуле

$$\sigma_{\text{усл ш}} = \frac{P_{\text{п}}}{1,8 a} \text{ кг/см}^2, \quad (1)$$

где $P_{\text{п}}$ — нагрузка при пределе пропорциональности, кг;
 a — ширина образца, см.

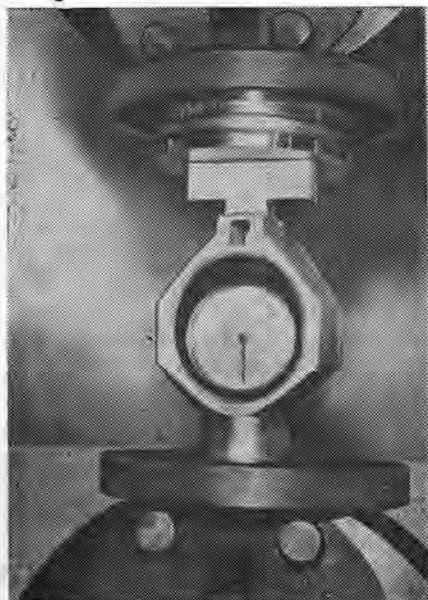


Рис. 1.

* В работе принимали участие студенты Н. Курганская, Л. Попова, А. Рябичева, В. Мацуева, Л. Гафькина, С. Огненко.

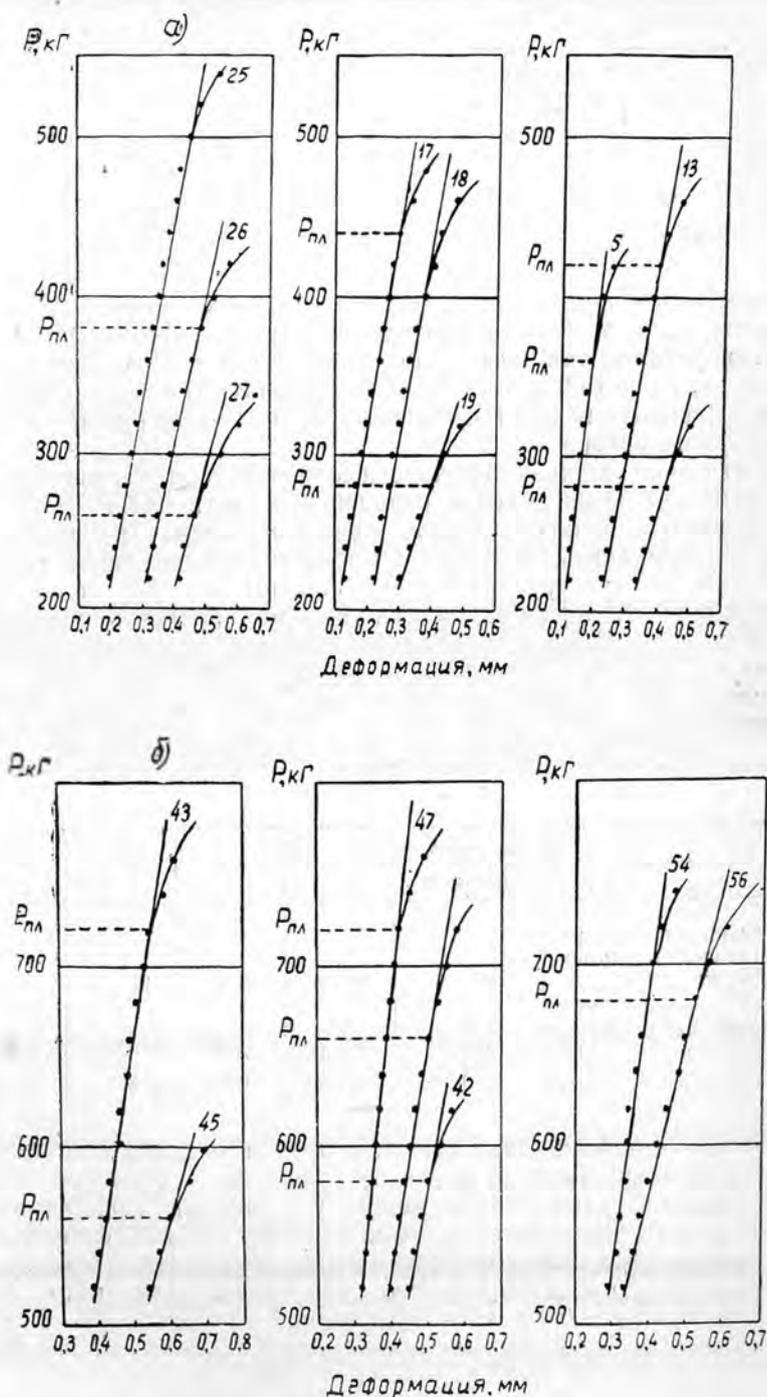


Рис. 2.

а — для сосны; б — для березы.

Полученные данные приводили к влажности 15%.

Примеры определения P_n по диаграммам смятия поперек волокон показаны на рис. 2. Было испытано по 49 образцов сосны и березы.

Таблица 1

Порода	Среднеарифметическое значение $\sigma_{\text{усл}}$, кг/см ²	$\pm\sigma$, кг/см ²	$\pm m$, кг/см ²	V, %	P, %
Сосна	121	34,5	4,95	28,62	4,09
Береза	73	16,43	2,34	22,5	3,20

Результаты испытаний и статистической обработки приведены в табл. 1. Имеющиеся данные об условном пределе прочности при местном смятии противоречивы: так, для сосны при смятии в тангенциальном направлении $\sigma_{\text{усл } 15} = 132 \text{ кг/см}^2$ по С. И. Ванину [1] и $\sigma_{\text{усл } 15} = 51 \text{ кг/см}^2$ по А. М. Перельгину [2]. Результаты наших исследований близки к данным первого автора.

Недостаточно изучены прочностные показатели березы, произрастающей в центральных районах европейской части СССР. Нами исследованы пределы прочности березы при растяжении и сжатии вдоль волокон и установлены их связи с плотностью. Испытания проводили по стандартным методикам, причем образцы для определения плотности вырезали из образцов, испытанных на прочность при растяжении вдоль волокон. При испытании на сжатие вдоль волокон плотность определяли на тех же образцах, что и пределы прочности.

Результаты статистической обработки экспериментальных данных приведены в табл. 2.

Таблица 2

Показатель	Среднеарифметическое значение M	$\pm\sigma$	$\pm m$	V, %	P, %
Предел прочности при растяжении вдоль волокон, кг/см ²	1080	241,95	40,92	22,42	3,79
Предел прочности при сжатии вдоль волокон, кг/см ²	467	62,10	10,21	13,0	2,0
Плотность, г/см ³	0,64	0,039	0,006	6,0	2,0

Построены графики зависимости пределов прочности древесины березы от плотности (рис. 3). Судя по графикам, можно предположить наличие линейной зависимости между указанными величинами. Для уточнения этого предположения были определены коэффициенты корреляции между пределами прочности при растяжении и сжатии вдоль волокон для березы и ее плотностью. Для первой зависимости коэффициент корреляции $r = 0,9 \pm 0,031$, для второй $r = 0,89 \pm 0,33$. Оба коэффициента корреляции вполне достоверны: $\frac{r}{m_r} = 29$ (предел прочности

при растяжении вдоль волокон — плотность) и $\frac{r}{m_r} = 27$ (предел прочности при сжатии вдоль волокон — плотность). Как и следовало ожидать, теснота линейной связи достаточно высокая. Для указанных зависимостей можно составить корреляционные уравнения по формуле

$$y = M_y + r \frac{\sigma_y}{\sigma_x} (x - M_x). \quad (2)$$

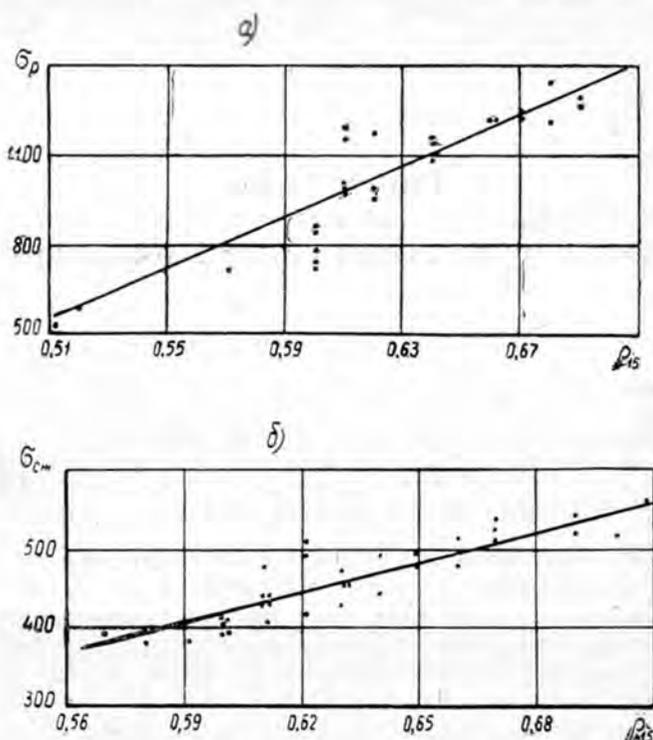


Рис. 3.

а — при растяжении вдоль волокон;
б — при сжатии вдоль волокон.

Подставляя соответствующие величины в уравнение (2) и делая преобразования, получим

$$\sigma_{p15} = 1000 \rho_{15} - 5244; \quad (3)$$

$$\sigma_{сж15} = 2920 \rho_{15} - 1369. \quad (4)$$

В уравнениях (3) и (4):

σ_{p15} — предел прочности при растяжении вдоль волокон при 15%-ной влажности, кг/см^2 ;

$\sigma_{сж15}$ — предел прочности при сжатии вдоль волокон при 15%-ной влажности, кг/см^2 ;

ρ_{15} — плотность при 15%-ной влажности, кг/см^3 .

Вычисленные по формуле

$$m_{xy} = \pm \sigma_y \sqrt{1 - r^2}$$

ошибки уравнений (3) и (4) составляют соответственно $\pm 112 \text{ кг/см}^2$ и $\pm 28 \text{ кг/см}^2$.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. С. И. Ванин. Древоисоведение. Гослесбумиздат, 1949. [2]. А. М. Перельгин. Древоисоведение. Изд-во «Лесная промышленность», 1969. [3]. Руководящие технические материалы. Древесина. Показатели физико-механических свойств. М., 1962.

УДК 667.64/65

ПРОПУСКАНИЕ И ПОГЛОЩЕНИЕ УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫХ ЛУЧЕЙ ТВЕРДЫМИ И ЖИДКИМИ ЛАКОВЫМИ ПЛЕНКАМИ

М. П. ГОРЕНЬКОВ

Архангельский лесотехнический институт

Приводятся результаты исследований пропускания и поглощения ультрафиолетовых лучей твердыми и жидкими лаковыми пленками. Установлена зависимость пропускания от толщины покрытия и вида лакокрасочного материала. Полученные данные свидетельствуют о неодинаковом пропускании ультрафиолетового спектра через лаковые пленки.

Опубликованные ранее [1], [3] результаты изменения светостойкости прозрачных лаковых покрытий от воздействия ультрафиолетовых лучей показывают, что последние, проникая через покрытие, разрушающе действуют на него, изменяя цвет, нарушая адгезию к древесине. Несомненно, что ультрафиолетовый спектр света с длиной волны 220—400 мкм неодинаково проникает и поглощается твердыми и жидкими лаковыми пленками в процессе их эксплуатации или сушки. Представляет научный и практический интерес изучить степень пропускания и поглощения ультрафиолетовых лучей твердыми и жидкими лаковыми пленками. Работы в этом направлении проведены в Архангельском лесотехническом институте.

Для исследования нами использованы нитроцеллюлозные лаки марок НЦ-221, НЦ-224 и НЦ-218, нитроцеллюлозный лак чехословацкого производства НЦ-Ч, мочевино-формальдегидный лак МЧ-52, полиэфирные лаки ПЭ-214 и ПЭ-246, Политекс 023А и масляный лак 4с. Пропускание и поглощение ультрафиолетовых лучей лаковыми пленками определяли на спектрофотометре СФ-4 с кварцевой оптикой. Твердые пленки (образцы) готовили нанесением жидкого раствора лака (вязкостью 25 сек по ВЗ-4) на поверхность кварцевого стекла, которое не поглощает ультрафиолетовых лучей. После сушки покрытия при 18—23°C в течение 24 час измеряли его толщину индикаторным прибором с ценой деления 0,001 мм [2].

Подготовленные образцы с покрытием после каждого нанесенного слоя помещали в рабочий луч спектрофотометра, а чистое кварцевое стекло — в луч сравнения. После записи спектра пропускания наносили следующий слой лака, покрытие сушили, измеряли толщину пленки и снова записывали спектр.

Образцы с жидкими лаковыми пленками готовили, используя стандартные станки и приложенные к ним вкладыши. Применяя вкладыши различной толщины, получали пленки толщиной 55, 109, 200 и 500 мк. Для каждой толщины записывали спектр пропускания.

Результаты пропускания ультрафиолетовых лучей различной длины волны жидкими и твердыми лаковыми пленками обобщены для разных толщин. Одна часть данных сведена в табл. 1 и 2, другая — представлена на рис. 1—5. Результаты свидетельствуют о неодинаковой способности покрытий пропускать ультрафиолетовый спектр. Пропускание

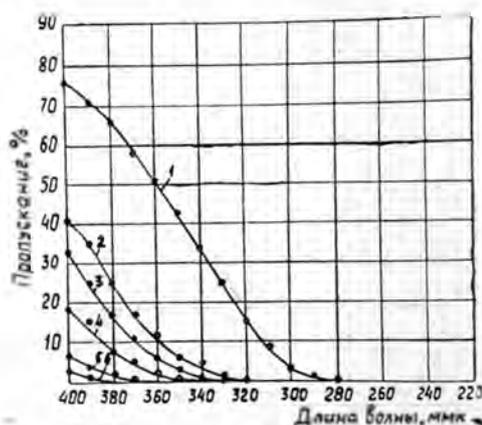
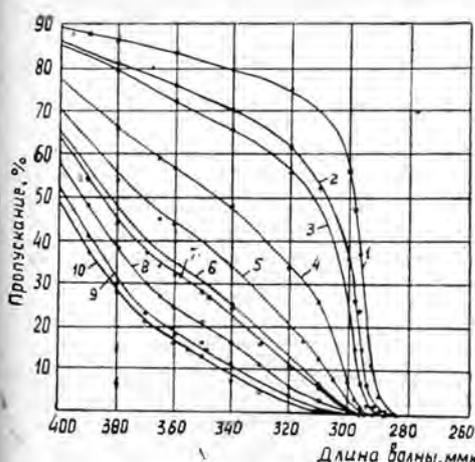


Рис. 1. Спектры пропускания ультрафиолетовых лучей пленками лака МС-52.

Рис. 2. Спектры пропускания ультрафиолетовых лучей пленками лака НЦ-221.

1 — 18 мк; 2 — 35; 3 — 50; 4 — 75; 5 — 115;
6 — 157; 7 — 170; 8 — 210; 9 — 250; 10 — 270 мк.

1 — 18 мк; 2 — 45; 3 — 65; 4 — 100;
5 — 162; 6 — 240 мк.

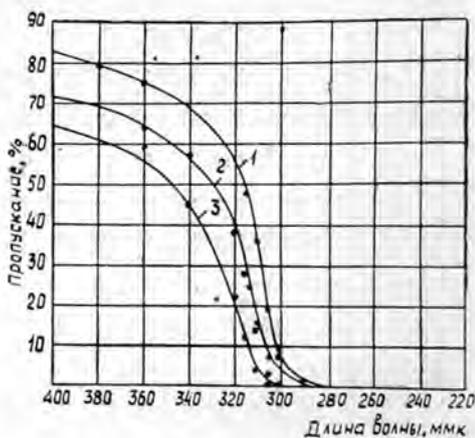
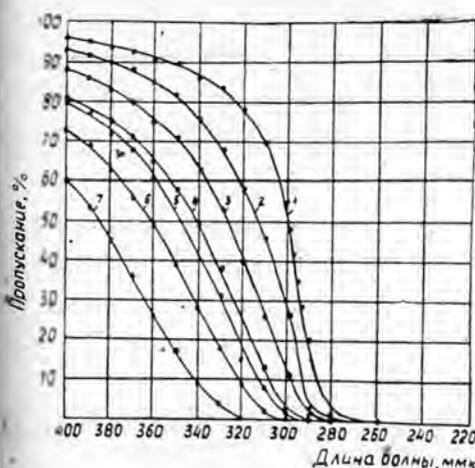


Рис. 3. Спектры пропускания ультрафиолетовых лучей пленками лака НЦ-218.

Рис. 4. Спектры пропускания ультрафиолетовых лучей пленками полиэфирного лака Политекс 023А.

1 — 15 мк; 2 — 37; 3 — 65; 4 — 90;
5 — 120; 6 — 170; 7 — 293 мк.

1 — 120 мк; 2 — 160; 3 — 375 мк.

ультрафиолетовых лучей более тонкими покрытиями значительно выше и уменьшается с увеличением толщины пленки; при этом изменяется и форма кривой спектра пропускания.

Для покрытий лаков НЦ-221 и НЦ-218 при толщине пленки 18 мк (рис. 6) наблюдается максимум, который исчезает при толщине 200 мк (рис. 7). Из этих рисунков видно, что пленки лака НЦ-221 исследуемых толщин поглощают большую часть ультрафиолетового спектра по сравнению с покрытиями лака НЦ-218; из группы полиэфирных лаков (табл. 1) покрытия лака ПЭ-246 обладают повышенной способностью пропускать ультрафиолет.

Полученные результаты показывают, что не все ультрафиолетовые лучи в равной степени поглощаются покрытиями. Пленки лаков

Пропускание ультрафиолетовых лучей, %, твердыми лаковыми пленками при длине волны, мкм

Толщина пленки, мк	Лак	Пропускание ультрафиолетовых лучей, %, твердыми лаковыми пленками при длине волны, мкм															
		400	390	380	370	360	350	340	330	320	310	300	290	280	270	260	
35 ± 5	НЦ-218	93	92	90	88	85	81,5	75,5	68,5	58	43,5	26	0,5	0			
	НЦ-Ч	90	86	82	76	67	57	45	33	22	12	5	1,5	0,5	0		
	НЦ-224	64	56	46,5	36	25	14	6,5	2,5	1	0,5	0					
	НЦ-221	41	35	25	17,5	12	6	2,5	1,0	0,5	0						
	Масляный 4с	76	71	65	55	47	36	25	16	9	3	1	0,5	0			
65 ± 5	НЦ-Ч	86,5	82,5	77	69	58,5	46	33,5	23	13,5	6	2	0				
	НЦ-224	54	45	35	24	14	7	2	0,5	0							
	НЦ-221	33	25	17	11	6	3	1	0,5	0							
80 ± 5	МЧ-52	77	—	66	—	57	—	48	—	34	26	7	2,5	0			
	Масляный 4с	52	44	33	22	12	6	2,5	1,0	0							
	ПЭ-214	23	18	14	10	6	4	2	0,5	0							
100 ± 5	НЦ-218	81	74	75	71	65	58	49	38	25,5	13	3,5	0				
	НЦ-Ч	83	75,5	71	61,5	49	36	24	14	6,5	2,5	1,0	0				
	НЦ-224	50	40,5	30	19	10	3,5	1,0	0,5	0							
	НЦ-221	19	13,5	8	4,5	2	1,0	0,5	0								
160 ± 5	НЦ-218	73	68,5	63	56,5	48,5	39,5	28,5	18,5	8,5	2,5	0,3	0				
	НЦ-Ч	73	66	55,5	44	30,0	19	8,5	3,5	1,5	0,7	0					
	НЦ-224	32	22	12	6	2	1,0	0									
	НЦ-221	7	4	2	0,5	0											
	МЧ-52	66	56	47	40	35	31	25	19	13	7	1	0				
	Масляный 4с	23	15	8	3	1	0,5	0									
ПЭ-214	6	4	2,5	1,5	0,6	0,2	0										
200 ± 5	Масляный 4с	23	15	8	3	1	0,5	0									
240 ± 5	НЦ-218	65	58	42	32	22	13	5	2	0,7	0,4	0					
	НЦ-Ч	65	56	44	31,5	18	8,5	3,0	1,0	0,1	0						
	НЦ-224	18	10	5	2	0,5	0										
	НЦ-221	2,5	1,0	0													
	МЧ-52	52	41	30	23	18	16	11	6	4	1,5	0					
	Масляный 4с	13	7	3	1	0,5	0										
ПЭ-214	2	1	0,8	0,3	0												
300 ± 5	НЦ-218	61	53	45	36	26,5	17	9	4	1	0,3	0					
	НЦ-Ч	54	44	32	19	10	4	1,0	0,5	0							

НЦ-221
НЦ-224
ПЭ-246
Политекс
023А
Масляный 4с

Пленки поглощают весь ультрафиолетовый спектр

Продолжение табл. 1

То же

60	59	57	54	50	45	39	33	26	15	2	0,5	0,4	0,12	0
56	—	54	—	49	—	40	—	22	4	0				
9	5	2	0,5	—	0									

Таблица 2

Толщина пленки, мк	Лак	Пропускание ультрафиолетовых лучей, %, жидкими лаковыми пленками при длине волны, мкм														
		400	390	380	370	360	350	340	330	320	310	300	290	280	270	260
55	НЦ-218	100	100	100	100	100	100	100	100	94	—	71	33	5	0	
	НЦ-Ч	100	100	100	100	100	100	98	—	83	—	52,5	19	3	1	0
	НЦ-221М	100	100	100	100	100	100	89	—	71	60	40	7	0		
	НЦ-224	93	—	85	—	70	—	46	—	21	12	5	1,2	0		
	НЦ-221	83	—	69	61	52	41	31	23	13	6	2	0			
109	НЦ-218	100	100	100	100	100	99	95	—	82	70	50	13	1	0	
	НЦ-Ч	100	100	100	100	98	—	83	—	58	—	22	3	0		
	НЦ-221М	100	100	98	—	90	81,5	70,5	59	45	31	15	0,5	0		
	НЦ-224	75	—	57	—	34	22	11	5	1,5	0,4	0				
	НЦ-221	47	40	33	25	17	10	5	2	0						
200	Политекс 023А(с)	100	100	100	100	100	100	92	55	15	1	0				
	НЦ-218	100	100	100	100	94	90	84	—	65	50	28	1,5	0		
	НЦ-Ч	100	100	100	—	89	—	70	54	39	22	8	0,5	0		
	НЦ-221М	100	97,5	94	—	81,5	72	56	41	27	16	4,5	0			
	НЦ-224	58	—	36	25,5	16	8	0,5	0							
500	НЦ-221	42	34	26	18	11	5	2	0,5	0						
	Политекс 023А(с)	100	100	100	100	100	91	70	50	8	1	0,5	0			
	НЦ-218	86	—	80	—	70	—	55	—	32	—	5	1	0		
	НЦ-Ч	96	—	86	—	67	—	37	—	21	—	10	3	0,5	0	
	НЦ-221М	88	—	84	—	76	—	56	42	24	12	5	2	0		
НЦ-224	43	32	22	12	5,5	2,0	0,5	0								
НЦ-221	10	6	3,5	1,5	0											
Политекс 023А(с)	100	100	100	100	100	93	60	18	1	0						

Примечание. Политекс 023А(с) означает синий компонент лака Политекс 023А.

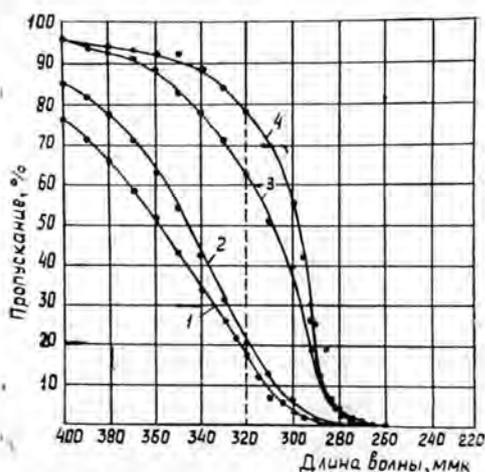


Рис. 5. Спектры пропускания ультрафиолетовых лучей жидкими пленками МЧ-52.

1 — 500 мк; 2 — 200; 3 — 109;
4 — 55 мк.

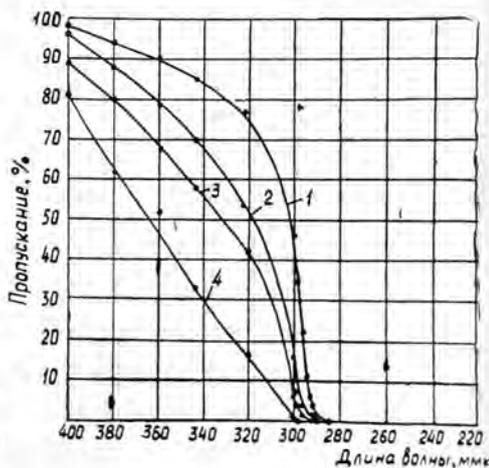


Рис. 6. Спектры пропускания ультрафиолетовых лучей покрытием толщиной 18 мк различных лаков.

1 — НЦ-221; 2 — НЦ-224;
3 — НЦ-Ч; 4 — НЦ-218.

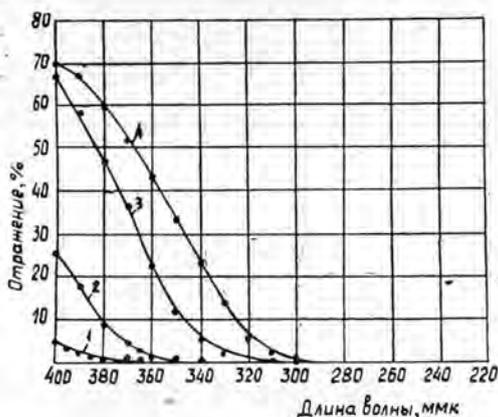


Рис. 7. Спектры пропускания ультрафиолетовых лучей покрытием толщиной 200 мк различных лаков.

1 — НЦ-221; 2 — НЦ-224;
3 — НЦ-Ч; 4 — НЦ-218.

НЦ-221, НЦ-224, ПЭ-214 исследуемых толщин поглощают весь коротковолновый спектр длиной волны от 220 до 320 мкм. Покрытия НЦ-218, НЦ-Ч, МЧ-52, Политекс 023А, ПЭ-246 поглощают лучи длиной волны 220—300 мкм. Длинноволновый спектр ультрафиолетовых лучей покрытиями лаков НЦ-221, ПЭ-214 поглощается интенсивнее, а пленки НЦ-218, НЦ-Ч, МЧ-52, Политекс 023А практически пропускают лучи полностью.

Кривые спектров пропускания жидкой части лака МЧ-52 и твердой пленки различаются незначительно и с увеличением толщины пленки по форме приближаются друг к другу и становятся более пологими. Такое незначительное различие спектров свидетельствует о том, что пленкообразующие вещества — пластификаторы, входящие в различных количествах в каждый лак и поглощающие ультрафиолет, вероятно, влияют и на форму кривых спектров пропускания. Для всех исследованных лаков процент пропускания ультрафиолетовых лучей через твердые и жидкие пленки уменьшается с увеличением их толщины.

Сопоставляя опубликованные ранее [1], [3] результаты исследований влияния ультрафиолетовых лучей на светостойкость покрытий с приведенными в этой статье данными пропускания и поглощения ультрафиолетовых лучей лаковыми покрытиями, видим, что наблюдается закономерность между светостойкостью покрытия и степенью поглощения ультрафиолетовых лучей. Более тонкие покрытия меньше изменяют свой цвет от этих лучей и соответственно меньше поглощают их. Светостойкость покрытия снижается с увеличением его толщины; в данном случае пропускание ультрафиолетовых лучей покрытиями также уменьшается с увеличением толщины.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. М. П. Гореньков, В. Ф. Чесноков. Влияние ультрафиолетовых лучей на изменение цвета лаковых покрытий древесины. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1969. [2]. Сб. «Технические условия на лакокрасочные материалы». Методы испытаний, М., 1965. [3]. В. Ф. Чесноков, М. П. Гореньков. Исследование влияния влажности и ультрафиолетового излучения на свойства лаковых пленок. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 6, 1969.

Поступила 24 ноября 1971 г.

УДК 667.64/65

ВЛИЯНИЕ ВЛАГИ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ

И. Ш. ДУХОВНАЯ

Львовский лесотехнический институт

Излагаются вопросы влияния водо- и влагопоглощения на механические свойства полиэфирных пленок. Приведены зависимости между величиной влагопоглощения и изменением твердости пленки; показано влияние среды на интенсивность влагопоглощения.

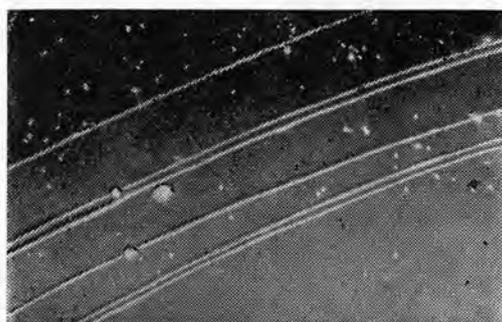
Существенное влияние на механические свойства полимерных покрытий оказывает влагопоглощение. С процессом влагопоглощения обычно связан и процесс проницаемости влаги через лакокрасочное покрытие, а следовательно, и защитные свойства покрытий.

Один из возможных путей проникновения влаги в лакокрасочную пленку — поры, способствующие проявлению капиллярного эффекта. Однако большинство гладких полимерных пленок, нанесенных на ровную бездефектную поверхность, вряд ли имеют поры. В таком случае вода поглощается пленками и проникает через них путем растворения в пленке с последующей диффузией или путем диффузии через мицеллы или между ними [5].

Некоторые авторы считают, что проникновение влаги в покрытие — следствие ее осмотического перемещения при наличии в лакокрасочном покрытии гигроскопических веществ. Механизм этого процесса можно представить следующим образом. Влага проникает в пленку через поры (капиллярно) и в результате абсорбции (диффузией). При этом содержащиеся в покрытии низкомолекулярные и гигроскопические вещества набухают и частично растворяются; пленка размягчается [1].

На рис. 1 представлены микрофотографии поверхности образцов из лака ПЭ-236. После формирования образцов на поверхности имеются небольшие кратеры и следы от шлифования и полирования. После выдержки этих образцов во влажной среде кратеры на поверхности

а)



б)

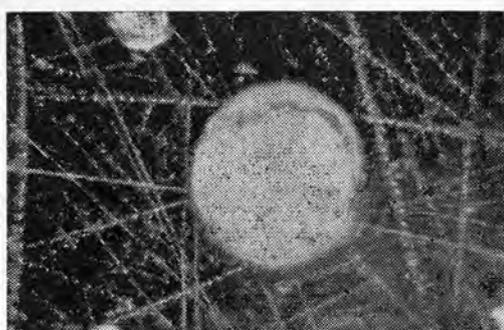


Рис. 1.

а — после изготовления; б — после выдержки в среде 100%-ной влажности в течение 20 суток.

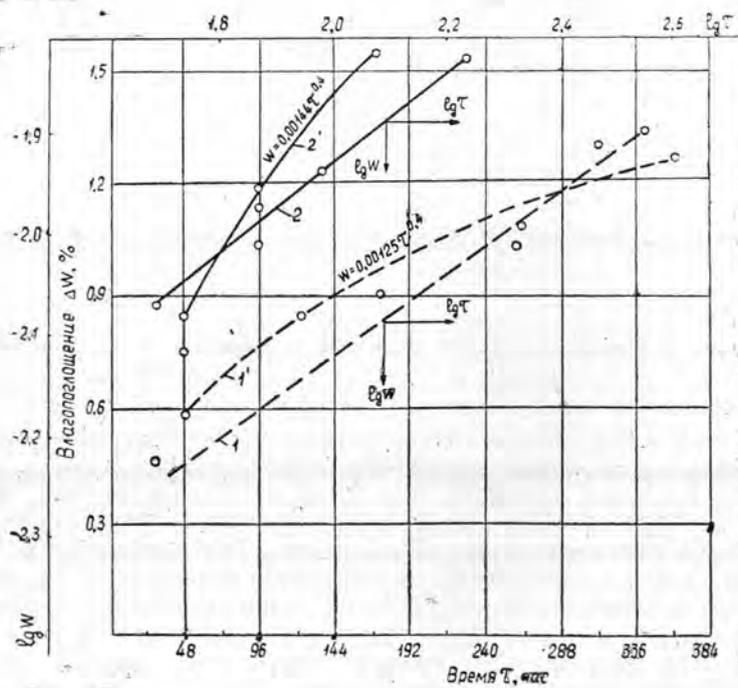


Рис. 2.

1 и 1' — в среде 100%-ной влажности; 2 и 2' — в воде.

увеличиваются, следы от шлифовальной шкурки и полирования становятся более широкими. Поверхность выглядит рыхлой и набухшей.

О степени влияния водопоглощения на механические свойства пленки можно судить по изменению твердости покрытий при их увлажнении. Соответствующие исследования были проведены во Львовском лесотехническом институте в связи с изучением защитных свойств лакокрасочных покрытий.

Образцы для опытов размером $35 \times 35 \times 7$ мм были изготовлены из полиэфирного лака ПЭ-236 путем отливки в формах. После отверждения образцы выдерживали в течение 14 суток при температуре $18-20^\circ$ и относительной влажности 65%, затем обрабатывали шлифованием и полированием до получения гладкой поверхности.

Подготовленные образцы для увлажнения помещали в эксикаторы, одну партию — в среду с влажностью воздуха 100%, вторую — в воду. Степень водопоглощения определяли гравиметрическим методом [3], [4] по изменению веса образцов через определенные промежутки времени.

На рис. 2 представлены графики зависимости влагопоглощения полиэфирных образцов от продолжительности выдержки их в воде и в среде 100%-ной влажности.

Видно, что процесс влагопоглощения в воде протекает более интенсивно, но кривые 1 и 2 подчиняются определенному закону и обе описываются эмпирической формулой

$$W = k\tau^{0.4},$$

где k — коэффициент, зависящий от среды, в которой выдерживаются образцы.

В логарифмических координатах зависимости изображаются параллельными прямыми.

Одновременно с определением влагопоглощения проводили замеры твердости на приборе ПМТ-3, который работает по принципу вдавливания в испытуемый материал твердого индентера под статической нагрузкой. Прибор пригоден для лакокрасочных покрытий, значение твердости которых по маятниковому прибору выше $0,12$ кгс/мм². Точность измерения не зависит от подложки при толщине покрытия более 15 мк. Число твердости определяют по величине диагонали отпечатка стандартной четырехгранной пирамиды с углом при вершине между противоположными гранями 136° . Все замеры проводили при

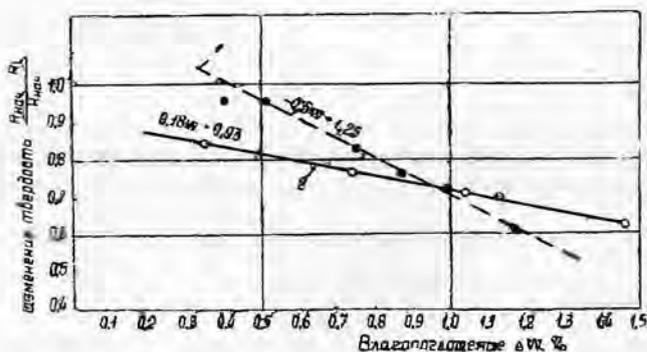


Рис. 3.

1 — в среде 100%-ной влажности; 2 — в воде.

постоянной нагрузке 100 гс и постоянном времени действия ее 90 ± 5 сек [2].

На рис. 3 приведен график зависимости изменения твердости от степени влагопоглощения. Поглощение влаги вызывает снижение твердости полимерного образца. Так, при поглощении 0,140 г влаги в среде 100%-ной влажности твердость падает на 38% в течение 360 час, в воде аналогичное падение твердости наблюдается в течение 168 час. Интенсивность падения твердости зависит от условий, в которых выдерживается образец.

Был выяснен также характер падения твердости полимерных образцов вскоре после формирования, а также в процессе старения. Для этого одну партию образцов испытывали через 14 суток после изготовления, а вторую — через 14 месяцев после выдерживания их в помещении. Во втором случае твердость перед испытанием была на 19% больше, чем в первом.

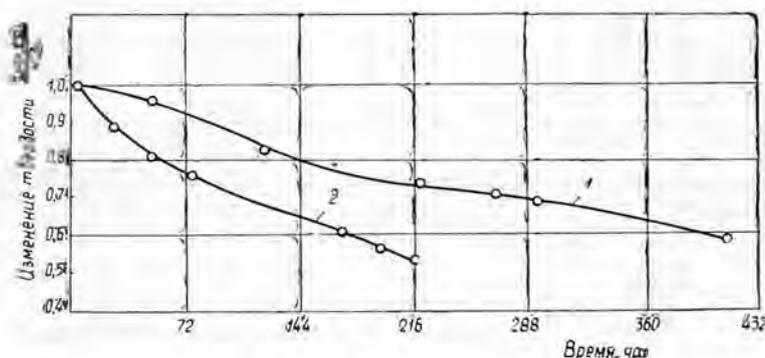


Рис. 4.

1 — через 14 суток после изготовления; 2 — через 14 месяцев после изготовления.

На рис. 4 показан график изменения твердости при увлажнении для полиэфирных образцов, испытываемых через 14 суток после изготовления и через 14 месяцев старения.

Таким образом, твердость полиэфирных пленок при водо- и влагопоглощении снижается в результате набухания и, возможно, изменения структуры полимерного покрытия во влажной среде. Интенсивность падения твердости в воде выше, чем в среде 100%-ной влажности, однако существует предел падения твердости (38—40%). При дальнейшей выдержке образцов в исследуемой среде изменение величины твердости заметить трудно, видимо, вследствие изменения состояния поверхности.

Это можно объяснить тем, что в процессе эксплуатации покрытий происходит дальнейшее структурирование системы молекул полимерного покрытия. Влагопоглощение и соответственное изменение твердости таких покрытий происходит более интенсивно.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. П. И. Вассерман, В. В. Чеботаревский. Лакокрасочные материалы и их применение, 1, 1965. [2]. П. Г. Мейнстер, А. Д. Курицына. Определение механических свойств полимерных материалов. ЦИНТИАМ, 1962. [3]. ОСТ 10086-39, МИ-36. [4]. С. В. Якубович. Испытание лакокрасочных материалов и покрытий. Госхимиздат, 1952. [5]. J. Wolock, V. N. Haggis. Ing. Eng. Chem. 427, 1347, 1950.

УДК 621.933.6

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРА НАГРУЗКИ ДВУХЭТАЖНЫХ ЛЕСОПИЛЬНЫХ РАМ

Г. Я. ВАРШАВСКИЙ, В. Н. ЧЕРЕВАТОВ

ЦПКТЬ КЭМ

И. С. ШВАЛЬБОЙМ

ГКБД

Приведены результаты экспериментальных исследований характера нагрузки привода лесорам РД75-1 и РД75-7. Представлены осциллограммы момента на валу лесорамы, потребляемой мощности, тока и напряжения электродвигателя в различных режимах работы.

В настоящее время для привода механизма резания двухэтажных лесопильных рам применяют асинхронные электродвигатели с фазным ротором. Электродвигатель соединяется с механизмом привода через плоскоремennую или клиноремennую передачу.

Несмотря на то, что вопросам динамики работы двухэтажных лесопильных рам посвящен ряд работ [1]—[4], характер нагрузки и условия работы привода механизма резания изучены недостаточно.

На комбинате подсобных предприятий Облжилкоммунстроя (г. Вологда) исследована работа рам РД75-1 и РД75-7 с приводом от электродвигателей АК 101-8 и АК 103-8. При этом определяли пульсации момента на валу лесопильных рам при различных режимах работы; пульсации мощности, потребляемой электродвигателем из сети, тока статора и ротора, скольжения, а также напряжения сети, обусловленные пульсирующим характером нагрузки; зависимость скольжения ремней от нагрузки.

Исследования позволили установить характер изменения момента на валу лесопильной рамы, гармонический состав кривой момента и его влияние на работу электропривода.

Мощность, потребляемую электродвигателем из сети, измеряли по схеме двух ваттметров и записывали осциллографом Н115 с помощью преобразователя мощности П005. В качестве датчика оборотов

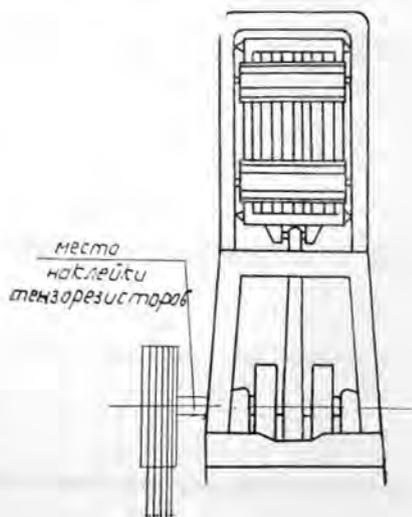


Рис. 1.

использовали фотоэлектрический преобразователь, позволяющий получать отметки на осциллограмме, соответствующие определенным положениям коленчатого вала и лесорамы.

Для измерения момента применяли проволочные тензорезисторы, наклеенные непосредственно на вал лесорамы между подшипником и шкивом в месте, указанном на рис. 1. Тензорезисторы подключали к приборам через ртутный токосъемник.

Для изотропного вала круглого сечения в точке, лежащей у поверхности вала, главные напряжения определяли из выражения

$$\sigma_{1,3} = \tau_{max} = \frac{M_k}{W_k}, \quad (1)$$

где $\sigma_{1,3}$ — напряжения изгиба на поверхности вала под углом 45° к оси вала, вызванные крутящим моментом;

τ_{max} — касательные напряжения на поверхности вала, вызванные крутящим моментом;

M_k — крутящий момент;

W_k — момент сопротивления при кручении.

Изменение сопротивления тензорезистора ΔR связано с крутящим моментом M_k следующим соотношением:

$$M_k = \frac{\Delta R}{R} \cdot \frac{GW_k}{K_T}, \quad (2)$$

где R — сопротивление тензорезистора;

K_T — коэффициент тензочувствительности;

G — модуль сдвига.

Для измерений использовали тензорезисторы типа ПБА-10×100 $R = 99,83 \text{ ом}$; коэффициент $K_T = 2,1$.

Чувствительность измерительного тракта определяли, подключая масштабное сопротивление R_T параллельно одному из плеч полумоста. Изменение сопротивления плеча

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{R - \frac{R_T R}{R_T + R}}{R} = \frac{R}{R_T + R} \quad (3)$$

соответствует (учитывая, что при тарировке «работает» только одно плечо) моменту на валу

$$M_k = \frac{R}{R_T + R} \cdot \frac{GW_k}{2K_T}. \quad (4)$$

На рис. 2 приведены некоторые осциллограммы крутящего момента на валу лесорамы РД75-1 и мощности, потребляемой электродвигателем, на рис. 3 — осциллограмма рабочего цикла электродвигателя привода лесорамы РД75-1, на рис. 4 — осциллограммы токов статора и ротора, напряжения, мощности, потребляемой электродвигателем, и момента на валу лесорамы РД75-7.

Как видно из полученных осциллограмм, момент на валу лесорамы и мощность двигателя изменяются в установившихся режимах по периодическому закону. Период соответствует одному обороту коленчатого вала лесорамы.

Режим работы лесорамы циклический. Длительность цикла и потребляемая мощность зависят от обрабатываемой древесины (длины, диаметра и твердости бревен), числа пил в поставе и от величины подачи. При испытаниях максимальная мощность, потребляемая электро-

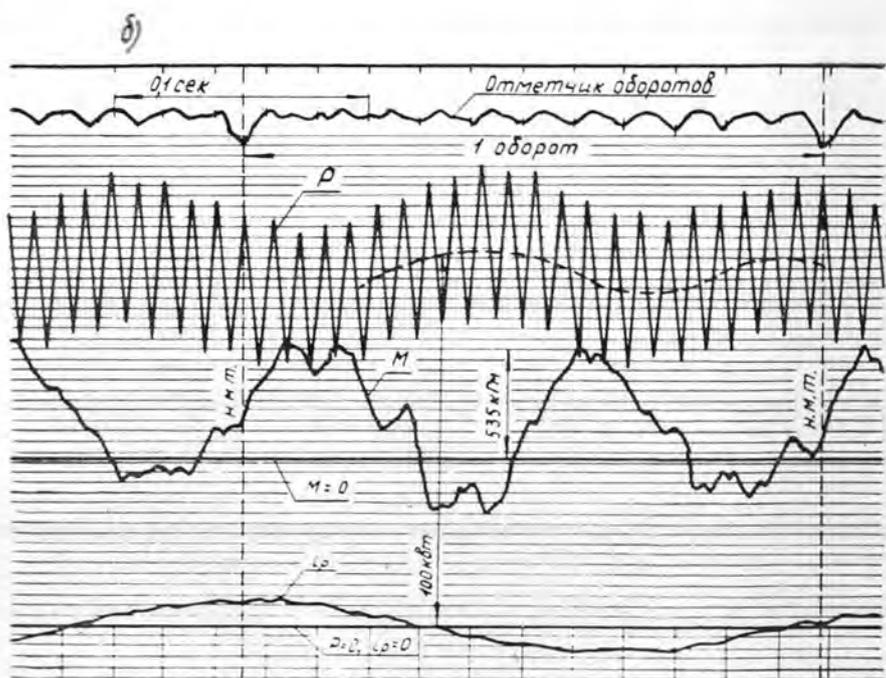
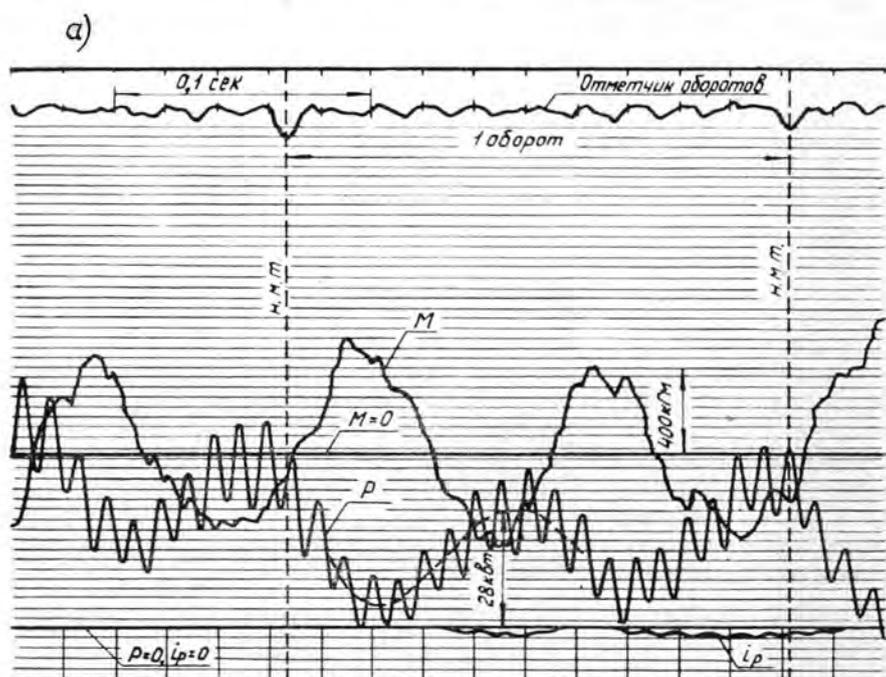


Рис. 2.

а — в режиме холостого хода; б — в режиме нагрузки.

двигателем из сети, для лесорамы РД75-1 достигала 100 квт, для лесорамы РД75-7 — 108 квт. На рис. 5 представлена кривая изменения тока статора электродвигателя за цикл работы лесорамы РД75-1 при одном из режимов. При режиме «пропил» (движение пил в пропиле без подачи) потребляемая мощность близка к мощности холостого хода; кривые потребляемой мощности и момента на валу незначительно отличаются от соответствующих кривых при холостом ходе. Гармонический анализ кривых крутящего момента на валу лесорамы показал наличие ряда гармоник, основные из которых имеют частоты f_m ; $2f_m$; $3f_m$ (f_m — частота вращения коленчатого вала лесорамы).

Результаты анализа даны в табл. 1.

На рис. 6 приведены зависимости составляющих момента на валу от скорости вращения. Наибольшее значение имеет вторая гармоника, амплитуда которой в 1,4—2,0 раза превышает номинальное значение момента для лесорамы РД75-1 и в 1,1—2,2 раза — для лесорамы РД75-7. Амплитуда этой гармонической составляющей возрастает прямо пропорционально квадрату скорости вращения ротора лесорамы (рис. 6). Некоторое уменьшение второй гармоники с повышением нагрузки вызвано увеличением скольжения и вследствие этого — снижением скорости вращения коленчатого вала лесорамы. Амплитуда третьей гармоники момента не превышает (0,4—0,7) M_n и, как видно из кривых (рис. 6, а, б), с ростом скорости вращения она существенно не возрастает. Амплитуда первой гармоники определена со значительной погрешностью и при дальнейших исследованиях ее следует уточнить.

Кривые потребляемой мощности имеют такой же гармонический состав, как и кривые момента, но вследствие демпфирующего влияния ременной передачи амплитуды высших гармоник выражены значительно слабее (табл. 1). Наибольшее значение имеет амплитуда второй гармоники, которая достигает $0,4P_n$ для лесорамы РД75-7; при холостом ходе она превышает среднюю величину мощности. В определенные промежутки времени приводной двигатель работает в генераторном режиме. Для лесорамы РД75-1, соединенной с электродвигателем плоскоремненной передачей, пульсации мощности незначительны и не превышают 10—20%. Вторые гармоники момента на валу лесорамы и мощности двигателя находятся в противофазе. Это явление можно объяснить тем фактором, что частота второй гармоники, составляющая 10,5 гц, выше резонансной частоты крутильных колебаний установки. Ориентировочный расчет резонансной частоты крутильных колебаний, приведенный для лесорамы РД75-7, дает значение 9 гц.

Скольжение ременной передачи вычисляли как разность результирующего скольжения, определяемого по скорости вращения механизма, и скольжения ротора электродвигателя. Результаты расчетов приведены в табл. 1.

Зависимость скольжения S от нагрузки лесорамы РД75-1, соединенной с электродвигателем плоскоремненной передачей, приведена на рис. 7. Как видно из полученных кривых, при изменении нагрузки от холостого хода до номинальной скольжение ремней увеличивается прямо пропорционально нагрузке. Начиная с нагрузки $P = 1,1P_n$, скольжение ремня резко возрастает и достигает 10%.

Таким образом, нагрузка лесорамы носит периодический характер. Доминирующей является вторая гармоника момента с частотой, равной двойной частоте вращения коленчатого вала. При работе в режиме «пропил» характер нагрузки близок к режиму холостого хода. Ременная передача существенно сглаживает пульсации момента на валу электродвигателя. Несмотря на это, при холостом ходе наблю-

дается переход электродвигателя в генераторный режим. Потери в ременной передаче при нагрузке, близкой к номинальной, составляют 2,0—3,6% и достигают 10% при нагрузке 1,1—1,2 P_n .

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Н. Е. Кондратович, В. А. Варакин. Исследования натяжения клиновых ремней привода механизма резания лесопильных рам. Механическая обработка древесины. Реферативная информация, № 7, ВНИИПИЭИЛеспром, 1971. [2]. Л. П. Потяркин. Экспериментальное исследование неравномерности вращения коленчатого вала лесопильной рамы. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1968. [3]. Л. П. Потяркин. Критерии неравномерности вращения коленчатого вала лесопильной рамы. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 1971. [4]. В. Я. Филькевич. Динамика лесопильных рам. Изд-во «Лесная промышленность», 1968.

Поступила 1 ноября 1971 г.

УДК 674.815-41

ВЛИЯНИЕ СВЯЗУЮЩЕГО КОМПОНЕНТА НА ПРОЧНОСТЬ МНОГОФАЗНОЙ СИСТЕМЫ

В. В. ГАМОВ

Брянский технологический институт

Исследуются плиты с ориентированными и дезориентированными частицами при растяжении вдоль плоскости в различных направлениях. Доказывается нецелесообразность повышения связующего в плитах, прочность которых определяется прочностью частиц при условии, если прочность самих частиц достаточно высока.

Древесностружечные плиты, представляющие собой многофазную систему, на 85—95% состоят из древесины. Поэтому их прочность определяется прочностью древесных частиц и клеящей способностью связующего.

Рассмотрим плиту, состоящую почти из одной смолы с небольшим содержанием древесины (рис. 1). Толщина клеевых пленок этой плиты настолько велика, что клей определяет свойства плиты. Из практики известно, что с увеличением содержания связующего прочность древесностружечных плит возрастает; однако не во всех случаях.

На рис. 2 в зависимости от содержания связующего дан предел прочности при статическом растяжении древесностружечных плит

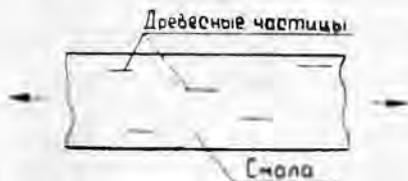


Рис. 1

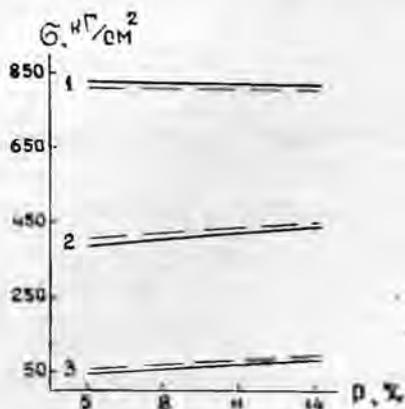


Рис. 2

плоского прессования вдоль плоскости: 1 — с ориентированными частицами вдоль волокон; 2 — с дезориентированными частицами; 3 — с ориентированными частицами поперек волокон. Теоретические значения прочности, определенные по формулам (1), (2) и (3), на графике изображены сплошными линиями, а экспериментальные — штриховыми. Толщина исследуемых плит 7 мм, объемный вес 0,8 г/см³, размеры сосновых частиц 40×3×0,18 мм, используемая смола марки М-60.

Из рис. 2 видно, что прочность плит 3 повышается интенсивнее, чем плит 2, а прочность плит 1 даже понижается с увеличением содержания связующего.

Проанализируем условия, при которых прочность плит возрастает в результате увеличения содержания связующего и когда этого возрастания прочности нет. Заметим, что для плит 1 и 2 выполнимо условие

$$l \geq \frac{5,7 \sigma_{др}^n \cdot s}{\sigma_{ск} \cdot l},$$

то есть многофазная система разрушается по древесным частицам и клею [1], [2]. Прочность плит 1 и 2, в основном, определяется прочностью проклеенных древесных частиц.

Для плит 1

$$\sigma^{\parallel} = \sigma_{др}^n, \quad (1)$$

для плит 2

$$\sigma_{пл}^n = 0,54 \sigma_{др}^n. \quad (2)$$

Прочность плит 3 также определяется прочностью проклеенных древесных частиц, но при растяжении их поперек волокон

$$\sigma^{\perp} = \sigma_{др}^{\perp}, \quad (3)$$

так как выполнимо неравенство

$$b \geq \frac{5,7 \sigma_{др}^{\perp} \cdot s}{\sigma_{ск} \cdot l}. \quad (4)$$

В рассматриваемых случаях повышать содержание клея сверх 5% с целью увеличения прочности склеивания частиц нецелесообразно, так как значение $\sigma_{ск}$ настолько велико, что разрушение плит происходит по частицам. Но почему же прочность плит 2 и 3 увеличивается, а прочность плит 1 уменьшается в результате повышения в них содержания связующего? Обратимся к структурной модели для определения прочности плит 1 и 2 при растяжении вдоль плоскости (рис. 3). Кроме прежних обозначений [1], [2], на этой модели указывается еще и толщина клеевой пленки σ . Структурная модель для расчета прочности плит 3 выполняется по той же схеме, что и модель рис. 3, только растяжение склеенных частиц производится не вдоль, а поперек волокон, то есть на схеме вместо l будет стоять b , а вместо $b - l$. При разрушении плиты, например, по древесным частицам ее прочность можно рассматривать как складывающуюся из прочности древесины и прочности клея. Предел прочности при статическом растяжении вдоль пласти плиты (рис. 1; в направлении стрелок) практически равен пределу прочности клея при статическом растяжении $\sigma_{ког}$. Для плит с низким содержанием клея величину $\sigma_{ког}$ учитывать не следует.

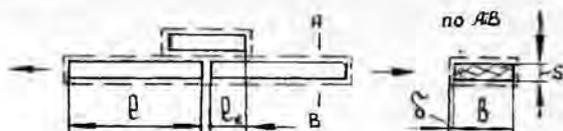


Рис. 3.

На основании модели рис. 3 формулу (1) можно представить так:

$$\sigma'' = \epsilon \cdot \sigma_{др}'' + n \cdot \lambda \cdot k \cdot \sigma_{кор} \cdot 2\delta(b + s), \quad (5)$$

где n — количество древесных частиц в 1 см^2 сечения плиты;

$$n = \frac{l}{bs}.$$

После преобразований получим

$$\sigma'' = \epsilon \cdot \sigma_{др}'' + 2\lambda k \delta \sigma_{кор} \cdot i \left(\frac{1}{s} + \frac{1}{b} \right). \quad (6)$$

Значение коэффициента ϵ зависит от содержания древесины в плите, а λ — от свойств связующего. Для плит с очень высоким содержанием связующего (рис. 1) ϵ практически равно нулю, а $\lambda \approx 1$. Для плит с низким содержанием связующего $\epsilon \approx 1$, а $\lambda \approx 0$. Коэффициент λ следует учитывать в соответствии с законом Гука. Толщина клеевой пленки принята без учета поглощения клея древесными частицами

$$\delta = \frac{p \cdot \gamma_4 \cdot l \cdot b \cdot s}{200 \gamma_k \cdot (lb + ls + bs)}. \quad (7)$$

Коэффициент k учитывает уменьшение прочности клеевой пленки вследствие поглощения клея древесными частицами, неравномерного его нанесения на поверхность частиц и др. Значения k в зависимости от содержания связующего приведены в табл. 1.

Таблица 1

$l \cdot b \cdot s, \text{ мм}$	$p, \%$	$\delta, \times 10^{-4}, \text{ см}$	k
$40 \times 3 \times 0,18$	5	1,39	0,133
	8	2,78	0,156
	11	3,82	0,250
	14	4,86	0,419

Так как уравнение (6) в общем виде неразрешимо, рассмотрим его совместно с графиком рис. 2 для тех же условий. Составляющую этого уравнения $2k\delta\sigma_{кор} \cdot i \cdot \left(\frac{1}{s} + \frac{1}{b} \right)$ обозначим через A . Для

$$p = 5\% \quad A = 2 \cdot 0,133 \cdot 1,39 \cdot 10^{-4} \cdot 650 \cdot 1,56 \cdot \left(\frac{1}{0,018} + \frac{1}{0,3} \right) = 2,2 \text{ кг/см}^2;$$

$$\text{для } p = 14\% \quad A = 2 \cdot 0,419 \cdot 4,86 \cdot 10^{-4} \cdot 650 \cdot 1,48 \cdot \left(\frac{1}{0,018} + \frac{1}{0,3} \right) = 23,2 \text{ кг/см}^2. \text{ Для } p = 5\% \text{ величина } k \sigma_{кор} \text{ составляет } 0,133 \cdot 650 = 86,5 \text{ кг/см}^2, \text{ а для } p = 14\% - 0,419 \cdot 650 = 272 \text{ кг/см}^2.$$

Повышение содержания компонента (клея) с относительно низкой когезионной прочностью ($\sigma_{кор} = 650 \text{ кг/см}^2$) в плитах 1, для которых $\sigma'' = \sigma_{др}'' \approx 800 \text{ кг/см}^2$, то есть $\sigma_{кор} < \sigma_{др}$, вызывает некоторое уменьшение прочности композиции (почти на 2,5%), что следует признать закономерным.

Для плит 2 приемлема формула

$$\sigma_{пл}'' = 0,54 \sigma_{др}'' \varepsilon + \lambda A. \quad (8)$$

Повышение содержания связующего в плитах 2 улучшает проклеивание частиц, что способствует их упрочнению, особенно тех частиц, которые испытывают растяжение поперек волокон и под углом к ним, в связи с чем увеличивается общая прочность композиции (на 10%). Кроме того, следует учитывать, что для плит 2 $\sigma_{кор} > 0,54 \cdot \sigma_{др}''$, а это обстоятельство, естественно, будет способствовать повышению прочности плит.

Расчетную формулу для плит 3 можно представить в таком виде:

$$\sigma^{\pm} = \varepsilon \tau_{др}^{\pm} + \lambda \cdot A. \quad (9)$$

Увеличение содержания клея в плитах 3 также улучшает проклеивание частиц. Это очень важно, так как прочность этих плит, в основном, определяется прочностью частиц при растяжении поперек волокон. Повышение же содержания весьма прочного компонента в этих плитах в значительной степени увеличивает прочность композиции. Прочность плит 3 от указанных факторов возрастает на 74%.

Проведенное исследование позволяет сделать вывод о том, что для плит из высокопрочных частиц в случае разрушения системы по частицам повышать содержание связующего нецелесообразно.

Принимая во внимание то обстоятельство, что содержание клея в плитах по объему составляет обычно незначительную величину (3—4%), в формулы для определения прочности плит вводить величину $\sigma_{кор}$ и все коэффициенты, связанные с ней, не имеет смысла, так как это только усложнит расчеты. Отметим, что $\sigma_{кор}$ косвенным образом нами учтена при выводе расчетных формул для определения прочности плит [1], [2].

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. В. Гамов. Экспериментально-теоретические исследования зависимости прочности древесностружечных плит от их толщины. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1969. [2]. В. В. Гамов. Структурно-механические свойства древесностружечных плит. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1970.

Поступила 7 сентября 1970 г.

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 547.56

КИНЕТИКА ТЕРМИЧЕСКОГО РАСПАДА ГВЯЯКОЛА
И ВЕРАТРОЛА

А. И. КИПРИАНОВ, М. И. КРАВЧЕНКО

Ленинградская лесотехническая академия

Изучена кинетика термического превращения гваякола и вератрола в интервале температур 450—550°C в поточных условиях. Исследован вопрос оптимизации процесса пиролиза гваякола по выходу пирокатехина. Доказано, что оптимальным режимом является температура 530—550°C и длительность контакта 0,5—2 сек.

При проведении химических реакций в потоке основные уравнения классической кинетики непригодны для расчетов промышленных аппаратов. Это связано с изменением концентрации реагирующих веществ по длине реактора и трудностью определения длительности реакции, особенно, если химическая реакция сопровождается изменением объема. В предыдущей нашей работе [3] при обработке экспериментальных данных по кинетике пиролиза гваякола и вератрола использовали обычное уравнение реакции первого порядка, а поскольку опыты проведены в поточных условиях на модели реактора идеального вытеснения, необходимо экспериментальные данные обработать с помощью уравнения Панченкова, которое справедливо для реакций, протекающих в поточных условиях с изменяющимся объемом.

Уравнение Панченкова для расчета константы скорости гомогенной реакции первого порядка имеет вид [4]

$$P_0 x = -\frac{\beta-1}{\beta} \cdot P_0 \ln(1-x) + \frac{k \cdot p \cdot v_p}{\beta \cdot RT}, \quad (1)$$

где P_0 — подача сырья, моль/час;

x — степень превращения;

k — константа скорости реакции, сек⁻¹;

p — давление в системе, мм рт. ст.;

v_p — объем реактора, м³;

β — коэффициент, учитывающий стехиометрические соотношения реакции;

R — газовая постоянная, кгсм/моль·град;

T — температура Кельвина, °К.

Уравнение (1) в координатах $P_0 x$ и $-P_0 \ln(1-x)$ дает прямую линию, тангенс угла наклона которой к оси абсцисс имеет значение $-\frac{\beta-1}{\beta}$.

Экспериментальные данные по кинетике термического превращения гваякола представлены на рис. 1, вератрола — на рис. 2. Данные обработаны по уравнению Панченкова в пределах температур пиролиза 450—550°C. Из представленных зависимостей видно, что реакция тер-

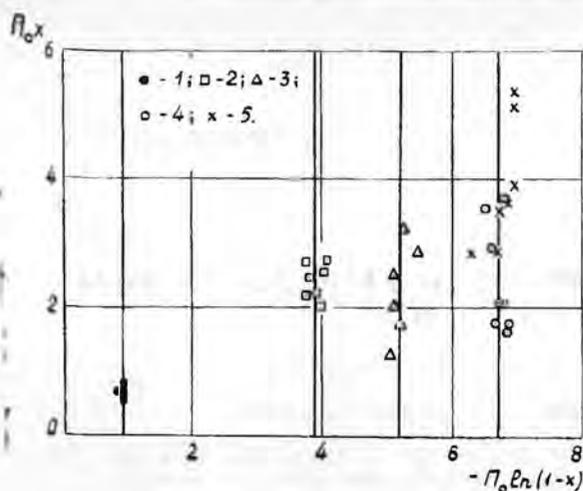


Рис. 1.

1 — 450°C; 2 — 480°C; 3 — 500°C;
4 — 530°C; 5 — 550°C.

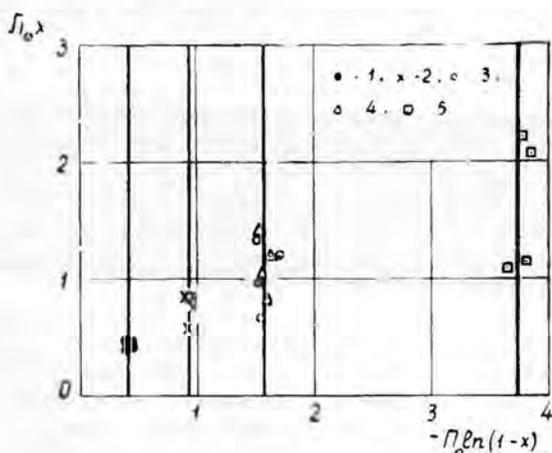


Рис. 2.

1 — 450°C; 2 — 480°C; 3 — 500°C;
4 — 530°C; 5 — 550°C.

Мического превращения пвакола и вератрола практически протекает без изменения объема в пределах температур 450—550°C, то есть коэффициент β в уравнении (1) стремится к нулю. Так как $-\frac{\beta-1}{\beta} = \operatorname{tg} \alpha$, а $\operatorname{tg} \alpha$, судя из рис. 1 и 2, равен бесконечности, следовательно, β — бесконечно малая величина, то есть $\beta \rightarrow 0$.

При условии, что $\beta \rightarrow 0$, выражение (1) переходит в уравнение

$$k = \frac{1}{\tau} \ln(1-x), \quad (2)$$

где $\tau = \frac{p_0 v_p}{P_0 R T}$ — длительность контакта, сек.

Уравнение (2), используемое в нашей работе [3], справедливо для описания кинетики пиролиза гваякола и вератрола при созданных условиях реакции. Полученные кинетические закономерности реакции термического превращения метоксифенолов являются необходимыми данными для оптимального проектирования реакторных устройств при пиролизе различных видов отстойных древесных смол.

Для выяснения оптимизации процесса пиролиза метоксифенолов необходимо определить кинетическую схему пиролиза. Определение

кинетической схемы реакции термического превращения гваякола и вератрола — задача довольно сложная. Однако, используя существующие методы анализа как индивидуальных фенолов, так и групп соединений, образующихся в результате пиролиза метоксифенолов, мы попытались определить кинетическую схему по отдельным веществам и по группам соединений.

Для качественной и количественной оценки фенолов, образующихся в результате пиролиза гваякола и вератрола, из пироконденсатов были выделены суммарные фенолы и проанализированы на хроматографе УХ-1. Результаты хроматографического анализа состава фенолов, полученных при термической обработке гваякола и вератрола, приведены в предыдущей работе [3]. Для лучшего разделения на хроматографе фенолы переведены в ацетаты. Чтобы идентифицировать хроматограммы, использовали составленные в ЦНИЛХИ таблицы относительных удерживаемых объемов с применением индивидуальных представителей ацетатов фенолов в качестве свидетелей. Нейтральные вещества и фенолы из пироконденсатов выделяли щелочным методом [6]. На основании результатов хроматографического и группового анализов пиролизатов составлены зависимости концентрации образующихся веществ от степени превращения гваякола (рис. 3) и вератрола (рис. 4).

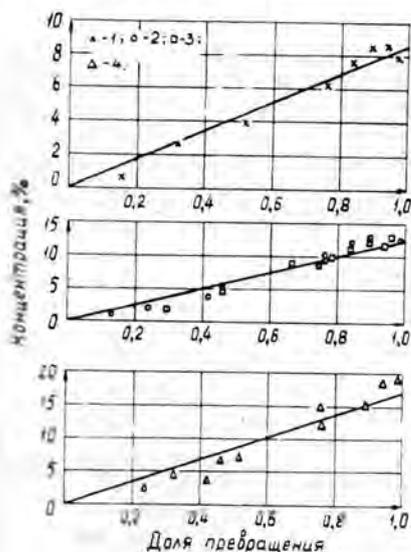


Рис. 3.

1 — фенол; 2 — о-крезол; 3 — 2,6-ксиленол;
4 — пирокатехин.

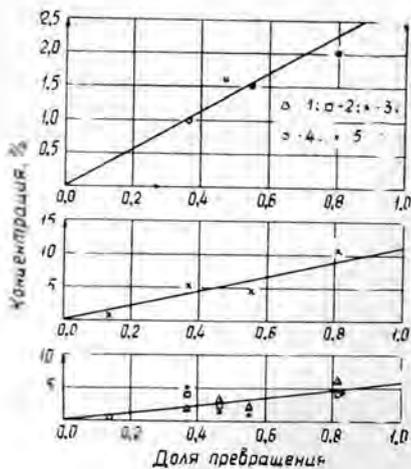


Рис. 4.

1 — гваякол; 2 — метилгваякол; 3 — фенол;
4 — пирокатехин; 5 — о-крезол.

Из представленных на рис. 3 и 4 данных видно, что образование индивидуальных веществ при пиролизе гваякола и вератрола удовлетворительно описывается системой параллельных реакций первого порядка. Исходя из этого положения, были рассчитаны константы скорости образования фенолов и других соединений при пиролизе гваякола и вератрола (табл. 1 и 2). Образование пирокатехина, о-крезола, 2,6-ксиленола, а также фенола и кислот при пиролизе гваякола протекает гораздо интенсивнее, чем при пиролизе вератрола.

Более строго анализируя превращения образующихся продуктов в процессе пиролиза гваякола и вератрола, заключаем, что в общей

Таблица 1

Температура пиролиза, °С	Константы скорости образования веществ при пиролизе гваякола, сек ⁻¹						Энергия активации, ккал/моль	Константа скорости разложения пирокатехина, сек ⁻¹ (по литературному источнику [2])
	фенол	о-крезол, 2,6-ксиленол	пирокатехин	идентифицировано X ₁	нейтральные	кислоты		
450	0,0615	0,0895	0,124	0,038	0,157	0,101	27	0,002183
480	0,1340	0,1940	0,268	0,071	0,340	0,220		0,003428
500	0,2150	0,3060	0,424	0,113	0,536	0,348		0,005957
530	0,3440	0,5000	0,692	0,184	0,875	0,569		0,013490
550	0,5490	0,8000	1,100	0,294	1,400	0,910		0,022390

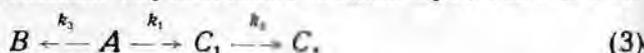
Таблица 2

Температура пиролиза, °С	Константы скорости образования веществ при пиролизе вератрола, сек ⁻¹							Энергия активации, ккал/моль	
	фенол	п-крезол	2,6-ксиленол	3,5-ксиленол	3,4-ксиленол	гваякол, метилгваякол, о-крезол	пирокатехин		кислоты
450	0,0365	0,0620	0,0190	0,012	0,0253	0,0196	0,0093	0,045	27
480	0,0780	0,1320	0,0405	0,0257	0,0540	0,0419	0,0199	0,096	
500	0,1330	0,2250	0,0690	0,0438	0,0920	0,0710	0,0338	0,163	
530	0,2280	0,3860	0,1180	0,0745	0,1560	0,1210	0,0575	0,298	
550	0,3410	0,5800	0,1770	0,1120	0,2360	0,1820	0,0870	0,420	

схеме параллельных реакций могут быть и отдельные последовательные стадии; так, при увеличении температуры пиролиза конечные вещества могут стать промежуточными. Для оптимизации процесса пиролиза гваякола с целью получения максимального количества пирокатехина необходима кинетическая схема реакции и численные значения констант скорости реакции образования пирокатехина и термораспада гваякола и пирокатехина.

В одной из работ [2] были определены энергия активации и предэкспоненциальный множитель реакции разложения пирокатехина. Исходя из этих данных, была рассчитана константа скорости разложения пирокатехина для температур пиролиза 450, 480, 500, 530, 550°С.

Кинетическую схему реакции пиролиза гваякола с учетом последовательной стадии превращения пирокатехина можно представить так:



где A — исходное вещество;

C_1 — пирокатехин;

C — продукт разложения пирокатехина;

k_1 — константа скорости образования пирокатехина;

k_2 — константа скорости образования других соединений;

B — сумма всех остальных веществ.

Кинетические уравнения для схемы (3)

$$\frac{dA}{dt} = k_1 A - k_2 A;$$

$$\frac{dC_1}{dt} = k_1 A - k_2 C_1;$$

$$\frac{dC}{dt} = k_2 C_1;$$

$$\frac{dB}{dt} = k_2 A.$$

(4)

Начальные условия: $A_{t=0} = A_0$; $(C_1)_{t=0} = 0$; $C_{t=0} = 0$; $B_{t=0} = 0$.
Температура 450, 480, 500, 530, 550°C.

Уравнения (4) решаются аналитически [5], однако для удобства вычислений оптимизацию процесса пиролиза гваякола рассчитывают интегрированием кинетических уравнений (4) на ЭВМ «Наири» методом Рунге — Кутты [1]. В результате были определены длительность максимального выхода пирокатехина и его максимальный выход.

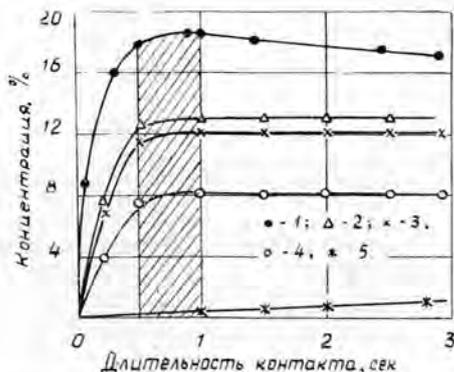


Рис. 5.

1 — пирокатехин; 2 — оркрезол;
3 — 2,6-ксиленол; 4 — фенол; 5 —
продукты разложения пирокатехина.

Для температур пиролиза 480, 500, 530, 550°C длительность максимального выхода соответственно составила 2,5—4,5; 2—3; 1—2; 0,5—1 сек, а максимальный выход пирокатехина 14,5; 17,3; 18,2; 18,4%, что соответствовало экспериментальным данным по выходу пирокатехина. При низкой температуре пиролиза 450°C выход пирокатехина незначителен, поэтому для ведения процесса пиролиза гваякола предпочтительна температура 530—550°C и продолжительность контакта соответственно 0,5—2 сек. Количество продуктов разложения пирокатехина возрастает с увеличением длительности контакта; при температуре 550°C и продолжительности контакта 0,5—1 сек концентрация продуктов достигает 0,5%. Это видно из расчетного графика для температуры пиролиза 550°C (рис. 5).

Полученные параметры суммарных реакций пиролиза гваякола и вератрола позволяют оптимально проводить пиролиз метоксифенолов с целью получения ингибитора и свободных фенолов. Кинетические закономерности пиролиза метоксифенолов являются интересными данными для изучения катализа метоксифенолов с целью увеличения выхода пирокатехина — продукта, ценного для народного хозяйства.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. И. С. Березин, Жидков. Методы вычислений. Ч. II, Физматгиз, 1962.
[2]. А. И. Киприанов. Тонкая очистка древесного газа. Труды ЛТА, № 80, 1958.
[3]. М. И. Кравченко, А. И. Киприанов, С. Я. Коротов. Сб. «Процессы химической технологии древесины и продуктов ее переработки». Вып. 135, 1970.
[4]. Г. М. Панченков. ЖФХ, т. 22, 1948, 209, т. 26, 1952, 454. [5]. Н. М. Родигин, Н. Э. Родигина. Последовательные химические реакции. Изд. АН СССР, 1960. [6]. В. И. Сумароков, З. М. Володуцкая, В. А. Высоцкая, Е. В. Клиньских. Методы анализа продуктов пирогенетической переработки древесины. Гослесбумиздат, 1960.

УДК 581.8

**ЭЛЕКТРОННОМИКРОСКОПИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ СТРОЕНИЯ
КЛЕТОЧНЫХ ОБОЛОЧЕК ТРАХЕИД СОСНЫ (*Pinus silvestris* L.)**

М. Ф. БЕРЕНЗОН, В. Д. БОГОМОЛОВ

Архангельский лесотехнический институт, Проблемная лаборатория

В трахеидах сосны *Pinus silvestris* L. наружный слой вторичной стенки состоял приблизительно из девяти ламелл, в которых микрофибриллы меняли постепенно ориентацию от поперечной до продольной по направлению к центру клетки. Изменение угла наклона в смежных ламеллах составляло примерно 10° . Некоторое изменение угла наклона фибрилл наблюдалось также в двух наружных ламеллах среднего слоя вторичной стенки. Между слоями S_2 и S_3 возможно присутствие двух или более промежуточных ламелл, микрофибриллы которых расположены по сравнительно крутым спиральям противоположного направления.

Оболочка зрелой растительной клетки складывается из целого ряда слоев, которые отличаются друг от друга по своей физической организации, химическому составу и свойствам. По классификации Керра и Бейли [12], клеточная оболочка делится на две основные части: первичную стенку P и вторичную S . Вторичная стенка имеет три слоя: наружный S_1 , средний S_2 и внутренний S_3 .

Строение первичной стенки изучено довольно подробно [8], [9], [14], [18], [19]. Треть ее составляют микрофибриллы целлюлозы, которые образуют рыхлую сетку; остальная часть состоит из лигнина и гемицеллюлоз. Микрофибриллы целлюлозы с наружной стороны первичной стенки имеют приблизительно ориентацию вдоль клетки, а с внутренней — поперек клетки. В углах клетка укреплена тяжами грубых фибрилл, проходящих вдоль клетки [14].

Исследования строения наружного слоя вторичной стенки [6], [7], [13] показали, что он состоит из двух или более ламелл. Микрофибриллы целлюлозы в ламеллах расположены параллельно друг другу под углом 55 – 75° к оси волокна, образуя сравнительно плоские спиральи. В соседних ламеллах чередуются спиральи с левым и правым углами вращения. Уордроп [17], исследуя волокна сосны и эвкалипта, не нашел такой перекрестной структуры в слое S_1 , но считает возможным ее присутствие. Исследования Харада и его сотрудников [11] показали, что в трахеидах хвойных могут присутствовать добавочные ламеллы, в которых микрофибриллярная ориентация является средней между ориентацией в слоях S_1 и S_2 .

Средний слой вторичной стенки S_2 [7], [10], [16] состоит из многочисленных концентрических ламелл (30–150), микрофибриллы которых наклонены под очень небольшим углом к оси волокна, не более 18° . Уордроп [16] отмечает, что микрофибриллы слоя S_2 объединены в снопы, слегка отличающиеся ориентацией.

Внутренний слой вторичной стенки S_3 у хвойных пород обычно очень тонок. Угол наклона микрофибрилл для сосны составляет 84° [2]. Бюхер считает слой S_3 третичной стенкой и приводит ряд доказательств его химической и морфологической индивидуальности. Исследо-

вания последних лет показали, что со стороны полости слой S_3 покрыт тонкой ламеллой, которую называют «третичной оболочкой», «выстилающим слоем» [4] или «конечной пластинкой» [19]. Аццола и его сотрудники [5] считают, что в области клеточной стенки, примыкающей к полости, имеются две различные структуры: 1) фибриллярная, рассматриваемая как внутренний слой вторичной стенки S_3 ; 2) аморфная гранулярная структура, рассматриваемая как третичное отложение отмершей цитоплазмы. Исследования И. С. Гелеса [3] показали, что третичная стенка состоит главным образом из гемицеллюлоз. Она является репликой внутреннего слоя вторичной стенки и отражает особенности его строения. Харада и его сотрудники [11] наблюдали ламеллы с промежуточной ориентацией микрофибрилл как между слоями S_1 и S_2 , так и между S_2 и S_3 . Со стороны полости клеточная стенка может иметь бородавчатые структуры, которые являются выростами слоя S_3 [19]. Они, вероятно, имеют тот же химический состав, что и слой S_3 , однако внутреннее строение их пока не изучено.

Совершенствование электронномикроскопических и других физических и химических методов исследования позволяет все более детально и точно изучать строение клеточной стенки.

Экспериментальная часть

Мы изучали строение клеточных оболочек на большом количестве образцов древесины сосны, взятых от пяти деревьев примерно 90-летнего возраста. Древесина имела нормальное строение, что проверялось под оптическим микроскопом. Изучали методом электронной микроскопии ультратонкие поперечные срезы древесины и реплики с ее продольных срезов и сколов. Для лучшего просмотра строения некоторых стенок и ослабления связи между ламеллами древесину частично делигнифицировали по сульфатному способу.

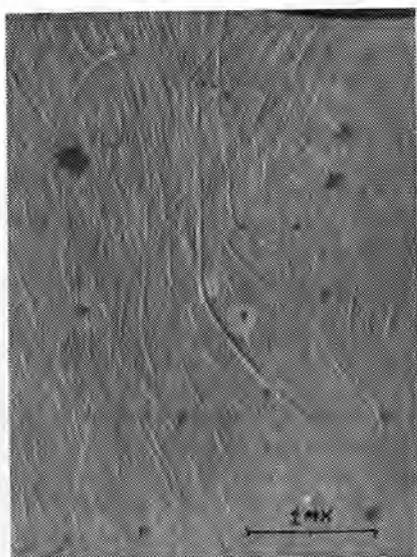


Рис. 1. Первичная стенка мацерированной трахеиды сосны.

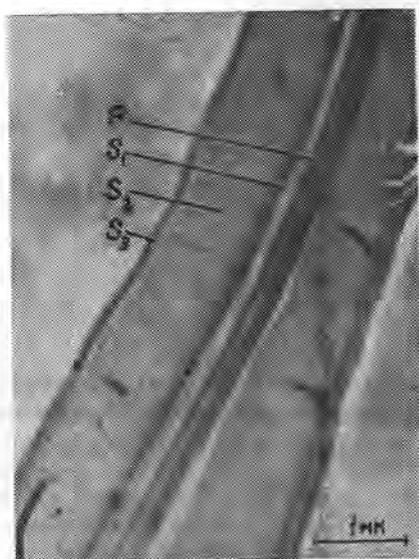


Рис. 2. Поперечный срез трахеид. Видны все слои клеточной стенки:

P — первичная стенка; S_1 , S_2 , S_3 — наружный, средний и внутренний слои вторичной стенки.

Микрофибрилярное строение первичной стенки лучше заметно на делигнифицированных волокнах. Первичная стенка имеет вид рыхлой сетки, на внешней стороне которой могут проходить грубые фибриллы целлюлозы (рис. 1). При сравнении толщины первичной стенки необработанной и делигнифицированной древесины видно, что при делигнификации стенка теряет примерно $\frac{2}{3}$ своего объема (рис. 2 и 3). Толщина природной первичной стенки около 0,1 мк, а делигнифицированной — около 0,03 мк.

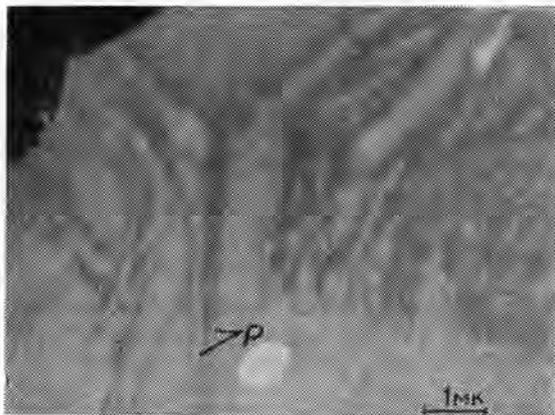


Рис. 3. Поперечный срез набухших, частично делигнифицированных трахеид.

P — первичные стенки смежных клеток.



Рис. 4. Поперечный срез частично делигнифицированной древесины.

Разрывы по слою S_1 .

При изучении строения слоя S_1 предварительно проводили частичную делигнификацию древесины. По данным Полчина и его сотрудников [15], при выходе около 70% связь между ламеллами слоя S_1 ослабляется. Наши исследования также показали, что после варки при 120°C в полученных образцах на поперечных срезах часто наблюдаются разрывы по слою S_1 (рис. 4). При расщеплении такой древесины вдоль волокон разрыв происходит в местах наименьшего сопротивления и, в частности, может произойти между ламеллами слоя S_1 . Мы использовали это обстоятельство для изучения микрофибрилярной структуры этого слоя. Сняв реплики с поверхности разрыва, мы просматривали их под электронным микроскопом, стараясь найти перекрестную микрофибрилярную структуру, характерную по литературным данным для слоя S_1 . Однако такой структуры мы не нашли, зато очень часто встречали ламеллы с параллельным расположением микрофибрилл, но угол наклона микрофибрилл в смежных ламеллах менялся на $10 \pm 1^\circ$ (рис. 5). Рядом с первичной стенкой находятся ламеллы с поперечной ориентацией микрофибрилл, а рядом со слоем S_2 ламеллы с ориентацией микрофибрилл вдоль оси клетки. В промежуточных ламеллах микрофибриллы постепенно меняют свою ориентацию от поперечной до продольной. Чтобы измерить углы между направлением микрофибрилл в ламеллах, видимых на рис. 5, мы составили график, где линиями показано направление микрофибрилл (рис. 6). Углы между линиями составили примерно 10 и 20° . Поскольку возможно, что две ламеллы на рис. 6 не видны, то изменение угла наклона микрофибрилл в смежных ламеллах на 10° можно считать постоянным. В таком случае коли-

Рис. 5. Поверхность разрыва частично делигнифицированной древесины. Разрыв прошел по слою S_1 , видны ламеллы этого слоя (3—9), частично открыты первичная стенка P и средний слой вторичной стенки S_2 (ламеллы 1 и 2).

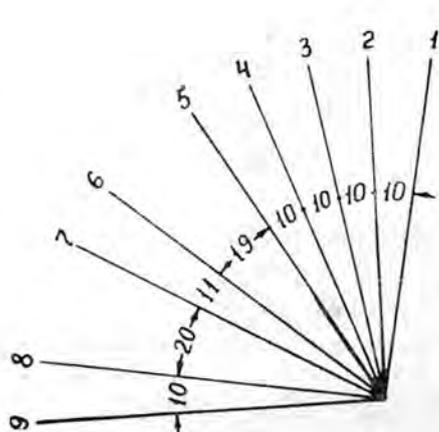


Рис. 6. График изменения углов наклона microfibrил в ламеллах слоев S_1 и S_2 , видимых на рис. 5. Линии 1 и 2 показывают направление microfibrил в ламеллах слоя S_2 , а 3—9 — в ламеллах слоя S_1 .

Число ламелл в этом слое равно 9. Этот слой мы принимаем за S_1 , так как других слоев между первичной стенкой и слоем S_2 вторичной стенки обнаружено не было. В слое S_1 количество ламелл подсчитывали также на поперечных срезах набухших делигнифицированных волокон (рис. 7); число их тоже равнялось приблизительно 9. Ламеллы слоя S_1 на поперечном срезе видны как тонкие сплошные линии, что можно объяснить особенностью расположения в них microfibrилл. Вследствие того, что microfibrиллы в смежных ламеллах под небольшим углом перекрещиваются друг с другом, они не могут перемещаться из одной ламеллы в другую при делигнификации и набухании. Кроме того, слой S_1 имеет сравнительно высокую пористость; этим можно объ-

яснить более легкий разрыв связей между ламеллами в слое S_1 , чем в S_2 , при делигнификации. Таким образом, в внешних слоях клеточной стенки нет резкого перехода от поперечной ориентации microfibrилл к продольной. Ламеллы слоя S_1 создают плавный переход от одной ориентации к другой.

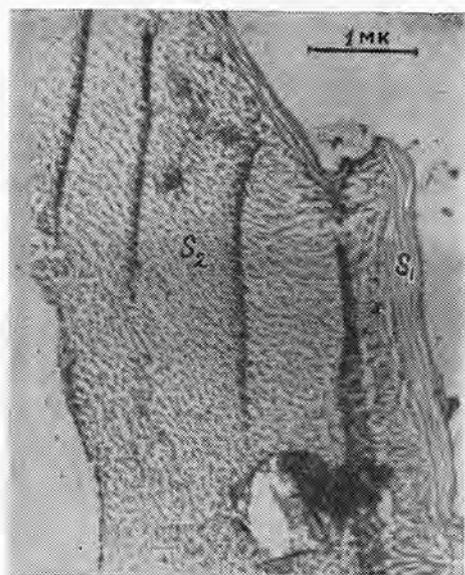


Рис. 7. Поперечный срез набухшего делигнифицированного волокна. Слой S_1 разделился на ламеллы.

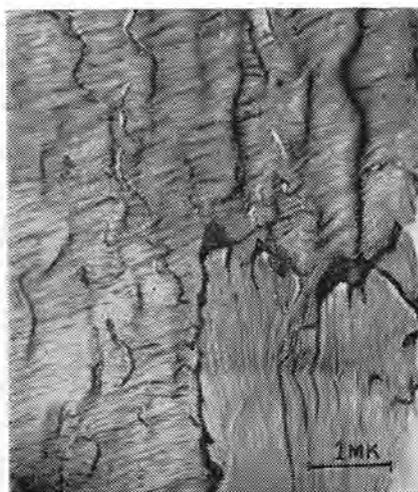


Рис. 8. Микрофибриллы слоя S_3 , частично открыт слой S_2 .

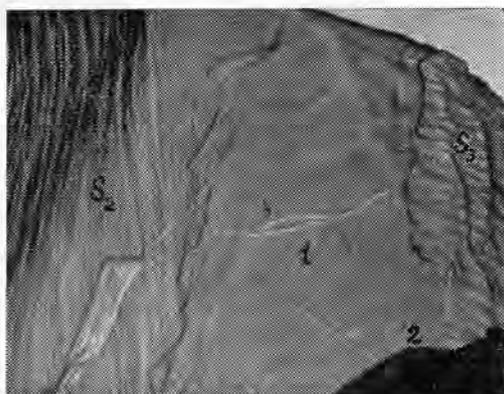


Рис. 9. Слой S_2 и S_3 с двумя промежуточными ламеллами между ними (1 и 2).

Средний слой вторичной стенки S_2 имеет макрофибриллярное строение [1]. При делигнификации липнин и гемицеллюлозы растворяются в первую очередь между макрофибриллами, которые получают возможность смещаться в поперечном направлении, так как расположены параллельно друг другу почти по всему слою. При этом ламеллярность слоя S_2 нарушается (рис. 7). В одной или двух ламеллах, расположенных рядом со слоем S_1 , направление макрофибрилл меняется так же, как в ламеллах слоя S_1 (рис. 5).

Внутренний слой вторичной стенки S_3 имеет менее плотную упаковку микрофибрилл, чем слой S_2 (рис. 8). У сосны микрофибриллы слоя S_3 расположены по очень пологой спирали, почти перпендикуляр-

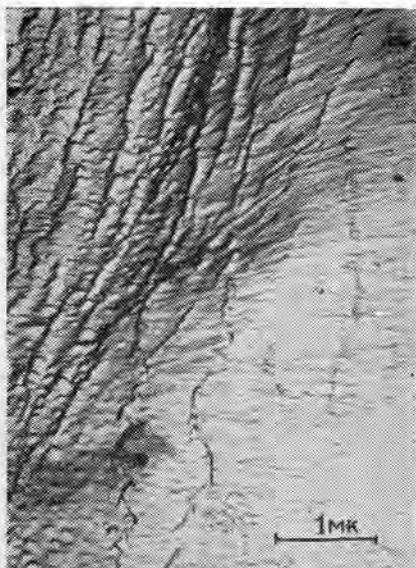


Рис. 10. Поверхность трахеиды со стороны полости. Сквозь тонкий выстилающий слой просвечивают микрофибрилярная структура слоя S_3 и бородавчатые структуры.

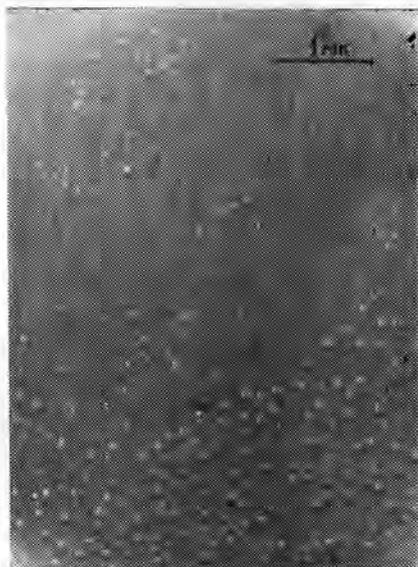


Рис. 11. Слой S_3 и бородавчатые структуры после растворения выстилающего слоя.

но фибриллам слоя S_2 . Существование ламелл в слое S_3 мы не наблюдали даже в сильно набухших образцах.

Иногда между слоями S_2 и S_3 можно видеть промежуточные ламеллы, вероятно, две (1 и 2), имеющие в отличие от слоя S_2 микрофибрилярное строение и больший угол наклона микрофибрилл (рис. 9). В ламеллах 1 и 2 микрофибриллы расположены по спиральям противоположного направления.

Со стороны полости слой S_3 покрыт очень тонким выстилающим слоем, сквозь который просвечивают микрофибрилярная структура слоя S_3 и бородавчатые образования (рис. 10). На отдельных участках выстилающий слой может достигать значительной толщины. Он состоит из аморфных веществ, которые легко растворяются в 5%-ной щелочи при 120°C ; при этом становится хорошо видна микрофибрилярная структура слоя S_3 (рис. 11). Бородавчатые образования расположены, главным образом, в углах клеток.

Выводы

1. В трахеидах сосны *Pinus silvestris* L. не было обнаружено перекрестной микрофибрилярной структуры в слое S_1 . Между первичной стенкой и слоем S_2 вторичной стенки находится около 9 ламелл с промежуточной ориентацией микрофибрилл. Угол наклона микрофибрилл в соседних ламеллах меняется примерно на 10° .

2. В слое S_2 микрофибриллы объединены в пучки-макрофибриллы, ориентированные приблизительно вдоль оси клетки, за исключением одной или двух ламелл, граничащих со слоем S_1 , в которых угол наклона макрофибрилл увеличивается.

3. Между слоями S_2 и S_3 возможно присутствие двух или более промежуточных ламелл, микрофибриллы которых расположены по сравнительно крутым спиральям противоположного направления.

4. Слой S_3 имеет менее плотную упаковку микрофибрилл, чем слой S_2 . Микрофибриллы расположены по пологой спирали. Со стороны полости слой S_3 покрыт слоем аморфных веществ, которые легко растворяются в щелочи.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Б. Д. Богомолов, М. Ф. Берензон. Журн. «Химия древесины» № 7, 1971. [2]. Г. Бюхер. В кн. «Основные представления о волокнах, применяемых в бумажной промышленности». Гослесбумиздат, М., 1962. [3]. И. С. Гелес. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 1971. [4]. А. Фрей-Висслинг, К. Мюлеталер. Ультраструктура растительной клетки. Изд-во «Мир», М., 1968. [5]. F. K. Azzola, L. Schneider, R. Weber, «Papier» (BRD), 23, 5, 1969. [6]. H. W. Emerton, V. Goldmith, «Holzforschung», 103, 4, 1956. [7]. E. Frei, R. D. Preston, G. W. Ripley. «J. Exper. Botany», 8, 22, 1957. [8]. A. Frey-Wyssling, «Nature», 11, 1957. [9]. A. Frey-Wyssling, K. Mühlethaler, R. W. G. Wyckoff. «Experientia», 12, 1948. [10]. H. Harada, in: Côté «Cellular ultrastructure of woody plants». Syracuse, New-York, 1965. [11]. H. Harada, Y. Miyazaki, T. Makashima. Bull. of Government Forest Experiment Station, 104, 1958. [12]. Th. Kerr, I. W. Bailey. «J. Arnold Arboretum», 15, 1934. [13]. H. Meier. «Holz als Roh- und Werkstoff», 13, 9, 1955. [14]. K. Mühlethaler. «Berichte Schweiz. Bot. Gesellschaft», 60, 1950. [15]. J. Polcin, J. Farkas, M. Karhanek. «Pulp and Paper Mag. Canada», 11, 1967. [16]. A. B. Wardrop. «Australian Journal of Botany», 2, 2, 1954. [17]. A. B. Wardrop. «Holzforschung», 11, 4, 1957. [18]. A. B. Wardrop. «Australian Journal of Botany», 6, 4, 1958. [19]. A. B. Wardrop. «Svensk papperstidning», 66, 7, 1963.

Поступила 4 апреля 1972 г.

УДК 547.92

ПОЛУЧЕНИЕ ОЧИЩЕННОГО ФИТОСТЕРИНА С ПОМОЩЬЮ РАЗЛИЧНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ

С. И. ЛАДИНСКАЯ, Э. И. ЛАРИНА, А. Л. АГРАНАТ

Ленинградская лесотехническая академия

Показано, что наибольший выход очищенного фитостерина (85,5% от исходного количества стеринов) получен при использовании этилацетата в качестве растворителя фитостерина-сырца. По данным ГЖХ чистота продукта, полученного из этилацетата, выше, чем при бензиновой очистке.

С целью упрощения технологии очистки фитостерина-сырца и увеличения выхода очищенного фитостерина были опробованы для растворения фитостерина-сырца различные органические растворители: четыреххлористый углерод, этилацетат, ацетон и хлороформ.

Фитостерин-сырец Кехраского ЦБК растворяли в одном из растворителей при соотношении продукт — растворитель как 1:15 или 1:20 при температуре 50—55° в течение 1 часа. Твердые мыла от раствора отделяли или холодным фильтрованием при использовании в качестве растворителя — четыреххлористого углерода, или во всех остальных случаях горячим фильтрованием. Твердые мыла на фильтре промывали растворителем для более полного удаления стеринов. Из охлажденного раствора получали очищенный фитостерин следующими способами: 1) отгонка растворителя (состав рабочего раствора: вода, фитостерин и бензин); 2) отгонка растворителя (состав рабочего раствора: фитостерин и бензин); 3) кристаллизация и отделение кристаллов фитостерина фильтрованием.

Таблица 1

№ опыта	Растворитель	Соотношение фитостерин: растворитель	Способ отделения осадка	% от исходного количества фитостерина-сырца	Содержание	
					твердых мат., %	фитостерина (по разности), %
1	Четыреххлористый углерод	1:20	Холодное фильтрование	44,7	77,8	22,2
2	Этилацетат	1:20	Горячее фильтрование	39,4	84,6	15,4
3	"	1:20	"	40,0	80,2	19,8
4	"	1:20	"	39,9	82,4	17,6
5	Ацетон	1:15	"	43,5	85,0	15,0

Таблица 2

№ опыта	Растворитель	Способ получения фитостерина	Содержание β -ситостерина, %	Выход очищенного фитостерина, %		Цвет в состоянии образцов фитостерина
				от исходного продукта	от исходного количества стеринев	
1	Четыреххлористый углерод	Отгонка растворителя (раствор: вода, бензин, фитостерин)	90,8	52,0	79,2	Белый с желтоватым оттенком аморфный
2	Этилацетат	Кристаллизация и фильтрование	90,4	40,0	60,0	Белый кристаллический
3	"	Отгонка растворителя (раствор: вода, бензин, фитостерин)	91,6	58,5	85,5	Бледно-желтый аморфный
4	"	Отгонка растворителя (раствор: вода, бензин, фитостерин)	88,8	56,8	84,5	Белый с желтоватым оттенком аморфный
5	Ацетон	Кристаллизация, фильтрование	90,0	50,0	66,3	Белый кристаллический

Примечание. Все полученные образцы фитостерина очищенного не содержали твердого мыла. Содержание β -ситостерина в опытах определяли бромид-броматным способом.

После отгонки растворителя раствор охлаждали и очищенный фитостерин отфильтровывали. Полученный продукт сушили и анализировали. Характеристика исходного продукта: содержание летучих 1,8%, твердых мыл 34,2%, фитостерина 64,0%.

Количественная и качественная характеристика твердых мыл — нерастворимого осадка показана в табл. 1. При применении в качестве растворителя четыреххлористого углерода фильтрование раствора, как горячего, так и холодного, идет очень медленно. При охлаждении раствора до 20°C и отстаивании при этой температуре в течение 5—7 час образуется нефилтруемый студенистый осадок. Если фитостерин-сырец растворить в хлороформе, то горячим фильтрованием отделить твердые мыла от раствора не удастся. При охлаждении раствора выпадает фитостерин, поэтому отделить твердые мыла при более низкой температуре раствора также невозможно. При применении этилацетата и ацетона операция отделения нерастворившегося осадка от раствора не представляет трудностей, так как горячий раствор фильтруется быстро.

Характеристика очищенного фитостерина приведена в табл. 2.

Образцы очищенного фитостерина, выделенные этилацетатом и полученные бензиновой очисткой, анализировали газо-жидкостной хроматографией. Условия хроматографирования: хроматограф — модель фирмы Shimadzu (С-4АРЕТ); детектор — пламенно-ионизационный, чувствительность $3,27 \cdot 10^{-3}$; колонка — стеклянная U-образная трубка, размер: длина 2 м, диаметр 4 мм; твердый носитель — хромосорб G (100/120 меш США) силанизированный, промытый кислотой; неподвижная фаза — 1% SE-30; температура колонки 275°C; температура детектора — 300°C; температура инжектора 300°C; газ-носитель — гелий, скорость 35 мл/мин; самописец, модель фирмы Shimadzu, скорость движения ленты 5 мм/мин; концентрация стеринов 2,5%, проба 2 мкл.

Количественный состав (определенный методом ГЖХ) стеринов, полученных различными способами очистки, приведен в табл. 3.

Таблица 3

№ образца	Способ очистки	Состав стеринов, %				
		алифатические спирты			кампестерин	β-ситостерин
		бегеновый	лигноцериновый	сумма		
1	Этилацетатом, кристаллизация	—	—		10,8	88,2
2	Бензином с промывкой оводненным спиртом и водой, отгонка растворителя	3,05	4,15	7,2	10,4	82,3

Идентификацию разделенных компонентов проводили методом метки (для β-ситостерина, бегенового и лигноцеринового спиртов) и по относительно удерживаемому объему (для кампестерина), который полностью совпадает с литературными данными (E. Fedeli, A. Zanzani, P. Carrella. J. Am. Chem. Soc. 43, № 4, 254, 1966).

Хроматограммы данных продуктов приведены на рис. 1, 2.

Наиболее приемлемые растворители для очистки фитостерина-сырца — этилацетат и ацетон. При этом удается получить 50—60% очищенного фитостерина от исходного количества, взятого на очистку, или 85% стеринов от их содержания в фитостерине-сырце. Применение этилацетата для очистки фитостерина-сырца дает возможность значительно увеличить выход продукта по сравнению с бензиновой очисткой

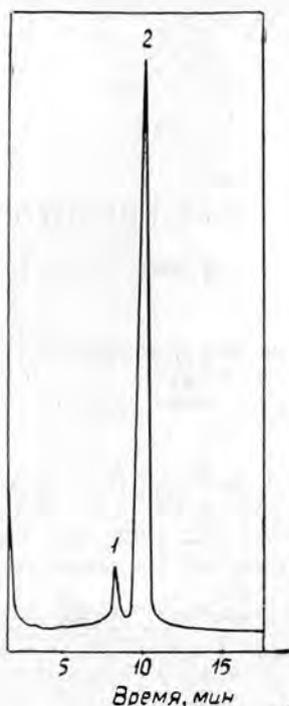


Рис. 1. Разделение очищенного фитостерина, выделенного этилацетатом
1 — кампестерин; 2 — β -ситостерин.

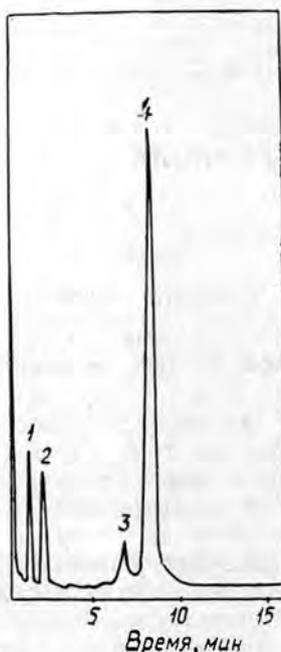


Рис. 2. Разделение очищенного фитостерина, полученного бензиновой очисткой
1 — бегеновый спирт; 2 — лигноцеринный спирт; 3 — кампестерин;
4 — β -ситостерин.

(в последнем случае выход стеринов составляет только 60% от исходного содержания) и значительно облегчить процесс очистки, так как отпадает необходимость промывки раствора оводненным спиртом и водой.

Продукт, полученный при очистке фитостерина-сырца этилацетатом, более чистый, чем при бензиновой очистке. Как видно из хроматографического анализа, очистка этилацетатом позволяет выделить фитостерин без алифатических спиртов.

Поступила 5 июня 1972 г.

УДК 547.724.1 + 651.73

О ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ФУРФУРОЛА С ДИХЛОРУКСУСНОЙ КИСЛОТОЙ

Б. К. СЕМЕНОВ, И. М. БОХОВКИН

Архангельский лесотехнический институт

Приводятся результаты физико-химического исследования бинарной системы фурфурол — дихлоруксусная кислота, плавокости, удельной электропроводности, плотности, вязкости, а также изучения инфракрасных спектров.

В одной из работ [2] было проведено физико-химическое исследование двойных систем, образованных фурфуролом с уксусной, монохлоруксусной и трихлоруксусной кислотами. Установлено, что фурфурол с уксусной кислотой не образует соединения, а с монохлоруксусной и трихлоруксусной кислотами образует соединения состава 1:1.

Изучение структур комплексов данных кислот с фурфуролом методом ИК-спектроскопии проведено в нашей работе [3]. Показано, что образование комплексов фурфурола с монохлоруксусной и трихлоруксусной кислотами идет с участием водородной связи.

Представляло интерес изучить взаимодействие фурфурола с дихлоруксусной кислотой и выявить общие закономерности взаимодействия фурфурола с уксусной кислотой и ее хлорпроизводными кислотами.

Экспериментальная часть

Фурфурол и дихлоруксусную кислоту перед опытом перегоняли с дефлегматором в вакууме, $T_{пл}$ соответственно $-36,5^\circ$ и $13,4^\circ$. Концентрацию выражали в молекулярных процентах, вязкость — в сантипуазах, удельную электропроводность — в $ом^{-1} \cdot см^{-1}$.

Система фурфурол — дихлоруксусная кислота (рис. 1). Изучение плавокости было затруднено, так как система образует прозрачную стеклообразную массу. Ветвь фурфурол — дихлоруксусная кислота удалось исследовать до 25 мол. % дихлоруксусной кислоты, а ветвь дихлоруксусная кислота — фурфурол до 30 мол. % фурфурола. В пределах концентрации дихлоруксусной кислоты 25—70 мол. % кристаллизацию вызвать не удалось, жидкость становилась вязкой, а затем с понижением температуры затвердевала в виде прозрачной стеклообразной массы. Мы полагаем, что образование стекол в системе указывает на некоторое взаимодействие компонентов.

Жидкую фазу этой системы исследовали путем определения плотности, вязкости и удельной электропроводности при температурах 20, 40 и 60° . По этим данным рассчитывали приведенную электропроводность и температурные коэффициенты удельной электропроводности и вязкости (рис. 1).

Плотность смесей возрастает почти по аддитивной прямой от фурфурола к дихлоруксусной кислоте. Вязкость смесей с увеличением концентрации дихлоруксусной кислоты резко повышается и изотермы ее имеют выпуклости от оси состава. Изотермы удельной электропро-

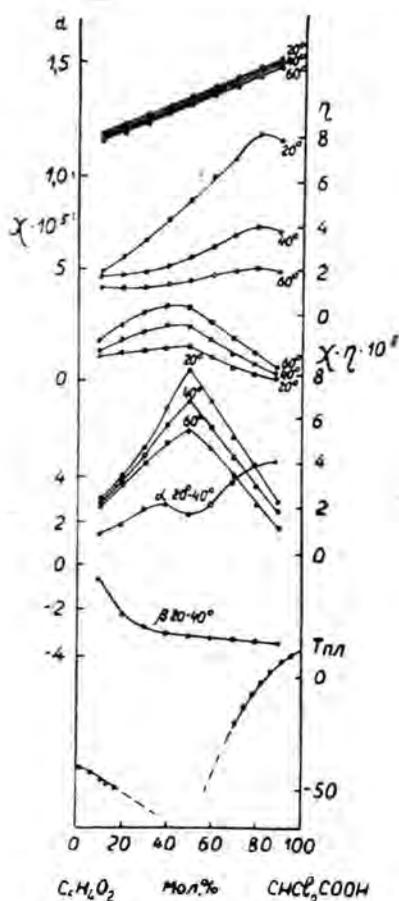


Рис. 1.

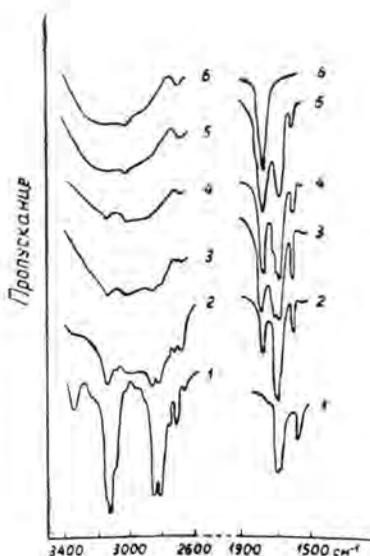


Рис. 2.

водности имеют размытый максимум при 45 мол.% дихлоруксусной кислоты, а изотермы приведенной электропроводности — явно выраженный максимум при 50 мол.% дихлоруксусной кислоты.

Рассчитанные температурные коэффициенты вязкости обращены выпуклостью к оси состава, а температурные коэффициенты удельной электропроводности имеют перегиб при 50 мол.% дихлоруксусной кислоты.

Характер изотерм вязкости, удельной электропроводности, приведенной электропроводности и температурных коэффициентов электропроводности и вязкости позволяет предполагать, что фурфуrol и дихлоруксусная кислота образуют комплексы состава 1 : 1, молекулы в которых связаны между собой по типу водородной связи.

Для подтверждения этого предположения были исследованы ИК-спектры (рис. 2) следующих смесей: 2 — 80 мол.% фурфуrolа + 20 мол.% дихлоруксусной кислоты; 3 — 60 мол.% фурфуrolа + 40 мол.% дихлоруксусной кислоты; 4 — 50 мол.% фурфуrolа + 50 мол.% дихлоруксусной кислоты; 5 — 20 мол.% фурфуrolа + 80 мол.% дихлоруксусной кислоты; 1 — спектр фурфуrolа; 6 — спектр дихлоруксусной кислоты. ИК-спектры снимали на спектрофотометре UR-20 с призмой NaCl и LiF в кюветах с окошками из NaCl. Условия

записи: щелевая программа 4, усиление 9 и 6, скорость сканирования $160 \text{ см}^{-1}/\text{мин}$.

Более тщательно спектры исследовали в области частот $1500\text{--}1900 \text{ см}^{-1}$ и $2700\text{--}3600 \text{ см}^{-1}$, где находятся полосы поглощения валентных колебаний групп $\text{C}=\text{O}$ и $\text{O}-\text{H}$, так как частоты этих полос испытывают смещения вследствие образования водородной связи между молекулами. Образцы готовили в виде взвеси в вазелиновом масле, в области спектра $2700\text{--}3600 \text{ см}^{-1}$ — без вазелинового масла. Спектры снимали при температуре 25° . Отнесение частот колебаний фурфурола проводили по данным работ [1], [4], [7], а дихлоруксусной кислоты — по данным работ [5], [6].

Анализ спектров системы показывает, что в области $1500\text{--}1800 \text{ см}^{-1}$, где находятся дублетная полоса валентных колебаний $\text{C}=\text{O}$ фурфурола с частотами $\nu_1 = 1675 \text{ см}^{-1}$ и $\nu_2 = 1693 \text{ см}^{-1}$ и полоса валентных колебаний $\text{C}=\text{O}$ дихлоруксусной кислоты с частотой 1744 см^{-1} происходят изменения в спектрах. С увеличением концентрации дихлоруксусной кислоты наряду с полосой валентных колебаний $\text{C}=\text{O}$ фурфурола (интенсивность которой уменьшается) появляется новая полоса, смещенная в сторону меньших частот от полосы валентных колебаний $\text{C}=\text{O}$ фурфурола. При содержании 20 мол.% кислоты новая полоса проявляется в виде плеча, а при 50 мол.% она явно выражена и имеет частоту 1652 см^{-1} .

Полоса валентных колебаний $\text{C}=\text{O}$ дихлоруксусной кислоты с увеличением содержания фурфурола смещается в сторону больших частот и имеет частоту 1755 см^{-1} . (При содержании 20 мол.% фурфурола она проявляется в виде плеча.) Смещение в сторону больших частот составляет 11 см^{-1} , что указывает на увеличение прочности связи $\text{C}=\text{O}$ и на участие в водородной связи.

Полоса валентных колебаний OH дихлоруксусной кислоты в области $2800\text{--}3600 \text{ см}^{-1}$ широкая и частично перекрывается полосой $\text{C}-\text{H}$ колебаний фурфурола. Поэтому нам не удалось проследить за изменением ее структуры, но некоторая тенденция смещения полосы в сторону низких частот и ее уширение заметны.

Следовательно, в системе фурфурол — дихлоруксусная кислота образование комплексов идет с участием водородной связи по схеме $\text{C}=\text{O} \dots \text{H}-\text{O}$.

При составлении ИК-спектров системы фурфурол — дихлоруксусная кислота с ИК-спектрами систем фурфурол — уксусная, монохлоруксусная и трихлоруксусная кислота [3] вытекает, что прочность водородной связи между фурфуролом и кислотами возрастает в направлении: монохлоруксусная, дихлоруксусная, трихлоруксусная кислота, то есть прочность повышается с увеличением числа атомов хлора в радикале уксусной кислоты.

Выводы

1. Изучена диаграмма плавкости бинарной системы фурфурол — дихлоруксусная кислота. Установлено, что в области, близкой к эквимолекулярному составу, происходит стеклообразование, указывающее на некоторое взаимодействие компонентов.

2. Исследована методами плотности, вязкости, удельной электропроводности жидкая гомогенная фаза и рассчитаны приведенная электропроводность и температурные коэффициенты электропроводности и вязкости. Изотермы этих свойств указывают на существование соединений в расплаве.

3. Изучены ИК-спектры бинарной системы фурфурол — дихлоруксусная кислота. Образование комплексов между фурфуролом и дихлоруксусной кислотой идет по типу водородной связи.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. Н. Багаев. ЖПХ 41, № 20, 1968, 2287—2292. [2]. И. М. Боховкин, Е. О. Витман. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1960, 159—164. [3]. И. М. Боховкин, Б. К. Семенов. ЖОХ, 42, 1972, 962—965. [4]. Ю. И. Холькин, Л. С. Соловьев, А. В. Финкельштейн, Ю. С. Пилипчук. Спектроскопия, Изд-во «Наука», М., 1964, 120—128. [5]. L. I. Bellamy, R. F. Lake, R. G. Pace. Spectrochim. acta, v. 19, № 2, 1963, 443—449. [6]. I. Bellanato, G. R. Barcelo. Spectrochim. acta, v. 16, 1960, 1333—1343. [7]. Suetaka Wataru. Gazz. Chim. itall., v. 86, № 8—9, 1956, 383—396.

Поступила 23 мая 1972 г.

УДК 547.724.1

ЭКСПРЕСС-МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФУРФУРОЛА В ДИСТИЛЛЯТЕ

А. А. ЩЕРБАКОВ, Л. В. ПУСТОВОИТ

Львовский лесотехнический институт

Описана методика определения фурфурола в дистилляте по показателю лучепреломления сравнительно с бромид-броматным и весовым методами (стандартные растворы). Точность определения $\pm 10\%$, продолжительность определения 1—2 мин. Предложено уравнение прямой, по которому можно вычислять количество фурфурола в дистилляте на основании показателя лучепреломления.

Известно более 40 методов количественного определения фурфурола в различных средах [1], [4], [5], [6], [7]. Один из них — бромид-броматный как наиболее доступный и проверенный применяют (согласно ГОСТу 10437—63) на гидролизных заводах Советского Союза для установления количества альдегида в дистилляте (или конденсате) и в готовом продукте.

Сущность бромид-броматного метода определения фурфурола заключается в йодометрическом определении количества брома, не вступившего в реакцию с фурфуролом, путем титрования точным раствором гипосульфита натрия. Основные недостатки этого способа: несколько завышенные результаты для разбавленных растворов и большая продолжительность анализа. На одно определение затрачивается от 30 мин. (анализ с катализатором — молибденово-кислым аммонием) до 1 часа 30 мин. (анализ без катализатора). Большая продолжительность анализа мешает быстро переключить режим пентозного гидролиза на гексозный, в результате чего могут быть естественные и значительные потери получаемых веществ.

Мы предлагаем экспресс-метод определения фурфурола в дистилляте (или конденсате) на основе составленных нами таблиц, графиков, а также уравнений, показывающих пропорциональную зависимость между показателями лучепреломления и процентными концентрациями фурфурола в растворе.

Экспериментальная часть

Для приготовления стандартных растворов фурфурола в дистилляте и дистиллята в фурфуроле мы использовали фурфурол, перегнанный под вакуумом. Его показатели: содержание собственно фурфурола 99,3%; плотность 1,1592; показатель лучепреломления 1,5235;

температура кипения 161,6°C. Стандартные растворы готовили весовым методом (с использованием аналитических весов) путем растворения свежеперегнанного фурфурола в искусственно приготовленном дистилляте, который представлял собой раствор уксусной кислоты (0,2%-ный) и метилового спирта (0,4%-ный) в воде; такой раствор приблизительно отвечает составу дистиллята, получаемого в приемнике при гидролизе растительных отходов разбавленными растворами серной кислоты под давлением.

Всего было приготовлено 15 растворов фурфурола в дистилляте и 10 растворов дистиллята в фурфуроле. После тщательного перемешивания в каждом из стандартных растворов определяли показатель лучепреломления в рефрактометре ИРФ-22 при температуре 20°C. Концентрацию фурфурола в стандартных растворах контролировали бромид-броматным методом.

Таблица 1

n_D^{20}	Количество фурфурола, %, найденное,			Ошибка по отношению к стандартному раствору, %	
	весовым методом (стандартные растворы)	бромид-броматным методом	по предлагаемому уравнению прямой	бромид-броматного метода	способа по уравнению прямой
1,3338	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,3339	0,06	0,08	0,07	+33,0	+16,6
1,3341	0,29	0,35	0,20	-20,6	-31,1
1,3350	0,93	0,96	0,81	+3,2	-13,0
1,3358	1,44	1,53	1,36	-6,2	-5,6
1,3370	2,01	1,83	2,18	-8,6	-8,4
1,3375	2,63	2,49	2,52	-5,4	-4,2
1,3379	3,08	2,68	2,79	-13,0	-9,5
1,3391	4,14	3,75	3,60	-9,5	-10,7
1,3394	5,08	4,24	3,80	-16,6	-25,5
1,3405	6,01	4,99	4,60	-17,0	-23,5
1,3435	6,94	5,86	6,60	-15,6	-4,9
1,3441	8,07	7,67	7,00	-5,0	-13,3
1,3452	8,85	8,44	7,80	-4,7	-14,2
1,3470	9,76	9,35	9,00	-4,2	-7,8
				Среднее $\pm 10,8$	$\pm 10,2$

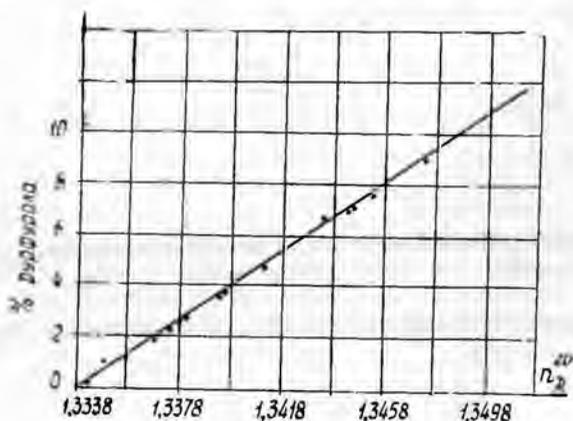


Рис. 1. Изменение показателя лучепреломления в зависимости от процентной концентрации фурфурола в дистилляте (рефрактометр ИРФ-22, температура 20°C).

В табл. 1 и на рис. 1 представлены результаты определения показателя лучепреломления в стандартных растворах фурфурола в дистилляте, найденные опытно и по графику прямой линии. Из приведенных данных видно, что показатель лучепреломления растворов фурфурола изменяется пропорционально количеству альдегида, находящемуся в дистилляте. А графическая зависимость между этими величинами может быть выражена прямой линией, характеризуемой уравнением прямой, проходящей через начало координат

$$Y = K \cdot X [3],$$

где Y — содержание фурфурола в растворе, %;
 X — показатель лучепреломления.

В рассматриваемом случае уравнение прямой принимает вид:

$$Y = 680 (n_D^{20} - 1,3338).$$

Подставляя в это уравнение значения показателя лучепреломления, получим величину Y , то есть процентное содержание фурфурола в дистилляте. Так, например, для $n_D^{20} = 1,3339$ $Y = 0,068$ или 0,07%.

Из данных табл. 1 видно, что точность определения фурфурола в дистилляте по показателю лучепреломления бромид-броматным методом и по уравнению прямой линии примерно одинакова, а ошибка составляет $\pm 10\%$.

Таблица 2

Концентрация стандартного раствора фурфурола, %	n_D^{20}	Концентрация фурфурола, найденная графически, %	Относительная ошибка определения, %
92,2	1,5121	93,3	-1,2
93,0	1,5125	93,6	-0,6
93,9	1,5132	93,9	$\pm 0,0$
94,3	1,5136	94,2	-0,1
95,7	1,5143	94,7	-1,1
96,1	1,5153	95,3	-0,8
96,6	1,5188	97,5	+0,9
97,6	1,5190	97,6	$\pm 0,0$
98,8	1,5215	99,1	+0,3
99,3	1,5235	100,3	-1,0

Среднее $\pm 0,6$

В табл. 2 и на рис. 2 представлены данные по определению показателя лучепреломления в рефрактометре ИРФ-22 растворов дистиллята в фурфуроле. Аналитическое уравнение для графика имеет вид:

$$Y = 622 (n_D^{20} - 1,5100) + 92,$$

где Y — % фурфурола в дистилляте.

Из приведенных данных видно, что показатель лучепреломления растворов дистиллята в фурфуроле изменяется так же, как и аналогичная величина растворов фурфурола в дистилляте, то есть пропорционально количеству альдегида. Относительная ошибка определения составляет $\pm 0,6\%$.

При определении фурфурола указанным экспресс-методом по показателю лучепреломления, требующим для своего выполнения 1—2 мин, следует учитывать большое влияние температуры: с понижением температуры показатель лучепреломления увеличивается, а с повышением ее уменьшается.

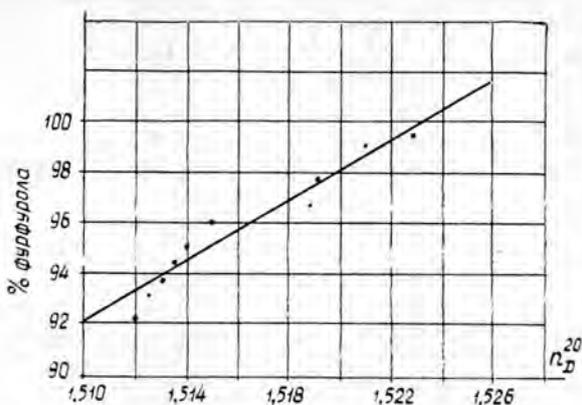


Рис. 2. Изменение показателя лучепреломления в зависимости от процентной концентрации дистиллята в фурфуроле (рефрактометр ИРФ-22, температура 20°C).

Если температура опыта отличается от 20°C, то вносят поправку, пользуясь уравнением

$$n_D^t = n_D^{20} + (20^\circ - t) \cdot 0,0002,$$

где t — температура, при которой определяли показатель лучепреломления [2].

В заключение следует сказать, что данный экспресс-метод определения фурфуrolа, значительно сокращающий продолжительность количественного анализа альдегида по сравнению со стандартным (бромид-броматным) методом, успешно применяют на Ферганском химическом заводе фурановых соединений и Андижанском гидролизном заводе.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ю. В. Волзинский, А. Н. Масленников, С. З. Демиховская, А. Н. Багаев, Г. Н. Порываева. Экспрессные методы определения фурфуrolа. М., 1965, 5. [2]. Государственная фармакопея СССР, 9 изд., Медгиз, М., 1961, 694. [3]. И. И. Привалов. Аналитическая геометрия. Изд-во «Наука», М., 1966, 46. [4]. З. А. Тиль, А. А. Пономарев. Анализ фурфуrolа в пентозансодержащих отходах. Изд. Саратовского университета, 1962, 15. [5]. М. В. Шиманская, В. А. Славинская. Аналитическое определение фурфуrolа. Изд. АН Латвийской ССР, Рига, 1961, 37. [6]. А. А. Шербаков. Фурфуrol. Гостехиздат УССР, 1962, 164. [7]. A. Dunlop, and Peters. The Furans, New-York, 1953, 283.

Поступила 10 мая 1972 г.

УДК 674.817-41

ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ДЕФИБРАТОРНОГО ВОЛОКНА ПРИ НАГРЕВАНИИ

А. А. ЛЕОНОВИЧ

Ленинградская лесотехническая академия

Рассмотрено поведение соснового дефибраторного волокна при нагревании. Показано, что размягчение волокна, обусловленное температурными переходами его компонентов, начинается при температуре 100° . Переход при $220-230^{\circ}$ соответствует температуре стеклования целлюлозы. Вязкоупругие свойства запрессованного волокна изменяются в соответствии с ходом термомеханической кривой.

Известно, что снижение упругости и повышение пластичности волокон при горячем прессовании древесноволокнистых плит приводят к развитию достаточной поверхности контакта и сил связи между волокнами [1]. Способность древесных волокон к размягчению обычно оценивают по качеству изготовленных плит или измерением объемного веса специальных запрессовок [2]. Такие определения производят в условиях комнатной температуры, поэтому характер процесса размягчения древесных волокон проследить невозможно.

В. А. Карпин [5] предложил снимать плавную термомеханическую кривую (ТМ-кривую) зависимости механических свойств от температуры; эта кривая, по его мнению, — первая начальная характеристика свойств полимера. По методике В. А. Карпина определена температура стеклования целлюлозы путем экстраполяции температур стеклования пластифицированных препаратов целлюлозы с различным содержанием пластификатора; она составила 220° [6]. По другим определениям [9], температура стеклования, непосредственно замеренная в среде аргона и воздуха, оказалась равной 230° .

Горинг [12] изучал размягчение отдельных компонентов древесины при нагревании путем определения температур спекания порошков, приготовленных из этих компонентов. Лигнин и гемицеллюлозы имели температуру размягчения от 130 до 190° в сухом состоянии, которая значительно снижалась при увлажнении образцов.

ТМ-кривые дефибраторного волокна приведены нами ранее [7] при обсуждении остаточных напряжений в древесноволокнистых плитах. Деформация при термомеханическом анализе отражает релаксационные процессы, поэтому в настоящей работе на образцах соснового дефибраторного волокна рассмотрена температурно-временная зависимость деформации. Изменения характера изучаемых параметров образцов при нагревании отнесены, в соответствии со сложившимися представлениями [1], за счет температурных переходов, отвечающих как-либо изменениям в структуре волокна.

Исследования проводили на волокне одноминутной пропарки, полученном на промышленном дефибраторе типа *L* с выдувкой волокна в сухой циклон. Образцы для термомеханического анализа запрессовывали в таблетки при температуре 100° и удельном давлении 5000 кг/см^2 . ТМ-кривые снимали на модифицированном приборе «весы Карпина» [3]

в режиме постоянной нагрузки $0,1 \text{ кг/см}^2$. Таблетки влажностью $2,5\%$ помещали в прибор без предварительного кондиционирования. Древесноволокнистые плиты прессовали сухим способом при температуре 220° с последующей закалкой (термообработкой) в течение 4 час при температуре 170° . Динамический модуль сдвига и коэффициент динамической сдвиговой вязкости находили с помощью торсионного маятника [4], пористость измельченных образцов определяли на установке [10].

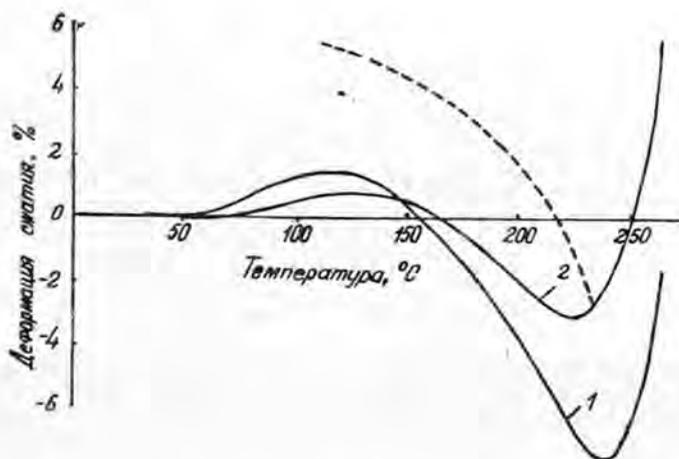
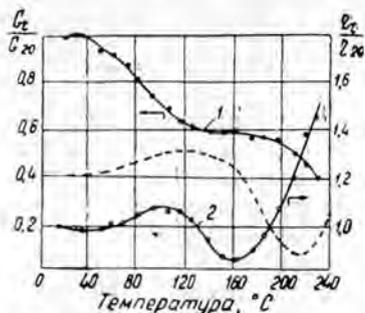


Рис. 1.

На рис. 1 приведены ТМ-кривые образцов сосновых опилок (кривая 1) и соснового дефибраторного волокна (кривая 2), снятые со скоростью 1 град/мин . (Пунктиром показан ход кривой при охлаждении.) Кривые разбиты на три участка, границей между которыми служат точки изменения знака хода кривой. На первом участке по мере нагревания наблюдается рост деформации сжатия вследствие снижения модуля упругости и твердости материала. Второй участок кривой отражает наличие в образце неотрелаксированных внутренних напряжений, которые возникают при запрессовке. С повышением температуры, когда меж- и внутриволоконные связи ослабевают, остаточные напряжения начинают проявляться в виде обратной ползучести (упругого восстановления), приводя к возрастанию толщины образца. По мере того, как процесс размягчения распространяется на все компоненты древесного волокна, упругое восстановление затухает и далее наблюдается рост необратимой деформации сжатия (третий участок). Различие кривых 1 и 2 позволяет отметить, что пропарка и разлом древесины снижают величину упругого восстановления и на $10\text{--}15^\circ$ уменьшают температуру перехода к необратимому размягчению. На необратимый характер деформации указывает ход ТМ-кривой, если ее снимать за перегибом в режиме охлаждения.

О снижении твердости древесного волокна при нагревании можно судить из данных по вязкоупругим свойствам древесноволокнистых плит незакаленных, то есть еще в значительной мере сохраняющих свойства исходного волокна. Динамический модуль сдвига образцов снижается монотонно, а в области температур, соответствующих восстановлению толщины образца (второй участок), он остается почти неизменным. Это видно из данных рис. 2, где для удобства рассмотре-

Рис. 2. Относительные изменения динамического модуля сдвига D (1) и коэффициента динамической сдвиговой вязкости η (2) образцов незакаленной древесноволокнистой плиты при нагревании.



ния пунктиром показана ТМ-кривая соснового дефибраторного волокна. Совместное рассмотрение кривых позволяет отметить, что коэффициент динамической сдвиговой вязкости изменяется подобно ходу ТМ-кривой, но с некоторым опережением. Более полные данные по динамическим характеристикам плит в зависимости от рецептурных и технологических факторов опубликованы в нашей статье [8]; связь между характером изменения вязкоупругих свойств при нагревании и ходом ТМ-кривой естественна, так как оба метода — динамический и термомеханический — независимо отражают происходящие в образце структурные изменения. Некоторое несовпадение значений температурных переходов, по-видимому, объясняется различной методикой получения образцов, в частности, различием в температуре и удельном давлении прессования.

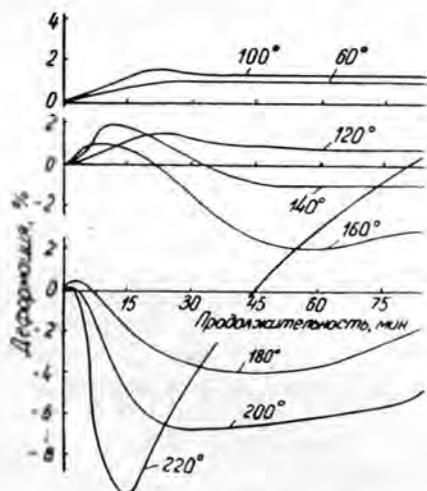


Рис. 3. Деформация образцов соснового дефибраторного волокна во времени при разных температурах (цифрами у кривых обозначена температура в камере прибора).

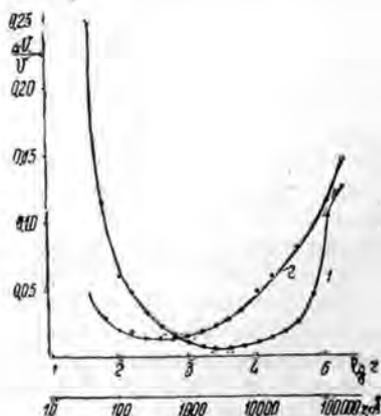


Рис. 4. Распределение объема пор по их размерам в древесноволокнистой плите до закалки (1) и после закалки (2).

На рис. 3 приведена температурно-временная зависимость деформации образцов волокна, полученная путем помещения их в камеру с заданной температурой и снятия отсчетов, начиная непосредственно с момента установки. Отклонением температуры в камере прибора во

время установки образцов пренебрегали, так как заданное значение температуры устанавливалось в течение 3—5 мин.

Приведенные данные совместно с данными рис. 1 иллюстрируют релаксационную природу деформации древесного волокна при нагревании и позволяют сделать вывод, что характер температурно-временной зависимости достаточно хорошо разрешается при снятии ТМ-кривой со скоростью повышения температуры на 1° в 1 мин.

Из-за полидисперсности и химической неоднородности древесного волокна размягчение его происходит в широком интервале температур и определяется температурными переходами отдельных компонентов. Интересно отметить, что температурный переход при $220\text{--}230^\circ$ совпадает с температурой стеклования целлюлозы, определенной ранее [6], [9], и почти совпадает с минимально необходимой температурой прессования древесноволокнистых плит сухим способом, где пластифицирующая роль влаги менее существенна, чем при мокром прессовании.

Рассмотренное поведение древесного волокна при нагревании должно отразиться на субмикроскопической структуре отпрессованных плит при их закалке. Ниже приведены результаты сравнительных исследований пористости древесноволокнистых плит незакаленных и после закалки. Хотя несомненно, что измельчение образцов сказывается на полученных данных, но это никак не влияет на корреляцию между изменением субмикроскопической структуры и полученными кривыми распределения пор по размерам, поскольку измельчение и все определения выполнены в идентичных условиях.

Суммарный объем пор незакаленных плит составляет $0,651\text{ см}^3/\text{г}$, закаленных $0,552\text{ см}^3/\text{г}$. Для удобства рассмотрения изменений в структуре плит по экспериментальным программам рассчитывали приведенный объем пор, кривые распределения которого по эквивалентным радиусам пор представлены на рис. 4.

В результате закалки пористость плит снижается на 15%. При этом количество мелких пор с радиусом менее 100 \AA резко сокращается, а количество крупных пор возрастает. Это возрастание мы объясняем релаксацией остаточных напряжений в деформированной клеточной стенке волокна при нагревании; релаксация сопровождается частичным восстановлением размеров люмена, а также увеличением пор между волокнами, запрессованными в хаотично перекрещивающихся направлениях. В этом отношении возрастание объема крупных пор согласуется с ходом ТМ-кривой на втором участке. Исчезновение мелких пор при нагревании связано с размягчением отдельных компонентов древесного волокна, действием сил поверхностного натяжения, а также с перераспределениями в структуре волокна при увеличении объема крупных пор. Процесс завершается возникновением сил межмолекулярного взаимодействия или химическими реакциями и хорошо объясняется с позиций теории межволоконных связей.

Выводы

1. При нагревании вязкоупругие свойства дефибраторного волокна изменяются нелинейно и согласуются с ходом ТМ-кривой, которая отражает температурные переходы отдельных компонентов волокна. Начало размягчения наблюдается при температуре около 100° . Перегиб ТМ-кривой при $220\text{--}230^\circ$ соответствует определенной ранее температуре стеклования целлюлозы.

2. В запрессованном волокне обнаружены неотрелаксированные напряжения, влияющие на субмикроскопическую структуру волокна при последующем нагревании. Показано, что при закалке древесно-

волокнистых плит их пористость изменяется в направлении увеличения объема крупных пор с эквивалентным радиусом $10^3 - 10^4 \text{ \AA}$ и значительного сокращения пор с радиусом менее 100 \AA .

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Р. Ф. Бойер. Переходы и релаксационные явления в полимерах. Изд-во «Мир», М., 1968. [2]. Г. Е. Гальпер, М. Н. Пыпкина. В кн. «Химия древесины» № 6, 1970, 41. [3]. Л. С. Дворкина, В. М. Сосновцев, А. И. Пересторонин. В кн. «Машины и технология переработки полимеров». Изд. ЛТИ им. Ленсовета, Л., 1969, 124. [4]. Б. П. Ерыхов. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1968. [5]. В. А. Каргин, Г. Л. Слонимский. ЖФХ, 23, 1949, 563. [6]. В. А. Каргин, П. В. Козлов, Ван Най-чан. ДАН, 130, 1960, 356. [7]. А. А. Леонович, В. И. Бровкина. «Механическая обработка древесины». ВНИПИЭИЛеспром, № 10, 1971, 12. [8]. А. А. Леонович, В. М. Котов. В кн. «Сборник трудов ВНИИДрева», вып. 5, Балабаново, 1971, 10—16. [9]. Н. И. Неймарк, Б. А. Фоменко. Высокомолекулярные соединения, 13, 1971, № 1, 45. [10]. Т. Г. Плаченов. Ртутная порометрическая установка П-5М, Изд. ЛТИ им. Ленсовета, Л., 1961. [11]. Н. Я. Солечник. Производство древесноволокнистых плит. Гослесбумиздат, М., 1963, 50. [12]. D. A. J. Goring. Pulp and Paper Mag. Can., 64, 1963, т. 517; Trend (Canada), № 8, 1966, 5.

Поступила 7 февраля 1972 г.

КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

УДК 634.0.377.1 : 65.011.56

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КРАНА СПОСОБОМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НА ЭЦВМ

Ю. В. ЛЕБЕДЕВ, Г. С. ПРОКОФЬЕВ
СНИИЛП

Рассматривается вопрос определения производительности крана на основе теории вероятностей и математической статистики. В качестве математической модели принята система массового обслуживания. Приведен последовательный процесс построения моделирующего алгоритма в виде блок-схемы.

Производственный процесс работы крана на нижнем складе чрезвычайно сложен [6], [10]. Он зависит от неравномерности заполнения и случайности моментов окончания наполнения накопителей у сортировочных устройств, от режима подачи вагонов под погрузку древесины и от их количества в одной подаче. Кроме того, процесс работы крана характеризуется внутрицикловой неравномерностью, зависящей от грузооборота склада, его емкости, наличия древесины на складе. Существующие методы расчета производительности крана почти совсем не учитывают перечисленных особенностей производственного процесса. Поэтому необходимо разработать такую методику определения производительности крана, которая была бы по возможности свободна от этих недостатков.

Исследования, выполненные в области погрузочно-разгрузочных операций [1], [2], [9], показали, что подобные процессы нужно рассматривать на основе теории вероятностей и математической статистики. Процесс работы крана правомерно представлять как процесс, происходящий в системе массового обслуживания. Тогда наполняющиеся накопители и подаваемые под погрузку вагоны будут составлять входящие потоки требований, а кран являться обслуживающим каналом.

В настоящее время большинство задач систем массового обслуживания решается аналитическими методами [5], [12], но возможность последних весьма ограничена. Уже незначительное усложнение структуры производственного процесса, наложение каких-либо ограничений исключает возможность использования аналитических методов. Поэтому для определения производительности крана необходимо пользоваться другим способом решения задачи массового обслуживания. Таким способом является моделирование производственного процесса на ЭЦВМ [3], [7].

Суть метода математического моделирования производственного процесса на ЭЦВМ заключается в воспроизведении на вычислительной машине происходящих явлений с сохранением их логической структуры и расположения во времени. Для реализации метода математического моделирования, прежде всего, необходимо построить математическую модель исследуемого процесса. Такое построение выполняется в три этапа.

1. Содержательное описание процесса работы крана

Технологическая схема работы крана представлена на рис. 1. Содержательное описание включает в себя характеристику потоков требований во времени, техническую характеристику крана, описание режима работы крана и последовательности элементарных операций.

Поток наполненных накопителей характеризуется случайными величинами интервалов времени ξ_{Cj} между последовательными их наполнениями

$$\xi_{Cj} = t_j - t_{j-1}, \quad (1)$$

где t_j, t_{j-1} — соответственно моменты наполнения j -того и $(j-1)$ -того накопителей в группе C .

На основании анализа характера процесса сортировки [11] и проведенных исследований [8] можно заключить, что поток наполненных накопителей — стационарный ординарный поток однородных событий без последствия. Такой поток характеризуется распределением Пуассона

$$P_{n_C}(t) = \frac{(\lambda_C t)^{n_C}}{n_C!} e^{-\lambda_C t}, \quad (2)$$

$$n_C = 0, 1, 2, 3, \dots$$

где $P_{n_C}(t)$ — вероятность того, что за время t наполнится n_C накопителей в группе C ;

λ_C — среднее количество накопителей, наполняющихся в группе C в единицу времени.

Численные значения λ_C определяются в результате обработки статистических наблюдений за работой конкретного сортировочного транспортера и зависят от характеристики пакетов хлыстов и параметров процессов раскрывки и сортировки.

Функция плотности распределения случайной величины ξ_C имеет вид показательного распределения [3]

$$f(\xi_{Ci}) = \lambda_C e^{-\lambda_C \xi_{Ci}}, \quad (3)$$

$$i = 1, 2, 3, \dots$$

где $f(\xi_{Ci})$ — вероятность того, что в группе C i -тый накопитель наполнится через промежуток времени ξ_{Ci} после наполнения $(i-1)$ -того накопителя.

При описании последовательности операций на штабелевке и погрузке установлено, при каких условиях и в какие периоды осуществляется тот или иной вариант работы крана. Штабелевка начинается с группы накопителей, имеющей полные накопители и максимальный процент наполненности. С этой группой накопителей кран работает до полного освобождения всех наполненных накопителей при условии, что в остальные группы накопителей можно сбрасывать соответствующие сортаменты. Без наполненных накопителей кран не производит штабелевку и находится в простое. В этом случае возможен перевод крана на другой вид работ, предусмотренных программой.

Погрузка вагонов начинается с момента их подачи. Вагоны грузятся в определенном порядке, предусмотренном программой вычисления. Каждый вагон грузится из соответствующего штабеля. Но как только наполнится соответствующий накопитель, кран освобождает его в вагон. Программой может быть предусмотрен специальный блок, управляющий освобождением наполнившегося накопителя только при выполнении определенного условия, например, когда нет необходимо-

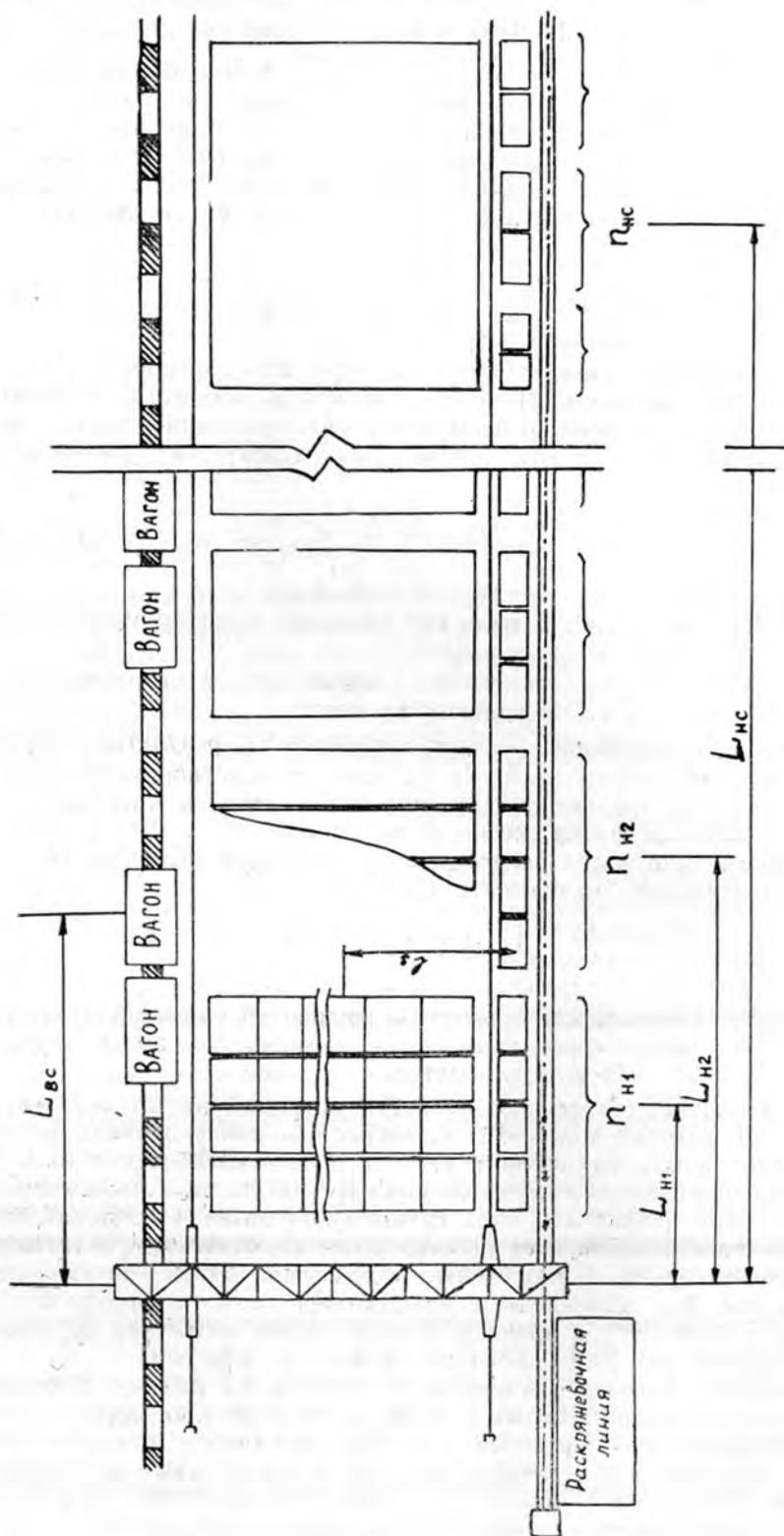


Рис. 1.

сти перемещать кран вдоль фронта погрузки, то есть каждый вагон находится против соответствующего штабеля, или при условии, когда величина этого передвижения не превышает какого-то заданного значения. Разрыв времени погрузки производится только тогда, когда одна из групп накопителей полностью наполнилась.

2. Построение формализованной схемы работы крана

Порядок формализации можно представить следующим образом. Процесс штабелевки и погрузки расчленяется на некоторое количество элементарных актов, для каждого из которых строится удовлетворительное математическое описание. После формализации элементарных актов строится математическое описание для взаимодействия между ними, характеризующее совокупность элементарных актов как единый производственный процесс.

При формализации в первую очередь выбраны параметры, описывающие состояние требований (пакетов в накопителях), каналов (кранов) и других элементов производственного процесса.

Для процесса штабелевки и погрузки древесины такими параметрами являются:

- t_{Cj} — момент наполнения j -того накопителя в группе C ;
- ξ_{Cj} — интервал времени между последовательно наполняющимися накопителями в группе C ;
- q_{Cj} — объем древесины в j -том накопителе группы C ;
- $L_{ш}, L_{в}, L_{н}$ — соответственно местоположения штабеля, вагона и накопителя в технологической схеме нижнего склада;
- G, A, A' — соответственно грузооборот склада, емкость и текущий (начальный) объем древесины на окладе;
- $t_{в}^{(м)}$ — момент начала погрузки вагонов;
- $n_{вC}$ — количество вагонов в одной подаче для сортимента C ;
- $n_{в}$ — общее количество вагонов в одной подаче;
- (r_1, r_2, \dots, r_n) — технические параметры крана;
- τ_z, τ_y — соответственно продолжительность забора и укладки пачки в штабель или вагон;
- $q_{шC}$ — объем пачки, берущейся краном из штабеля C ;
- $Q_{вC}$ — средний объем древесины C -того сортимента, выводимой одним вагоном.

Значения вероятностных параметров $\xi_C, q_C, q_{шC}, n_{в}$ характеризуются функциями распределения:

- $f_1(\xi_C)$ — интервалов времени между последовательно наполняющимися накопителями в группе C ;
- $f_2(q_C)$ — объема древесины в накопителях группы C ;
- $f_3(q_{шC})$ — объема пачки, берущейся краном из штабеля C -того сортимента;
- $f_4(n_{в})$ — количества вагонов, поступающих на нижний склад в одну подачу.

Вид функции $f_1(\xi_C)$ рассмотрен выше (3).

Распределение объемов древесины, набираемой из накопителей или из штабеля, характеризуется нормальной кривой, которая имеет функцию плотности

$$f_{2,3}(q_C) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(q_C - q_{rp})^2}{2\sigma^2}}, \quad (4)$$

где $f_{2,3}(q_c)$ — вероятность того, что в накопителе (пачке) будет находиться q_c древесины;
 q_{cp} — математическое ожидание (среднее значение) распределения $f(q_c)$;
 σ — среднее квадратическое отклонение распределения $f(q_c)$.

На основании изложенного выше величина объема пачки, берущейся краном во время штабелевки и погрузки, определяется из выражения

$$q_{kc} = \begin{cases} f_2(q_c), & \text{если } \begin{cases} t_{cj}^* < t_b^{(n)} \text{ или} \\ t_{cj}^* \geq t_b^{(n)}, k^{**} > 0 \end{cases} \\ f_3(q_{шc}), & \text{если } t_{cj}^* \geq t_b^{(n)}, k^{**} = 0, \end{cases} \quad (5)$$

где k^{**} — безразмерный параметр, принимающий значение больше нуля, когда имеется группа накопителей с полностью наполненными накопителями, и значение 0, когда таких групп нет;
 $t_b^{(n)}$ — момент начала погрузки вагонов.

Функция $f_4(n_b)$, показывающая вероятность того, что в рассматриваемой подаче будет n_b вагонов, имеет показательное распределение [8]

$$f_4(n_b) = \lambda_b e^{-\lambda_b n_b}, \quad (6)$$

где λ_b — среднее количество вагонов, подаваемых в одну подачу.

3. Моделирующий алгоритм математической модели работы крана

Для окончательного оформления математической модели все соотношения записаны в аналитической форме, логические условия выражены в виде систем неравенств, аналитическая форма придана всем другим сведениям, содержащимся в формализованной схеме. Фиксируемыми величинами, позволяющими определить производительность крана при различных технологических схемах, являются:

- $P_{ш}$ — суммарный объем древесины, уложенной в штабель за период моделирования;
- $P_{ш(n)}$ — объем древесины, уложенной в штабель во время погрузки вагонов (за период моделирования);
- P_n — суммарный объем древесины, отгруженной в вагоны МПС;
- $P_{n(n)}$ — объем древесины, отгруженной в вагоны МПС непосредственно из накопителей;
- $T_{ш}$ — суммарное время работы крана на штабелевке за период моделирования;
- T_n — суммарное время погрузки вагонов МПС.

Численные значения фиксируемых величин зависят от продолжительности каждого рабочего цикла крана τ_k . В общем виде

$$\tau_k = f(\Delta h_k, \Delta l_k, \Delta L_k, \tau_z, \tau_y, q_k). \quad (7)$$

где τ_z, τ_y — продолжительность времени забора и укладки пачки;
 $\Delta h_k, \Delta l_k, \Delta L_k$ — соответственно величины рабочих перемещений грузо-захватного органа, грузовой тележки и самого крана по рельсам; эти величины, в свою очередь, выражаются следующими соотношениями:

$$\begin{aligned} \Delta h_k &= f_1(t_{Cj}^*, q_{Cj}); \\ \Delta L_k &= f_2(t_{Cj}^*, q_{Cj}); \\ \Delta L_k &= f_3(\Gamma, A, A', L_{ш}, L_в, L_n, L_k, t_{Cj}^*, q_{Cj}). \end{aligned} \quad (8)$$

Выражение для определения производительности крана на основе равенств (3), (5), (6), (7), (8) имеет вид

$$P_{kj} = F(\Gamma, A, A', L_{ш}, L_в, L_n, r_1, r_2, \dots, r_n, t_n^{(m)}, n_n, Q_{вс}^{cp}, t_{Cj}^*, q_{Cj}, q_k, \tau_3, \tau_y). \quad (9)$$

Аналитически решить выражение (9) практически невозможно из-за наличия случайных факторов и многочисленных ограничений, накладываемых на производственный процесс по длинам и высоте штабелей, по виду и величине выполняемых операций крана и т. д. Для решения равенства (9) методом математического моделирования на ЭЦВМ построен алгоритм, представленный в виде блок-схемы (рис. 2).

Рассмотрим порядок работы основных элементов алгоритма. Блоки 2, 4, 43 и 48 формируют значения случайных величин $\xi_{Cj}, q_{Cj}, n_{нс}, q_{шс}$ в соответствии с соотношениями (3), (4) и (6). Блоки 5 и 40 проверяют принадлежность момента моделирования интервалу моделирования $(0, T)$, а блоки 6, 7 и 41 при выполнении заданных условий передают управление подпрограмме процесса погрузки вагонов. Блок 8 управляет проверкой состояния накопителей к моменту времени t_k^* . Часть программы с 9-го блока по 14-й выявляет количество групп с наполненными накопителями k^* и число таких накопителей $n_{нс}^*$ в каждой группе C . В случае переполнения какой-либо группы ($n_{нс}^* = n_{нс}$) управление передается блоку 27 при моделировании штабелевки и блоку 18 при моделировании погрузки (управление по символу ϵ).

Программа блоков 19—29 обеспечивает проверку состояния всех n_n групп накопителей, выбор обслуживаемого (освобождаемого) накопителя. Блоки 18, 27, 29, 30 и 45 определяют момент начала рабочего цикла крана t_k , а блоки 35 и 53 его окончание t_k^* . Блоки 26, 28, 31, 43 и 48 определяют координаты, куда должен двигаться кран, а блоки 39, 45 и 55 присваивают эти координаты крану после выполнения цикла. Блоки 36, 37, 50 и 51 определяют объем древесины в штабеле $Q_{шс}$ и его высоту $h_{шс}$. Блоки 43, 46, 57, 59, 60, 62 и 63 обеспечивают погрузку всех поданных вагонов. Блоки 33, 44 и 52 определяют продолжительность рабочего цикла крана. Блоки 58, 61 и 64 определяют момент окончания погрузки каждого вагона $t_{вс}$, группы вагонов $t_{вс}^*$ и всех вагонов t_n^* . Блоки 16, 17, 34, 38, 53 и 56 подсчитывают объем выполненной работы $\Pi_{ш}, \Pi_{ш(n)}, \Pi_n, \Pi_{n(n)}$ за период моделирования $(0, T)$ и затраченное на это время $T_{ш}, T_n$. Блоки 65—68 определяют момент окончания процесса моделирования и выдают итоговые результаты.

Предложенный алгоритм программы расчета производительности крана обладает универсальностью, так как с его помощью можно обследовать большое количество различных вариантов технологических схем, меняя с пульта машины основные параметры нижнего склада.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ю. А. Бабкин. Математическое моделирование и оптимизация грузовых фронтов. Труды МИИТа, вып. 300, 1970. [2]. Б. П. Бедель, Ф. А. Хараев. Моделирование работы базы материально-технического снабжения. Нальчик, 1971.

- [3]. Н. П. Бусленко. Моделирование сложных систем. Изд-во «Наука», 1968.
- [4]. Г. А. Вильке. Перспективы и пути развития автоматизации лесной промышленности. Сборник трудов МЛТИ, вып. 21, 1969. [5]. Б. В. Гнеденко, Коваленко. Введение в теорию массового обслуживания. Изд-во «Наука», 1966. [6]. М. Д. Ласица. Производственные процессы — на научную основу. Журн. «Лесная промышленность» № 1, 1971. [7]. Ю. Г. Поляк. Вероятное моделирование на электронных вычислительных машинах. Изд-во «Советское радио», 1971. [8]. А. Редькин. Ритмичность нижнескладского производства. Журн. «Лесная промышленность» № 8, 1970. [9]. А. А. Сметов. Построение математической-стохастической модели грузовой станции методом статистических испытаний. Труды МИИТа, вып. 300, 1970. [10]. Б. А. Таубер. Комплексная механизация погрузочно-разгрузочных и штабелечных операций. Журн. «Лесная промышленность» № 10, 1970. [11]. М. С. Фишгоп. Введение в теорию массового обслуживания. НТО лесной промышленности. Общественный заочный институт, лекция 4, изд-во «Лесная промышленность», 1971. [12]. А. Я. Хинчин. Работы по математической теории массового обслуживания. Государственное издательство физико-математической литературы, М., 1963.

Поступила 3 апреля 1972 г.

УДК 65.011.56

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ АППРОКСИМАЦИЯ ПАРОВОГО ТРАКТА СОДОРЕГЕНЕРАЦИОННЫХ ПАРОГЕНЕРАТОРОВ ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ПЕРЕХОДНЫМ ФУНКЦИЯМ

*И. С. ПОДБЕЛЛО, А. Н. СИНЯКОВ, Л. Н. СЕЛЯНИНОВА,
А. И. ЮРОВ*

Ленинградский технологический институт целлюлозно-бумажной промышленности

Получены передаточные функции парового тракта и его элементов путем математической аппроксимации переходных процессов методом логарифмических переходных процессов. Модель парового тракта — основа для синтеза системы автоматического регулирования температуры перегретого пара.

Производство энергетического пара — одна из задач энерготехнологических парогенераторов, в частности, содорегенерационных (СРПГ), широко распространенных в целлюлозно-бумажной промышленности. Для поддержания температуры перегретого пара, отдаваемого потребителю, предусматривается система автоматического регулирования. Содорегенерационные парогенераторы Сегежского и Котласского ЦБК фирмы «Тампелла» имеют различные тепловые схемы в части перегрева пара. Парогенератор Котласского ЦБК имеет один общий пароохладитель, установленный в расщелку пароперегревателя; парогенератор Сегежского ЦБК содержит два параллельно включенных пароохладителя (с левой и с правой стороны) после I секции пароперегревателя. Охлаждающий агент поверхностных пароохладителей — котловая вода, включенная в контур циркуляции «барабан — пароохладитель». Паропродуцируемость парогенераторов 99,2 т/час для Сегежского ЦБК и 80 т/час для Котласского ЦБК, давление пара 40 кг/см² и температура перегретого пара 450°C.

Для СРПГ Сегежского ЦБК поверхность нагрева пароперегревателя 1550 м², а для Котласского ЦБК — 1392 м². Количество ширм 1-й и 2-й ступеней пароперегревателей одинаково и равно 20. Для СРПГ Сегежского ЦБК диаметр труб пароперегревателей 51 × 3,5 и для Котласского ЦБК — соответственно 44,5 × 4.

При исследовании пароперегревателей определяли переходные функции при нанесении возмущения расходом пара, пропускаемого че-

рез пароохладитель, и изменении паровой нагрузки парогенератора. По полученным динамическим характеристикам определяли передаточные функции как всего парового тракта, так и его частей — пароохладителя и II секции пароперегревателя. Обработку производили с использованием метода логарифмических переходных процессов [2].

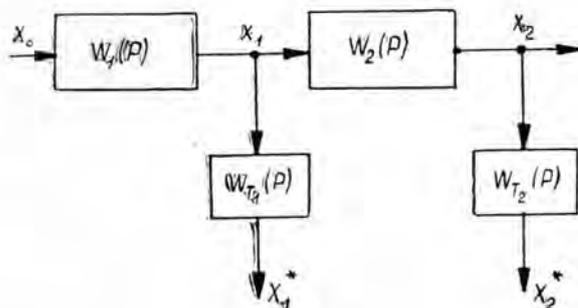


Рис. 1.

На рис. 1 дана структурная схема парового тракта, полученная в результате аппроксимации экспериментальных характеристик:

$$W_1(p) = \frac{x_1(p)}{x_0(p)} \text{ — передаточная функция пароохладителя;}$$

$$\left. \begin{aligned} W_{T_1}(p) &= \frac{x_1^*(p)}{x_1(p)} \\ W_{T_2}(p) &= \frac{x_2^*(p)}{x_2(p)} \end{aligned} \right\} \text{ — передаточные функции измерительных элементов (термопар);}$$

$$W_2(p) = \frac{x_2(p)}{x_1(p)} \text{ — передаточная функция II секции пароперегревателя;}$$

$$W_1^*(p) = W_1(p) W_{T_1}(p) = \frac{x_1^*(p)}{x_0(p)} \text{ — передаточные функции пароохладителя с учетом инерционного измерительного элемента;}$$

$$W_2^*(p) = W_2(p) W_{T_2}(p) = \frac{x_2^*(p)}{x_1(p)} \text{ — передаточные функции II секции пароперегревателя с учетом инерционности измерительного элемента;}$$

$$W(p) = W_1(p) W_2(p) W_{T_2}(p) = \frac{x_2^*(p)}{x_0(p)} \text{ — передаточные функции парового тракта;}$$

x_0 — отклонение регулирующего органа, изменяющего долю подачи пара на пароохладитель;

x_1 — температура пара после пароохладителя;

x_1^* — температура пара после пароохладителя, измеренная с помощью термопары;

x_2 — температура пара на выходе парового тракта (после II секции пароохладителя);

x_2^* — температура пара на выходе парового тракта, измеренная с помощью термопары.

В табл. 1 представлены усредненные передаточные функции парового тракта и его отдельных элементов. Коэффициенты передаточных функций, полученных по отдельным реализациям, отличаются от коэффициентов усредненной передаточной функции не более чем на 5%.

Таблица 1

Передаточные функции	Общий вид	Усредненные численные значения
$W_1(p)$	$\frac{k_1}{(1 + a_{11}p)(1 + a_{12}p)}$	$\frac{k_1}{(1 + 60p)(1 + 90p)}$
$W_{\tau_1}(p)$	$\frac{k_{\tau_1}}{1 + a_{\tau_1}p}$	$\frac{k_{\tau_1}}{1 + 60p}$
$W_1^*(p)$	$\frac{k_1^*}{(1 + a_{\tau_1}p)(1 + a_{11}p)(1 + a_{12}p)}$	$\frac{k_1^*}{(1 + 60p)(1 + 60p)(1 + 90p)}$
$W_2(p)$	$\frac{k_2}{(1 + a_{21}p + a_{22}p^2)}$	$\frac{k_2}{1 + 280p + 70^2 p^2}$
$W_{\tau_2}(p)$	$\frac{k_{\tau_2}}{1 + a_{\tau_2}p}$	$\frac{k_{\tau_2}}{1 + 60p}$
$W_2^*(p)$	$\frac{k_2^*}{(1 + a_{21}p + a_{22}p^2)(1 + a_{\tau_2}p)}$	$\frac{k_2^*}{(1 + 280p + 70^2 p^2)(1 + 60p)}$
$W(p)$	$\frac{k_1^*}{(1 + a_{11}p)(1 + a_{12}p)(1 + a_{21}p + a_{22}p^2)(1 + a_{\tau_2}p)}$	$\frac{k_1^*}{(1 + 60p)(1 + 90p)(1 + 280p + 70^2 p^2)(1 + 60p)}$

В этой таблице приняты следующие обозначения для коэффициентов передачи: k_1 — коэффициент передачи пароохладителя; k_2 — коэффициент передачи II секции пароперегревателя; k_1^* , k_2^* — коэффициенты передачи пароохладителя и II секции пароперегревателя с учетом коэффициента передачи измерительного элемента; k^* — коэффициент передачи парового тракта (пароохладителя вместе со II секцией пароперегревателя); a_{ik} — постоянные времени.

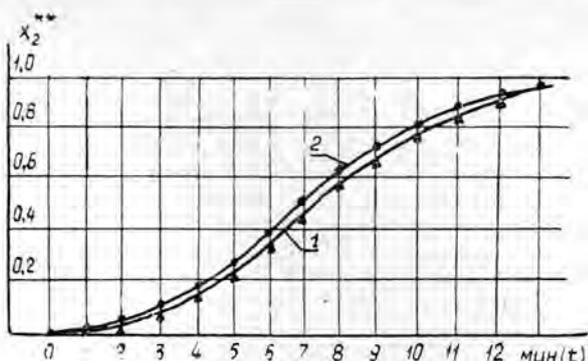
Коэффициенты передачи определяют по статическим характеристикам. Коэффициенты передаточных функций измерительных элементов (термопар) принимают согласно данным, представленным в литературе [1].

Как показывает анализ полученных передаточных функций, усредненные значения можно применить к исследованию паровых трактов содорегенерационных парогенераторов как Котласского, так и Сегежского ЦБК.

Качество приведенной математической аппроксимации иллюстрирует рис. 2, где за $x_{\text{отн}}^*$ принято относительное отклонение температуры перегретого пара. При сравнении кривых переходных процессов, полученных экспериментально и при моделировании усредненной передаточной функции парового тракта, набранной на аналоговой вычисли-

Рис. 2. Переходные характеристики парового тракта.

1 — экспериментальная,
2 — полученная при моделировании на АВМ.



тельной машине, оказалось, что кривые практически совпадают, а отклонение в отдельных точках не превышает 5%. Это позволяет обоснованно использовать математическую аппроксимацию парового тракта как объекта регулирования для синтеза системы автоматического регулирования температуры перегретого пара.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Н. Ф. Брайдо. Динамические характеристики средств и систем автоматизации производственных процессов. Ленинградский дом научно-технической пропаганды (ЛДНТП), 1961. [2]. Г. Л. Рабкин и др. Экспериментальные исследования судовых автоматических систем. Изд-во «Судостроение», 1966.

Поступила 9 июля 1971 г.

УДК 65.011.56.

ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕГРУЗОЧНЫЕ ПРОЦЕССЫ НА НИЖНИХ СКЛАДАХ КАК СИСТЕМА МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Б. А. ВАСИЛЬЕВ

Гипролестранс

Исследованы характеристики одной из совокупных систем массового обслуживания, выполняющих транспортно-перегрузочные работы. Установлены параметры входящего потока. Представлена номограмма, облегчающая применение результатов исследования.

Комплекс технологических операций, выполняемых на нижних складах леспромхозов, можно рассматривать как совокупность связанных между собой систем массового обслуживания СО (рис. 1), каждая из которых имеет свой обслуживающий аппарат ОА. Описание этих систем — основа для проведения последующих работ по их оптимизации в целом, по отдельным технологическим операциям или группе смежных операций.

Структура и особенности функционирования исследуемых транспортно-перегрузочных работ, выполняемых на фазе 3 «Штабелевка»: сформированные грузовые пакеты древесины (входящий поток) перемещаются подземно-транспортными машинами ОА к местам штабелирования, погрузки или перерабатывающим цехам; система многолиней-

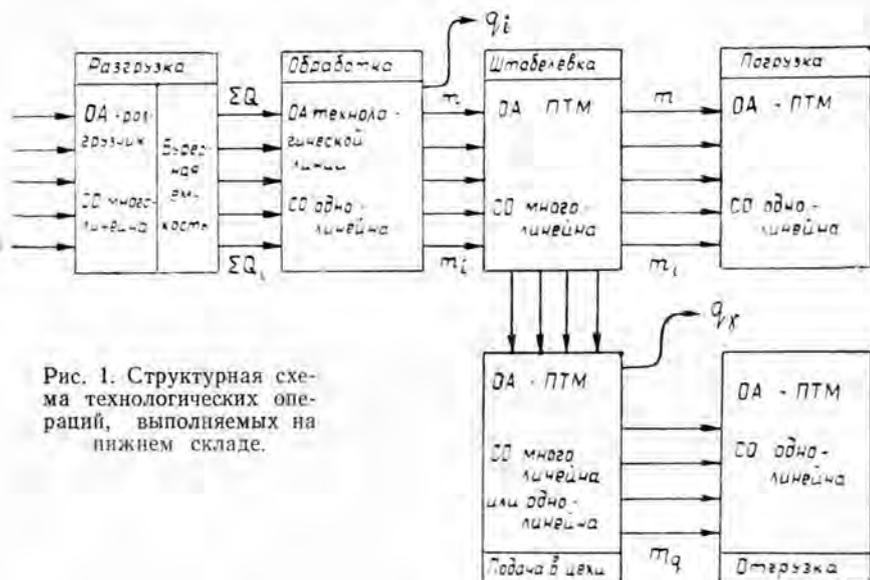


Рис. 1. Структурная схема технологических операций, выполняемых на нижнем складе.

на, так как обслуживание требования производится любым свободным погрузчиком или краном; система замкнута, ибо число источников требований конечно; качеством работы системы 3 определяется качество работы поточной линии по раскрывке хлыстов, поэтому предъявляются особые требования к функционированию системы.

Для определения динамики функционирования исследуемого процесса необходимо иметь описания входящего потока сортиментов, характера поступления грузовых пакетов к фронту работ и длительности выполнения операций. Входящий поток требований в теории массового обслуживания характеризуется распределением количества требований за определенный интервал времени и распределением промежутков времени между моментами поступления требований.

Анализ показывает, что на протяжении планируемого времени характер поступления сортиментов и их пачек к фронту работ сохраняется постоянным, принимая в отдельные периоды различные значения. Этим свойством определяется стационарность входящего потока. Чтобы набрать пачку сортиментов заданного объема, требуется определенное время; одновременный набор двух пакетов в любом из накопителей практически невозможен. Следовательно, процесс формирования пакета можно охарактеризовать еще одним свойством — ординарностью. Количество сформированных в накопителях пачек не зависит от числа пачек, образованных ранее в этом же накопителе. Можно считать, что последствие для потоков нехарактерно. Все это позволяет утверждать, что исследуемый поток, обладающий свойствами стационарности, ординарности и отсутствием последствия, относится к простейшим.

Простейшие потоки в теории массового обслуживания можно описать несколькими типами распределения. Принадлежность потока к определенному типу распределения устанавливаются только экспериментально. Выход сортиментов — величина, зависящая от ряда случайных факторов, что предопределяет применение статистических методов.

Наблюдения за выходом сортиментов проводили на прирельсовых нижних складах девяти лесозаготовительных предприятий, имеющих непрерывную круглогодовую вывозку древесины, с учетом всех сортиментных групп, выпускаемых на данном предприятии (табл. 1), с периодичностью наблюдений — смена или сутки (при односменной работе).

Таблица 1

Лесопромышленный район	Леспромхоз	Количество наблюдений
Архангельская область	Савиновский	2548
Карельская АССР	Суккозерский	2688
Центр европейской части РСФСР	Мостовской	620
	Оленинский	2018
	Шамарский	642
Средний Урал	Бисертский	1780
Северный Урал	Азанковский	689
	Карабашский	789
Пермская область	Красновишерский	3599

Для получения сопоставимых данных по выходу древесины различных сортовых групп наблюдаемые объемы пересчитывали в проценты к общему количеству древесины, переработанному на складе за ту же смену или за сутки. Объектом исследования явилось не абсолютный выход древесины того или иного сорта $V_x, м^3$, а относительная величина m_x ; это позволяет сопоставлять экспериментальные данные, полученные в различных лесопромышленных районах.

Экспериментальные данные обрабатывали по методике А. К. Митропольского с помощью ЭВЦМ «Раздан-2». Выравнивающие частоты вычисляли применительно к следующим распределениям плотности вероятностей: нормальному N_m , типа А, Пуассона P_m , типа В с двумя, тремя и четырьмя членами разложения (табл. 2). Сходимость рядов наблюдаемых частот с выравнивающими частотами по каждому из названных ранее законов определяли с использованием критерия Романовского

$$R = \frac{x^2 - \nu}{\sqrt{2\nu}}$$

Сходимость считается удовлетворительной при $R < 3$.

Таблица 2

Тип распределения	Количество рядов, для которых $3 > R \rightarrow \min$
N_m	—
A	1
P_m	1
B_{II}	4
B_{III}	7
B_{IV}	65

Для всех рассмотренных рядов основное отклонение σ находится в пределах 1,5—2,5 и мало зависит как от варьирующей величины m_x , так и от вида сортимента. Коэффициент изменчивости ν уменьшается с увеличением m_x , Третий основной момент r_3 — величина положительная, находящаяся в пределах 0—1. Это свидетельствует, что ряды и

плотности асимметричны относительно среднего значения в сторону наивысших показателей. Поэтому для большинства рядов нельзя считать приемлемым применение закона нормального распределения. Четвертый основной момент r_4 близок к третьему с некоторым снижением при возрастании m_x . Корреляционные уравнения, выражающие связь основных статистиков с варьирующей величиной, имеют вид:

$$\begin{aligned}\sigma &= 2,194 + 0,0017 m_x; \\ v &= 59,155 - 1,274 m_x + 0,00942 m_x^2; \\ r_3 &= 0,741 - 0,0146 m_x; \\ r_4 &= 0,344 - 0,00303 m_x.\end{aligned}$$

Не получено удовлетворительного согласования для восьми рядов, относящихся к сортаментам, выпускавшимся периодически: вагонная стойка, столбы и т. п. В некоторых рядах приемлемое значение R было установлено и для других распределений: нормального N_m , типа А, Пуассона P_m , B_{II} , B_{III} . Но и распределение типа B_{IV} , за немногими исключениями, оказывалось приемлемым, ибо именно для B_{IV} абсолютная величина R была наименьшей. Поэтому распределение B_{IV} принято в качестве обобщающего для описания входящего потока.

Аналитическое выражение закона распределения плотности вероятностей B_{IV} по А. К. Митропольскому:

$$\begin{aligned}f_{B_{IV}}(x) &= \frac{\lambda^x}{x!} e^{-\lambda} \left\{ 1 + \frac{\mu_2 - \lambda}{\lambda^2} \left[\frac{x^{[2]}}{2} - \lambda x^{[1]} + \frac{\lambda^2}{2} \right] + \frac{\mu_3 - 3\mu_2 + 2\lambda}{\lambda^3} \right. \\ &\times \left[\frac{x^{[3]}}{6} - \frac{\lambda}{2} x^{[2]} + \frac{\lambda^2}{2} x^{[1]} - \frac{\lambda^3}{6} \right] + \frac{\mu_4 - 6\mu_3 + (11 - 6\lambda)\mu_2 - 3\lambda(2 - \lambda)}{\lambda^4} \left[\frac{x^{[4]}}{24} - \right. \\ &\left. \left. - \frac{\lambda}{6} x^{[3]} + \frac{\lambda^2}{4} x^{[2]} - \frac{\lambda^3}{6} x^{[1]} + \frac{\lambda^4}{24} \right] \right\}.\end{aligned}$$

Сопоставляя это выражение с формулой распределения плотности вероятностей Пуассона

$$f_{P_m}(x) = \frac{\lambda^x}{x!} e^{-\lambda},$$

можно убедиться, что принятое в качестве обобщающего распределение B_{IV} по существу закон Пуассона с четырьмя членами разложения. Следовательно, математическая модель рассматриваемой системы 3 — система массового обслуживания с простейшим входящим потоком, распределенным по закону Пуассона.

Аналитическое выражение установленного закона вида распределения получено при подстановке значений $\mu_2 = \sigma^2$; $\mu_3 = r_3 \sigma^3$; $M_4 = r_4 \sigma^4$. величин основных статистиков, а также при использовании полученного в ходе исследования уравнения

$$\lambda = 3,251 + 0,0645 m_x.$$

Полученное распределение m_x , сохраняющее сложную структуру B_{IV} , практически используют с помощью графика интегральных кривых вычисленных частостей варьирующих величин m_x (рис. 2). График позволяет с заданным уровнем значимости определить диапазон изменения выхода любых сортиментов на нижнем складе.

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 634.0.67

ВЛИЯНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ
ФОНДОВ НА РЕНТАБЕЛЬНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА

Э. Я. ОКСАНИЧ, И. И. КОЛИНЬКО

Львовский лесотехнический институт

Анализируется влияние на уровень рентабельности мебельного производства изменений фондоотдачи производственных фондов, доходности продукции, размера прочей прибыли на 1 руб. товарной продукции, а также структура основных фондов и использование оборотных средств.

Изложена методика анализа влияния указанных факторов на изменение уровня рентабельности производства. Приведены примеры расчета на конкретных материалах предприятий.

В новых условиях работы предприятий наиболее полное и рациональное использование основных производственных фондов играет большую роль в увеличении выпуска продукции и повышении эффективности промышленного производства.

Как установлено Типовой методикой определения экономической эффективности капитальных вложений, показателем экономической эффективности использования действующих производственных фондов служит отношение массы прибыли к сумме производственных фондов. Этот показатель по существу совпадает с принятым для оценки деятельности предприятий показателем рентабельности производства, исчисляемым как отношение балансовой прибыли к сумме производственных фондов

$$P = \frac{\Pi_6}{\Pi\Phi} \cdot 100, \quad (1)$$

где P — рентабельность производства;

Π_6 — балансовая прибыль;

$\Pi\Phi$ — среднегодовая стоимость производственных фондов.

Балансовая прибыль состоит из прибыли от товарной продукции Π_T и прочей Π_P , то есть

$$\Pi_6 = \Pi_T + \Pi_P. \quad (2)$$

Прочая прибыль — это разница между балансовой прибылью и прибылью от товарной продукции. Она включает прибыль или убыток от изменения остатков нереализованной продукции, реализации товаров, не являющихся промышленной продукцией предприятия, и внереализованных доходов и расходов. Прибыль от товарной продукции как разность между стоимостью ее в оптовых ценах и себестоимостью выражает результат производственной деятельности, а прочая прибыль зависит от сбытовой деятельности предприятия.

Показателем, измеряющим уровень использования производственных фондов, служит фондоотдача

$$\Phi = \frac{T}{\Pi\Phi}, \quad (3)$$

где ϕ — фондоотдача производственных фондов;
 T — стоимость товарной продукции в оптовых ценах.

Следовательно,

$$ПФ = \frac{T}{\phi}. \quad (4)$$

Если в формулу (1) подставить значения (2) и (4), то после преобразования рентабельность производства выразится так:

$$P = \left(\frac{\Pi_r}{T} + \frac{\Pi_n}{T} \right) \cdot \phi. \quad (5)$$

Отношение $\frac{\Pi_r}{T}$ представляет собою величину прибыли на 1 руб. товарной продукции, то есть прибыльность (доходность) товарной продукции D

$$D = \frac{\Pi_r}{T}.$$

Тогда

$$P = \left(D + \frac{\Pi_n}{T} \right) \phi. \quad (6)$$

Такое выражение показателя рентабельности производства дает возможность определить влияние на ее уровень трех факторов: доходности продукции, размера прочей прибыли на 1 руб. товарной продукции и изменения фондоотдачи производственных фондов.

Для математической формулировки степени влияния каждого из этих факторов принимаем метод цепных подстановок. При этом показатель базисного периода обозначаем индексом 0, а анализируемого — индексом 1. Тогда влияние каждого фактора на рентабельность будет выражаться следующими формулами:

а) изменения фондоотдачи производственных фондов ϕ

$$\Delta P_\phi = \left(D_0 + \frac{\Pi_{n_0}}{T_0} \right) \cdot \phi_1 - P_0; \quad (7)$$

б) доходности товарной продукции

$$\Delta P_d = \left(D_1 + \frac{\Pi_{n_0}}{T_0} \right) \cdot \phi_1 - \left(D_0 + \frac{\Pi_{n_0}}{T_0} \right) \cdot \phi_1; \quad (8)$$

в) размера прочей прибыли на 1 руб. товарной продукции

$$\Delta P_n = P_1 - \left(D_1 + \frac{\Pi_{n_0}}{T_0} \right) \cdot \phi_1. \quad (9)$$

Однако изменение рентабельности, вызванное изменением фондоотдачи производственных фондов, не раскрывает влияния использования основных производственных фондов и оборотных средств в отдельности. Между тем, в анализе крайне важно установить зависимость рентабельности от их использования, а также от структуры основных фондов, поскольку фондоотдача основных фондов прежде всего зависит от использования их активной части.

Для этого применим обозначения: O — среднегодовая стоимость основных производственных фондов; A — то же их активной части; C — среднегодовые остатки нормируемых оборотных средств; K_c — коэффициент структуры основных производственных фондов, определяемый как отношение стоимости всех основных производственных фондов к стоимости их активной части ($K_c = \frac{O}{A}$); H — размер активной части

основных фондов на 1 руб. товарной продукции ($H = \frac{A}{T}$); K_0 — размер нормируемых оборотных средств на 1 руб. товарной продукции ($K = \frac{C}{T}$). Тогда рентабельность производства

$$P = \frac{П_0}{K_c \cdot H + K_0} \cdot 100 \quad (10)$$

Таблица 1

Показатели	Год	Фирма „Карпаты“	Львов- ская ме- бельная фабрика	Стрел- ковское ПОМП	Пере- мышлян- ское ОМП	Нижано- вичская мебельная фабрика
Товарная продукция в оптовых ценах, тыс. руб.						
T_0	1968	6588	3406	4897	1520	2742
T_1	1970	7548	5370	5522	1447	3613
Прибыль от товарной продукции, тыс. руб.						
$П_{T_0}$	1968	694	455	701	122	336
$П_{T_1}$	1970	975	854	825	109	503
Прочая прибыль, тыс. руб.						
$П_{п_0}$	1968	—	—4	—	—	—
$П_{п_1}$	1970	+1	+66	—59	—3	—88
Основные производственные фонды, тыс. руб.						
O_0	1968	1566	520	631,8	576	468
O_1	1970	2324	592	669	424	532
в том числе их активная часть						
A_0	1968	421	146,3	229,7	216	172
A_1	1970	602	201	294	132	169
Нормируемые оборотные средства, тыс. руб.						
C_0	1968	996	499,4	589,5	433	400
C_1	1970	917	531	656	212	342
Рентабельность производства, %						
P_0	1968	27,09	52,63	57,36	12,08	38,71
P_1	1970	30,12	81,92	57,81	17,14	47,49
Изменение рентабельности в 1970 г., % к 1968 г. в результате изме- нения		+3,03	+29,29	+0,45	+5,06	+8,76
доходности продукции ΔP_d		+5,55	+12,16	+2,60	—0,65	+6,90
размера прочей прибыли на 1 руб. товарной продукции ΔP_n		+0,03	+6,44	—4,45	—0,47	—10,07
фондоотдачи производствен- ных фондов ΔP_ϕ		—2,55	+10,7	+2,30	+6,18	+11,95
в том числе под влиянием структуры основных фон- дов ΔP_s		—0,60	—4,14	+5,67	—1,25	—3,05
использования активной час- ти основных фондов ΔP_n		—3,53	+3,07	—3,76	+3,09	+6,10
использования оборотных средств ΔP_k		+1,58	+11,77	+0,39	+4,34	+8,90

Последовательно подставляя в формулу (10) вместо базисных показатели анализируемого периода, определим изменение фактической рентабельности под влиянием изменения:

а) структуры основных производственных фондов

$$\Delta P_a = \frac{\frac{P_{6_0} \cdot 100}{T_0}}{\frac{O_1}{A_1} \cdot \frac{A_0}{T_0} + \frac{C_0}{T_0}} - P_0 = \frac{P_{6_0} \cdot 100}{\frac{O_1}{A} \cdot A_0 + C_0} - P_0; \quad (11)$$

б) использования активной части основных производственных фондов

$$\Delta P_n = \frac{\frac{P_{6_0}}{T_0} \cdot 100}{\frac{O_1}{A_1} \cdot \frac{A_1}{T_1} + \frac{C_0}{T_0}} - P_a = \frac{\frac{P_{6_0}}{T_0} \cdot 100}{\frac{O_1}{T_1} + \frac{C_0}{T_0}} - P_a; \quad (12)$$

в) размера нормируемых оборотных средств на 1 руб. товарной продукции

$$\Delta P_k = \frac{\frac{P_{6_0}}{T_0} \cdot 100}{\frac{O_1}{A_1} \cdot \frac{A_1}{T_1} + \frac{C_1}{T_1}} - P_n = \frac{P_{6_0} \cdot T_1}{P\Phi_1 \cdot T_0} \cdot 100 - P_n. \quad (13)$$

По этим формулам определено влияние различных факторов на рентабельность мебельных предприятий Львовского производственного объединения за 1968—1970 гг. (табл. 1).

Данные таблицы показывают, что улучшение структуры основных производственных фондов на Стрелковском производственном объединении мебельной промышленности и улучшение использования их активной части на большинстве мебельных предприятий положительно повлияло на рентабельность производства. Значительное повышение рентабельности, достигнутое практически во всех анализируемых предприятиях, — результат ускорения оборачиваемости оборотных средств. Вместе с тем на фирме «Карпаты» рентабельность снизилась в связи с ухудшением структуры основных производственных фондов и снижением уровня использования их активной части.

Для достижения лучших производственных результатов необходим систематический глубокий факторный анализ, который позволит охарактеризовать действительную эффективность различных звеньев в производственной деятельности промышленных предприятий.

Поступила 6 июня 1972 г.

УДК 634.0.651

СЕБЕСТОИМОСТЬ ВЫРАЩИВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ В ДОБРОВОЛЬНО-ВЫБОРОЧНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

С. В. МИЗАРАС

Воронежский лесотехнический институт

Предлагается методика определения себестоимости выращивания древесины, учитывающая особенности технологии лесовыращивания в добровольно-выборочных хозяйствах. По этой методике определена себестоимость древесины на примере выборочного хозяйства в лесах Литовской ССР.

Для определения себестоимости выращивания древесины предложено несколько методов. Одни авторы (Ф. Т. Костюкович [4], Е. Я. Судачков [5] и др.) находят ее по ежегодным общим затратам предприятия, другие (И. В. Воронин [2], Л. А. Коробиевский [3] и др.) учитывают фактическую технологию выращивания леса. Но эти способы разработаны применительно к сплошнолесосечной форме лесного хозяйства. Совершенно очевидно, что при определении себестоимости выращивания древесины в добровольно-выборочных хозяйствах необходимо учитывать особенности технологии лесовыращивания. При добровольно-выборочных рубках цели операций возобновительных, а также регулирующих объем прироста, состав и структуру насаждений, достигаются, в основном, правильным отбором деревьев. Отметкой деревьев, подлежащих уборке, заканчивается процесс их выращивания. Дальше они поступают в лесозаготовительное производство и служат предметом труда.

Насаждения, в которых применяются добровольно-выборочные рубки, должны быть разновозрастными, чтобы к каждому приему на одной и той же площади были деревья необходимых размеров. Поэтому первоначальная цель добровольно-выборочного хозяйства — превращение любого насаждения в разновозрастное с оптимальным составом и максимальным текущим приростом древесины. Рубка производится в размере текущего прироста, а запас и структура насаждения сохраняются без существенных изменений в течение длительного времени [1].

Благодаря разновозрастности насаждений в выборочных формах хозяйства или наличию древостоев всех возрастных категорий (в пределах принятого оборота рубки) в сплошнолесосечных хозяйствах, возможна ежегодная рубка спелых деревьев или древостоев. Из этого некоторые отечественные и зарубежные лесоэкономисты делают ошибочный вывод, что длительность производственного цикла или оборота средств в лесохозяйственном производстве может сводиться к одному году. Таким образом, ежегодные затраты труда и средств на выращивание однолетних, десятилетних, двадцатилетних и т. д. деревьев или насаждений относятся на стоимость спелых деревьев или древостоев, вырубаемых в том же году. Это противоречит учению марксистской политэкономии об единстве процесса образования стоимости и потребительной стоимости. Деревья отдельных возрастных поколений разновозрастного леса выращиваются длительное время, пока не достигают необходимых размеров или не вырубаются по лесоводственным соображениям.

Для определения себестоимости выращенной древесины в выборочных формах хозяйства нами предлагается следующая методика. По данным отчетности лесхоза за промежуток времени, равный периоду повторяемости рубок, устанавливают фактическую технологию выращивания одного возрастного поколения леса в пределах хозяйственной секции: объем работ по содействию естественному возобновлению, количество отбираемых в рубку деревьев, запас вырубаемой неспелой древесины и др. (на 1 га). На основе выполненных работ по действующим нормам и расценкам определяют прямые затраты материалов, труда и услуги вспомогательных производств (машинно-тракторного парка, обоза и пр.). Затем находят косвенные расходы на 1 га леса за период повторяемости рубок. В одну группу косвенных расходов входят общепроизводственные расходы, распределяемые пропорционально заработной плате производственных рабочих. Размер этих затрат определяют на 1 руб. зарплаты рабочих по данным годовых отчетов лесхоза за прошедшие 3—5 лет. Во вторую группу включают затраты, распределяемые пропорционально лесопокрытой площади: на лесоустройство, охрану леса, лесозащиту, амортизацию основных фондов, административно-управленческие расходы. Размер этих расходов (приходящийся на 1 га лесопокрытой площади за период повторяемости рубок) находят делением их суммы за фазу между рубками на лесопокрытую площадь лесхоза или на площадь лесов, для которых они определены. Периодические затраты (например, на лесоустройство) берутся пропорционально продолжительности периода повторяемости рубок. Сумма прямых и косвенных расходов показывает общие затраты на комплексную продукцию выращивания одного возрастного поколения леса на 1 га. Поэтому общие затраты далее распределяют по видам продукции пропорционально удельному весу их стоимости. Объем заготовленной древесины устанавливают по данным учета лесхозов. Текущий прирост для определения изменения запаса древесины в незавершенном производстве находят известными в лесной таксации методами. Наиболее совершенный из них математико-статистический метод, позволяющий установить прирост с заранее заданной точностью и выявить товарную структуру прироста насаждений [1]. Продукцию побочного пользования определяют по отчетным данным лесхоза и заготавливающих организаций.

При длительном сроке выращивания древесины нужно учитывать фактор времени путем исчисления размера платежей за пользование долгосрочной ссудой [2]. При определении себестоимости и экономической эффективности затрат на лесовыращивание длительность производства учитывается через коэффициент приведения разновременности затрат к получаемого эффекта. Последний дает возможность привести затраты сегодняшнего дня в состояние, соизмеримое с оценкой реализуемой древесины в возрасте спелости. Коэффициент приведения затрат $K_{пр}$ для возрастных фаз поколения леса определяют по формуле

$$K_{пр} = (1 + E)^T,$$

где E — процент за пользование долгосрочной ссудой (принимаем равным 0,03);

T — возраст спелости.

В табл. 1 определена себестоимость выращенной древесины на примере добровольно-выборочного хозяйства в насаждениях квартала 86 Гунтаунинского лесничества Игналинского лесхоза Литовской ССР. Кварталы 73—93 этого лесничества образуют отдельный лесной массив (лес Ужубалиса), лесопокрытая площадь которого составляет 651,1 га.

Таблица 1

Статьи затрат на лесовыращивание	Единицы измерения	Затраты на лесовыращивание за фазу между рубками (3 года) на 1 га
Материалы	руб.	2,58
Основная зарплата производственных рабочих	"	11,71
Услуги вспомогательных производств	"	2,24
Охрана леса от пожаров и защита от вредителей	"	0,54
Амортизация основных фондов	"	0,48
и механизмы, задания и др.	"	0,75
лесные дороги	"	0,96
Затраты на лесоустройство	"	0,22
Общепроизводственные расходы	"	8,73
Административно-управленческие расходы	"	
Всего затрат	руб.	28,21
в том числе на выращивание спелой древесины	"	14,95
Назначено в рубку спелой древесины за один прием рубок	физические м ³	6,7
То же	условные м ³	13,5
Себестоимость 31 м ³ физического	руб.	2,23
Себестоимость 1 м ³ условного	"	1,11
Себестоимость 1 м ³ физического с учетом фактора времени	"	9,90
Себестоимость 1 м ³ условного с учетом фактора времени	"	4,91

С 1966 г. здесь применяют выборочные рубки по принципу ухода за запасом. Период повторяемости рубок 3 года. В квартале 86 рубка выполнена в 1967 и 1970 гг. В лесу Ужубалиса посажены лесные культуры под пологом леса (в среднем по 4,4 га ежегодно), с 1 га в рубку отбирают в среднем 62 дерева, за один прием вырубают 11,1 м³/га.

Текущий прирост и товарная структура запаса насаждений определены математико-статистическим методом с заранее заданной точностью $\pm 10\%$. В квартале 86 на площади 36,6 га растут смешанные насаждения ели с мягколиственными. Средний запас — 275 м³/га, текущий прирост — 11,5 м³/га. Деревья ели составляют 54,3% запаса. Процент деловой древесины растущих деревьев — 77,3%, а назначенных в рубку за два приема — 35,2%.

Продукция побочного пользования определена по фактической ее заготовке в лесу Ужубалиса (отстрел лесной фауны и заготовка лесных семян) или по средним для республики данным на 1 га леса (ягоды, грибы, лекарственное сырье). Поскольку таксы имеются не на все продукты побочного пользования, то для определения удельного веса их видов в составе комплексной продукции назначенная в рубку древесины и продукты побочного пользования оценены по ценам заготовленной продукции (древесина — по ценам преискуранта 07—03, продукты побочного пользования — по закупочным ценам, увеличение запасов насаждения — по таксовым ценам). Вырубаемая спелая древесина составляет 53% от всей фактической комплексной продукции лесовыращивания.

Если затраты на выращивание спелой древесины разделить на ее запас, получим себестоимость выращивания одного физического кубометра спелой древесины (2,23 руб.). Выразив запас в условных кубометрах по методике проф. Е. Я. Судачкова [5], определим себестоимость

выращивания одного условного кубометра (1,11 руб.), а с учетом фактора времени соответственно 9,90 и 4,91 руб.

Выборочными рубками по принципу ухода за запасом в лесах Литовской ССР заготавливается около 30% древесины. Использование показателя себестоимости выращивания древесины в добровольно-выборочных хозяйствах позволит определить экономическую эффективность этих рубок.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. В. Антанайтис, В. В. Загреев. Прирост леса. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1969. [2]. И. В. Воронин. Организация комплексных хозяйств в лесах первой и второй групп. Гослесбумиздат, М., 1962. [3]. Л. А. Коробьевский. Продукция лесного хозяйства, планирование и учет ее себестоимости. Журн. «Лесное хозяйство» № 10, 1965. [4]. Ф. Т. Костюкович. Денежная оценка леса ИВУЗ, «Лесной журнал» № 6, 1958. [5]. Е. Я. Судачков. Основные вопросы экономики лесного хозяйства. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1969.

Поступила 24 мая 1972 г.

УДК 634.0.0.73

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПЕРЕСМОТРА ЦЕН НА ЛЕСОПРОДУКЦИЮ В 1972—1973 гг.

В. М. КОЖИН

ЦНИИМЭ

Рассмотрены важные экономические предпосылки для пересмотра действующих оптовых цен на лесопroduкцию: неправильные соотношения цен на круглые лесоматериалы по видам франко, сортиментам, сортам и различным признакам, резкие отклонения средней добротности деловой древесины, предусмотренной в прейскуранте и полученной на практике.

Оптовые цены на лесопroduкцию, введенные с 1 июля 1967 г., создавали необходимые условия для нормальной деятельности лесозаготовительной отрасли. Однако практика их применения в 1967—1971 гг. и изменения, происшедшие в производственной деятельности, планировании и калькулировании себестоимости товарной продукции, в условиях оплаты труда и премирования, переоценке основных фондов на 1 января 1972 г., попенной плате и т. д., показали необходимость пересмотра оптовых цен не столько из-за введения новых стандартов на круглые лесоматериалы, сколько из-за экономических причин.

Во-первых, действующие оптовые цены на круглые лесоматериалы не создают одинаковых хозрасчетных условий для производственных объединений, комбинатов и министерств союзных республик. В результате одни объединения и министерства имеют высокую рентабельность лесозаготовок, сплавных и лесоперевалочных работ и значительную прибыль в виде свободного остатка, а другие, наоборот, имея низкую рентабельность производства, постоянно испытывают трудности при расчетах с бюджетом, покрытии плановых затрат и образовании фондов экономического стимулирования. В подтверждение сказанного приведем данные о рентабельности лесозаготовок, сплавных и лесоперевалочных работ за 1971 г. по 13 производственным объединениям лесозаготовительной промышленности, которые заготавливают более 80% всей древесины в Минлеспrome СССР (рис. 1).

Рентабельность лесозаготовительного производства колеблется от 2% по Томлеспromу до 27% по Дальлеспromу. Даже в соседних райо-

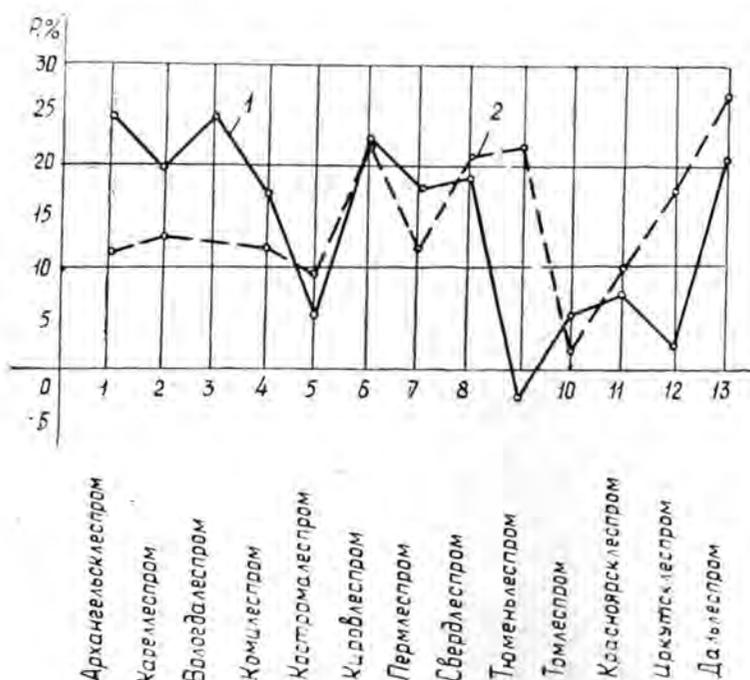


Рис. 1. Рентабельность лесозаготовок сплавных и лесоперевалочных работ за 1971 г.

1 — сплав и лесоперевалка; 2 — лесозаготовки.

нах (Кировлеспром и Костромалеспром) она различается более чем в 2 раза. Рентабельность сплава и лесоперевалки колеблется еще значительно, достигая максимума по Архангельсклеспрому и Вологдалеспрому и минимума по Тюменьлеспрому. Резкие колебания уровня рентабельности производства вызваны многими причинами. Это и степень выполнения плана по объему производства, номенклатуре и качеству продукции, удельному весу вывозки древесины на отдельные франко, и изменение породного и качественного состава разрабатываемого лесосечного фонда, выполнение плана по затратам на производство и т. д. В данной статье они подробно не рассматриваются, но очевидно, что именно ненормальное положение с уровнем оптовых цен и рентабельностью производства по отдельным районам и является одной из экономических предпосылок необходимости пересмотра оптовых цен на лесопroduкцию. Ненормальное соотношение цен по районам отрицательно сказывается на работе лесозаготовительных, лесосплавных и лесоперевалочных предприятий, являющихся основой лесозаготовительной отрасли.

Во-вторых, оптовые цены, установленные с дифференциацией по древесным породам, в настоящее время не создают материальной заинтересованности лесозаготовительных предприятий в эксплуатации лиственных насаждений. Расчетная лесосека по мягколиственному хозяйству во многих экономических районах используется всего на 30—40%, в то время как по хвойному хозяйству систематически перерубается. Низкие оптовые цены на круглые лесоматериалы мягколиственных пород, включая березу для франко-вагон — станция отправления и франко-верхние рюмы, при почти одинаковых затратах на производство по

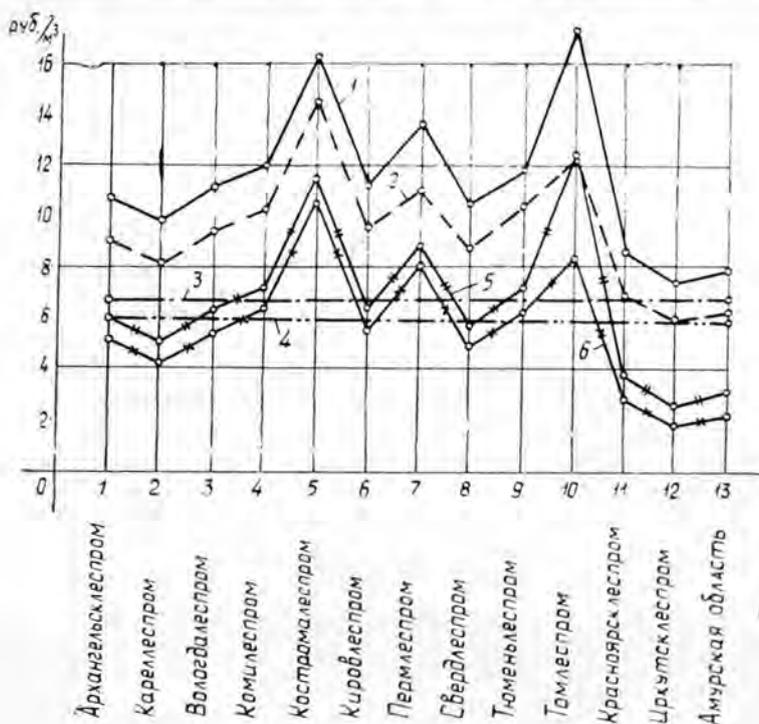


Рис. 2.

1 — пиловочник хвойный; 2 — пиловочник лиственный; 3 — технологические дрова хвойные; 4 — технологические дрова лиственные; 5 — тарный краж хвойный; 6 — тарный краж лиственный.

сравнению с хвойными породами не позволяют леспромхозам покрывать затраты на производство выручкой от реализации, то есть приводят к убыточности предприятий, работающих в лиственных сырьевых базах.

Для примера на рис. 2 показано соотношение оптовых цен на хвойные и лиственные сортаменты (пиловочник, тарный краж и технологические дрова). Во всех случаях цены на лиственные сортаменты значительно ниже, чем на хвойные. Сближение цен отправления на хвойные и лиственные сортаменты — также одна из экономических предпосылок пересмотра действующего прейскуранта.

В-третьих, в действующих оптовых ценах наблюдается ненормальное соотношение по группам круглых лесоматериалов, прежде всего на низкотоварную деловую древесину, дрова технологические и топливные. Исходя из технических требований действующих стандартов следовало бы цены на технологические дрова установить на уровне между ценами на деловую низкотоварную древесину и топливные дрова. Однако специальные скидки с цен назначения для технологических дров нарушили это правильное соотношение, в результате цены на технологические дрова в большинстве районов выше, чем на низкотоварную деловую древесину (рис. 2). Такое положение наблюдается как по мягколиственной, так и по хвойной древесине.

Особенно неблагоприятное соотношение цен на низкотоварную деловую древесину и технологические дрова наблюдается в районах, где установлены большие скидки для перехода от цен назначения к ценам отправления. Из данных, приведенных на рис. 2, видно, что по Красно-

ярскому краю, Иркутской и Амурской областям стоимость тарного кряжа в 2—3 раза ниже стоимости технологических дров. В результате весь этот сортимент на практике превращается в технологические дрова, которые по действующим положениям засчитываются в производство деловой древесины. В этих случаях предприятия имеют экономические выгоды и благополучное положение с производством деловой древесины. Это приводит к перепроизводству технологических дров и невыполнению производства и поставки деловой древесины. При пересмотре прейскуранта предполагается включить технологические дрова в единую сетку ценностных коэффициентов и установить единые с деловой древесиной скидки для перехода от цен назначения к ценам отправления.

Неправильные соотношения цен на круглые лесоматериалы по видам франко, сортиментам, сортам и различным признакам, резкие отклонения средней добротности деловой древесины, предусмотренной в действующем прейскуранте и полученной на практике в последние годы, — важные экономические предпосылки для пересмотра действующих оптовых цен.

Поступила 18 мая 1972 г.

УДК 634.0.6

ГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД ВЫБОРА ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

И. В. БОРИСОВА

Львовский лесотехнический институт

Предлагается использовать графическое изображение показателей интенсивности лесохозяйственного производства и по характеру кривых выделять основные и второстепенные показатели интенсивности. Даются конкретные примеры выбора показателей по Львовской и Ивано-Франковской областям УССР.

Интенсивность лесохозяйственного производства в предприятиях неодинакова. Затраты живого и овеществленного труда в лесовыращивании и направлении их по характеру эффективной отдачи различны в тех или иных областях. Поэтому для характеристики уровня интенсивности лесохозяйственного производства предприятий пригодны не всякие показатели.

Многие исследователи теории интенсификации лесохозяйственного производства предлагают использовать большое количество разнообразных показателей (более 30), которые могут быть разделены на следующие группы: I — удельные стоимостные показатели (операционных затрат — в действующих ценах, в единых среднесоюзных ценах, основных фондов — по балансовой стоимости, сумма от реализации лесопroduкции — в действующих оптовых ценах предприятий и др.); II — удельные трудовые показатели (затраты труда рабочих и лесных специалистов в чел.-дн. на 1 га лесной площади или человек на 1000 га общей площади лесфонда); III — показатели структуры производственных площадей (процент охвата хозяйственным воздействием, процент обрабатываемой площади, процент искусственно созданных лесов); IV — показатели структуры лесопользования и интенсивности лесовосстановления (удельный вес постепенных рубок в общей площади ру-

бок, удельный вес промежуточного пользования в общем отпуске древесины, процент использования расчетной лесосеки, площадь лесовосстановления на 1 га сплошных вырубок и т. д.); V — показатели удельной механизации лесохозяйственных мероприятий (число тракторов на 1000 га, объем тракторных работ в гектарах мягкой пахоты на 1000 га и т. п.).

Все показатели интенсивности неодинаково приемлемы для разных экономических и естественных условий. Например, в горной местности возможности механизации лесокультурных работ ограничены, следовательно, и показатели удельной механизации не будут объективно характеризовать уровень интенсивности лесовыращивания. Здесь больше подходят трудовые удельные показатели.

При создании культур на равнине рост трудоемкости не будет отражать уровня интенсивности, а наоборот, может свидетельствовать о замедленной механизации процессов и пониженной производительности труда.

Также критически надо подходить к применению показателя использования расчетной лесосеки главного пользования. Рост его только в том случае отражает повышение интенсивности лесовыращивания, если сопровождается возрастанием показателя отношения площади культур к общей лесопокрытой.

Показатель увеличения переруба расчетной лесосеки определяет необходимость увеличения вложений денежных средств на лесовосстановление и, следовательно, указывает, в каких предприятиях следует повысить интенсивность лесохозяйственной деятельности.

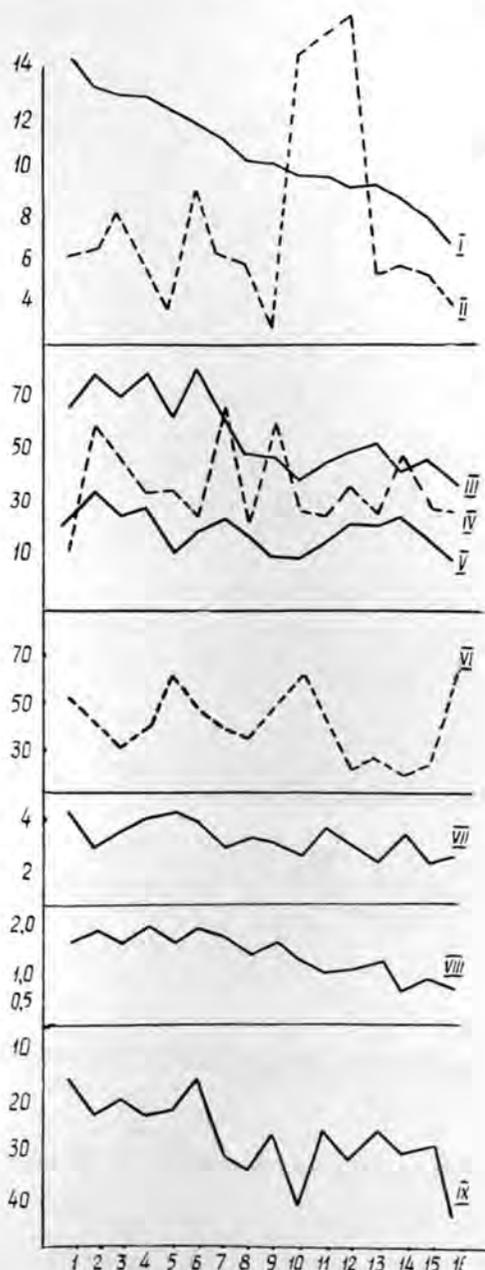
Показатели структуры площадей тоже не могут одни характеризовать уровень интенсивности, так как разные мероприятия, проводимые на одинаковой по размеру площади, дают неодинаковый экономический эффект и требуют различных трудовых и денежных затрат. Поэтому они могут быть подкреплены показателями доли затрат труда и денежных средств на разные работы (процент затрат на лесокультурные или лесохозяйственные мероприятия).

Все изложенное говорит о том, что для каждой области необходимо выбирать определенные основные показатели интенсивности. Это же признают все исследователи данного вопроса. Основными считаются те показатели, которые взаимосвязаны по своей величине, то есть зависят от изменения другого показателя. Определив основные показатели, по их величине можно установить уровень интенсивности лесохозяйственного производства предприятий и произвести районирование области по различию в уровне интенсивности лесного хозяйства.

Для выявления и отбора основных показателей нами был применен простейший графоаналитический метод. Все исследователи вопросов интенсификации в качестве бесспорного признают показатель «фактические затраты операционных средств на 1 га лесной площади в год». Приняв этот показатель за базисный, мы рассчитывали его величину для каждого лесного предприятия области в среднем за 3—5-летний период, разместив все предприятия по мере убывания интенсивности. Затем определяли абсолютные среднегодовые размеры всех остальных показателей интенсивности и строили графики их изменения в порядке размещения предприятий по базисному показателю затрат операционных средств на 1 га. После того как вырисовывался график динамики каждого показателя, характер кривой (ломаной) сравнивали с базисной. В случае их идентичности показатель принимали за основной, при несоответствии — за второстепенный. Таким образом, подбирали 5—6 основных показателей и при необходимости 2—3 дополнительных, второстепенных, которые и использовали для определения шкалы интен-

Рис. 1. Графики динамики показателей интенсивности лесного хозяйства Львовской области.

I — затраты операционных средств на 1 га, руб.—коп. (базисная кривая); *II* — основные фонды лесного хозяйства, руб.—коп. на 1 га; *III* — процент охвата хозяйственным воздействием; *IV* — процент лесных культур в лесопокрытой площади; *V* — процент обрабатываемой площади; *VI* — процент промежуточного пользования в общем отпуске леса; *VII* — трудозатраты специалистов на 1 га; *VIII* — трудозатраты рабочих на 1 га; *IX* — лесная площадь предприятия, тыс. га. Сплошная линия — основные показатели интенсивности; пунктирная — дополнительные. Цифры по горизонтали: 1 — Старо-Самборский лесхоззаг; 2 — Бродовский; 3 — Бусский; 4 — Самборский; 5 — Турковский; 6 — Добромьельский; 7 — Радеховский; 8 — Стрийский; 9 — Славский; 10 — Дрогобычский; 11 — Львовский; 12 — Нестеровский; 13 — Бобрский; 14 — Рава-Русский; 15 — Золочевский; 16 — Сколевский.



сивности и расчета средней степени (в пределах класса) интенсивности лесохозяйственной деятельности предприятия.

Такая методика применена была нами при районировании Львовской, Тернопольской, Винницкой и Ивано-Франковской областей. На рис. 1 и 2 даны примеры определения основных показателей интенсивности для Львовской и Ивано-Франковской областей. По характеру кривых можно сделать заключение, что для Львовской области, кроме затрат операционных средств на 1 га, основные показатели: процент охвата лесохозяйственным воздействием, процент обрабатываемой

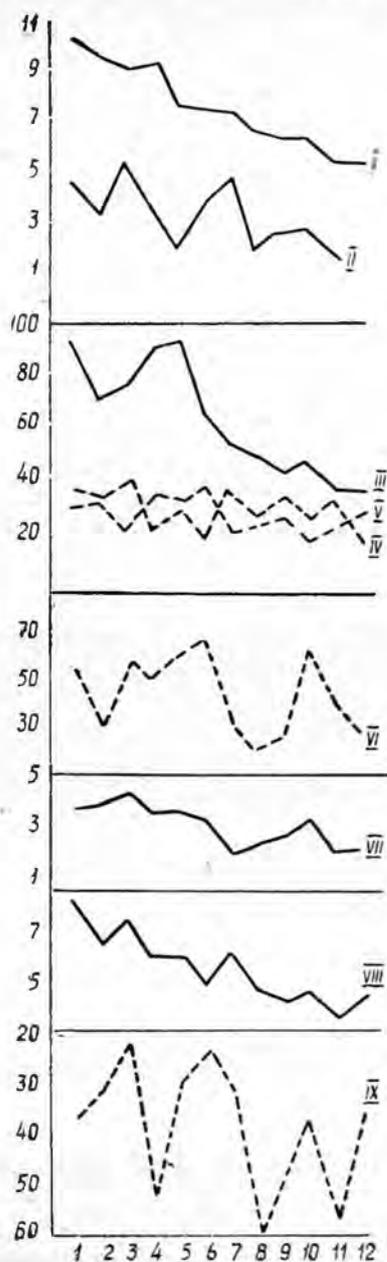


Рис. 2. Графики динамики показателей интенсивности лесного хозяйства Ивано-Франковской области.

Цифры по горизонтали: 1 — Брошневский лесокombинат; 2 — Ивано-Франковский; 3 — Солотвинский; 4 — Коломыйский; 5 — Болеховский; 6 — Гриявский; 7 — Ворохтянский; 8 — Осмолода; 9 — Надворнянский; 10 — Делятинский; 11 — Выгодский; 12 — Верховинский.

Остальные обозначения см. под рис. 1.

площади, размер площади предприятия и трудозатраты в чел.-дн. на 1 га; для Ивано-Франковской области — сумма основных фондов на 1 га, процент охвата лесохозяйственным воздействием, число рабочих и специалистов на 1000 га общей площади. Все остальные показатели могут быть признаны второстепенными.

Рекомендуемый способ отбора показателей прост, не требует особых дополнительных расчетов и наглядно отражает различный уровень интенсивности лесохозяйственного производства предприятий.

НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

КОНФЕРЕНЦИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ,
СТРОИТЕЛЬСТВУ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ

Всесоюзная научная конференция по проектированию, строительству и эксплуатации лесовозных дорог состоялась с 19 по 21 сентября 1972 г. в г. Минске. Основные инициаторы созыва этой конференции: Министерство высшего и среднего специального образования СССР, Министерство лесной и деревообрабатывающей промышленности СССР и Центральное правление НТО лесной промышленности и лесного хозяйства.

В работе конференции приняли участие ведущие ученые и научные сотрудники большинства вузов, готовящих кадры для лесозаготовительной промышленности, сотрудники центральных и зональных научно-исследовательских, проектных и конструкторских организаций, руководящие и инженерно-технические работники отраслевых министерств, лесозаготовительных предприятий и строительных организаций, а также видные ученые и специалисты из Германской Демократической Республики, Чехословакии и Польши (всего более 250 человек).

В программу пленарных и секционных заседаний было включено 128 докладов и сообщений. Их содержание изложено в тезисах докладов, вышедших к открытию конференции.

Конференцию открыл председатель Оргкомитета заместитель министра МВ и ССО БССР проф. И. И. Леонович. В первый день на пленарном заседании были заслушаны доклады проф. В. И. Мельникова «Моделирование и оптимизация некоторых задач по сухопутному транспорту леса» (ВНИПИЭИЛеспром), проф. Б. А. Ильина «О некоторых вопросах установления качественного и количественного состава сети путей лесотранспорта» (ЛТА), заместителя гл. инженера «Гипролестранса» О. С. Блинова «Некоторые вопросы организации строительства лесовозных автомобильных дорог», заместителя министра лесной промышленности БССР тов. Лебедева «О лесной промышленности Белоруссии и перспективах ее развития». Затем с докладами выступили работники ЦНИИМЭ. Доклад С. А. Абрамова был посвящен современному состоянию и перспективам развития лесовозного транспорта. В. А. Горбачевский доложил о перспективных схемах освоения лесных массивов и оптимальных комплектах транспортных машин. Тема доклада А. С. Иванковича — «Определение оптимальных параметров земляного полотна для различных лесозаготовительных районов с применением ЭВМ». Руководители делегаций ПНР, ГДР и ЧССР сообщили об исследованиях в области лесного транспорта.

20 сентября работало 5 секций конференции. На первой секции были заслушаны и обсуждены доклады и сообщения, посвященные общим проблемам проектирования, строительства и эксплуатации лесовозных дорог. Заседания второй секции были посвящены проблемам проектирования и строительства земляного полотна, заседания третьей секции — проблемам проектирования, строительства и содержания дорожной одежды, четвертой — проблемам проектирования и эксплуатации подвижного состава лесовозных дорог и лесотранспортных установок. На пятой секции были рассмотрены и обсуждены проблемы проектирования, строительства и эксплуатации у.ж.д.

21 сентября в первой половине дня работала шестая секция, где были заслушаны доклад «О проекте нового учебного плана по подготовке специалистов по специальности 0901». Проект учебного плана, разработанный преподавателями Ленинградского лесотехнической академии, был внимательно рассмотрен учеными Брянского, Львовского, Московского, Воронежского, Уральского и Архангельского лесотехнических институтов, Марийского политехнического института, ЦНИИМЭ. Секция одобрила представленный проект нового учебного плана, указав на необходимость внести в него некоторые изменения и дополнения.

Решения, принятые на конференции, включают в себя рекомендации, направленные на улучшение проектирования, строительства и эксплуатации лесовозных дорог.

Конференция прошла успешно. В этом большая заслуга сотрудников Белорусского технологического института, особенно коллектива кафедры сухопутного транспорта леса.

Б. Д. Ионов, Б. И. Кувалдин.

Московский лесотехнический институт.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>И. М. Боховкин.</i> Высшая школа выходит на новые рубежи	3
---	---

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

<i>М. И. Гордиенко.</i> Взаимодействие ясеня обыкновенного и клена остролистного	6
<i>Г. И. Ларин.</i> Сравнительная оценка износостойкости лемешной стали на почвах лесной зоны	10
<i>Ю. А. Злобин.</i> Экспериментальное изучение прорастания семян хвойных древесных пород при неустойчивом режиме увлажнения субстрата	13
<i>А. Н. Баглай, В. И. Струков.</i> Минеральные удобрения как фактор повышения продуктивности культур сосны	16
<i>П. В. Литвак.</i> О содержании основных органических веществ в древесине сосны обыкновенной	21
<i>В. Ф. Дарахвелидзе.</i> Почвенные условия местопроизрастания сосновых и еловых лесов Месхети	25
<i>И. С. Васильев.</i> Пути сокращения сроков восстановления бука восточного на лесосеках постепенных рубок	27
<i>В. Ф. Цветков.</i> Лесные пожары и формирование молодняков в лишайниковых борах Кольского полуострова	34
<i>Н. В. Ромашов.</i> Изучение текущего прироста древостоя при постепенных рубках	37
<i>А. М. Ильин, Н. Е. Федотов.</i> Влияние сезонов рубки на корнеотпрысковое возобновление осины и формирование молодняков	42
<i>Н. К. Теслюк.</i> Использование оптического высотомера проф. Н. П. Анучина для отграничения круговых пробных площадей	47

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

<i>И. И. Слепко, И. Н. Береговой.</i> Геометрия щатка с рифленой поверхностью	51
<i>Л. В. Коротяев, А. В. Ростовцев.</i> Вес кроны деревьев основных промышленных пород Севера	56
<i>С. Г. Костогрыз, И. П. Ковтун.</i> Статистические характеристики уклонов микропрофилей лесовозных дорог и сопротивление движению лесовозного транспорта	60
<i>В. Я. Матюнин, Ф. И. Коперин.</i> Некоторые вопросы теории окорки древесины в корообдирочных барабанах	64
<i>К. А. Чекалкин.</i> Уравнения траектории движения бревенного пучка в сортировочном устройстве с наклонным сортировочным коридором	72
<i>Г. А. Крылов.</i> О расходе энергии при окорке древесины в барабанах	76

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

<i>М. С. Мовнин, Н. И. Яремчук.</i> Исследование процесса подготовки поверхности древесины и покрытий на ней к отделке прокатом	81
<i>А. Д. Голяков, В. И. Корнеев.</i> О результатах некоторых исследований жесткости и прочности пиломатериалов	88
<i>А. Д. Пинчевский, Э. А. Черняков, А. Н. Попов, А. А. Клайман.</i> О тепловом воздействии ультрафиолетового излучения на древесину	92
<i>В. Г. Любимов.</i> Исследование шероховатости поверхности при шлифовании древеснослоистого пластика	92
<i>В. В. Памфилов, Л. А. Тетерин, Э. А. Фомина.</i> О некоторых механических показателях сосны и березы центральных районов европейской части СССР	100
<i>М. П. Гореньков.</i> Пропускание и поглощение ультрафиолетовых лучей твердыми и жидкими лаковыми пленками	104
<i>И. Ш. Духовная.</i> Влияние влаги на механические свойства полимерных покрытий	109

Г. Я. Виршавский, В. Н. Череватов, И. С. Швальбойм. Экспериментальное исследование характера нагрузки двухэтажных лесопильных рам	113
В. В. Гамов. Влияние связующего компонента на прочность многофазной системы	117

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

А. И. Киприанов, М. И. Кравченко. Кинетика термического распада гваякола и ператрола	121
М. Ф. Берензон, Б. Д. Богомолов. Электронномикроскопическое изучение строения клеточных оболочек трахен сосны (<i>Pinus silvestris L.</i>)	126
С. И. Ладинская, Э. И. Ларина, А. Л. Агранат. Получение очищенного фитостерина с помощью различных органических растворителей	132
Б. К. Семенов, М. И. Боховкин. О взаимодействии фурфурола с дихлоруксусной кислотой	136
А. А. Щербаков, Л. В. Пустовойт. Экспресс-метод определения фурфурола в дистилляте	139
А. А. Леонович. Изучение свойств дефибраторного волокна при нагревании	143

КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Ю. В. Лебедев, Г. С. Прокофьев. Метод определения производительности крана способом математического моделирования	148
И. С. Подбелло, А. Н. Синяков, Л. Н. Селянинова, А. И. Юров. Математическая аппроксимация парового тракта содорегенерационных парогенераторов по экспериментальным переходным функциям	154
Б. А. Васильев. Транспортно-перегрузочные процессы на нижних складах как система массового обслуживания	157

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Э. Я. Оксанич, И. И. Колинко. Влияние использования производственных процессов на рентабельность производства	161
С. В. Мизарас. Себестоимость выращивания древесины в добровольно-выборочном хозяйстве	165
В. М. Кожин. Экономические предпосылки пересмотра цен на лесопродукцию в 1972—1973 гг.	168
И. В. Борисова. Графический метод выбора основных показателей интенсивности лесохозяйственного производства	171

НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

Б. Д. Ионов, Б. И. Кувалдин. Конференция по проектированию, строительству и эксплуатации лесовозных дорог	175
---	-----

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

Рукописи статей принимаются редакцией по рекомендации соответствующих кафедр высших учебных заведений. Могут быть приняты также статьи сотрудников научно-исследовательских учреждений (с разрешения их руководства) и от отдельных работников науки и производства. Журнал может напечатать присланную работу только при наличии письменного предварительного согласия автора на опубликование его статьи без выплаты авторского гонорара.

Статьи, представляемые в журнал, не должны превышать 6—7 страниц машинописного текста. Статьи, превышающие указанный объем, к рассмотрению не принимаются. Статьи библиографического характера не должны быть более 3 страниц. В заглавии статьи указываются ее название, инициалы и фамилия автора (или авторов) и полное наименование того учреждения, в котором проделана описываемая в статье работа. Рукописи направляются в редакцию в двух отчетливо оформленных экземплярах на хорошей бумаге, перепечатанные на машинке через три интервала на одной стороне листа. На листе должно быть не более 30 строк, а в строке не более 60 знаков. С левой стороны листа оставляется чистое поле шириной в 30 мм. Все страницы рукописи должны быть пронумерованы. На полях рукописи необходимо карандашом указать места рисунков и цифровых таблиц, если последние прилагаются к статье на отдельных листах. Иностранные слова должны быть вписаны на машинке или разборчиво чернилами от руки.

Особое внимание должно быть обращено на аккуратное написание индексов и показателей степени. Следует делать ясное различие между заглавными и строчными буквами. Во избежание недоразумения заглавные буквы следует подчеркнуть двумя черточками снизу, а строчные — двумя черточками сверху. Особенно это касается таких букв как *V* и *v*, *S* и *s*, *O* и *o*, *K* и *k*, *U* и *u*, *C* и *c*. Необходимо самое серьезное внимание обращать на аккуратное написание схожих по начертанию букв: *h* и *h*, *q* и *g*, *l* и *e*, *v* и *u*, *u* и *a*, *o* и *a*, *l* и *l*, *z* и *z*.

Для отличия от буквы *O* нуль (0) оставлять без подчеркивания. Греческие буквы должны быть обведены красным карандашом, латинские — синим.

Приводимый в статье графический материал не должен дублировать цифровых таблиц. Никакие сокращения слов, имен, названий, как правило, не допускаются. Возможно употребление лишь общепринятых сокращений — мер (только после цифр), химических, физических и матема-

тических величин. Названия учреждений, предприятий, марки механизмов и т. п., упоминаемые в тексте статьи, в первый раз нужно писать полностью (указать в скобках сокращенное название); в дальнейшем это наименование можно давать только сокращенно.

Упоминания имен иностранных авторов даются в русской транскрипции, ссылки на иностранные работы — на том языке, на котором они опубликованы. В случае приведения цитаты необходимо указать, откуда она взята (автор, название работы или номер тома, год издания, страницы).

Список литературы должен содержать лишь цитируемые в тексте статьи работы и, наоборот, все упоминаемые в тексте работы должны быть помещены в списке литературы. В списке указываются фамилия и инициалы автора, название работы, журнал, в котором она опубликована (для книг — место издания и издательство), год издания, № журнала. Название журнала, в котором опубликована упоминаемая в списке литературы работа, дается полностью. Ссылка на неопубликованные работы не допускается.

Рукопись должна быть тщательно выверена, подписана автором и иметь визу руководителя кафедры, если статья написана работником вуза; должны быть написаны УДК, дата отправки рукописи, полные имя и отчество автора, его ученое звание и степень, а также служебный и домашний почтовые адреса и номера телефонов.

Иллюстрации представляются в двух экземплярах. Они должны быть пригодны для цинкографического воспроизведения (фотографии должны быть четкими, на матовой бумаге, чертежи сделаны черной тушью на ватмане). На обратной стороне рисунка должны быть указаны его порядковый номер, соответствующий номеру в списке, и фамилия автора. Подписи к рисункам должны быть приложены на отдельном листе и напечатаны на машинке.

К статье должны быть приложены реферат и краткая аннотация.

Редакция может возвращать авторам небрежно написанные статьи с требованием об их лучшем изложении и более аккуратном оформлении.

Редакция имеет право производить сокращения и редакционные изменения рукописей. Корректур статей авторам, как правило, не предоставляется.

Авторы получают бесплатно 15 оттисков своей статьи (за исключением публикаций в отделе библиографии и хроники).

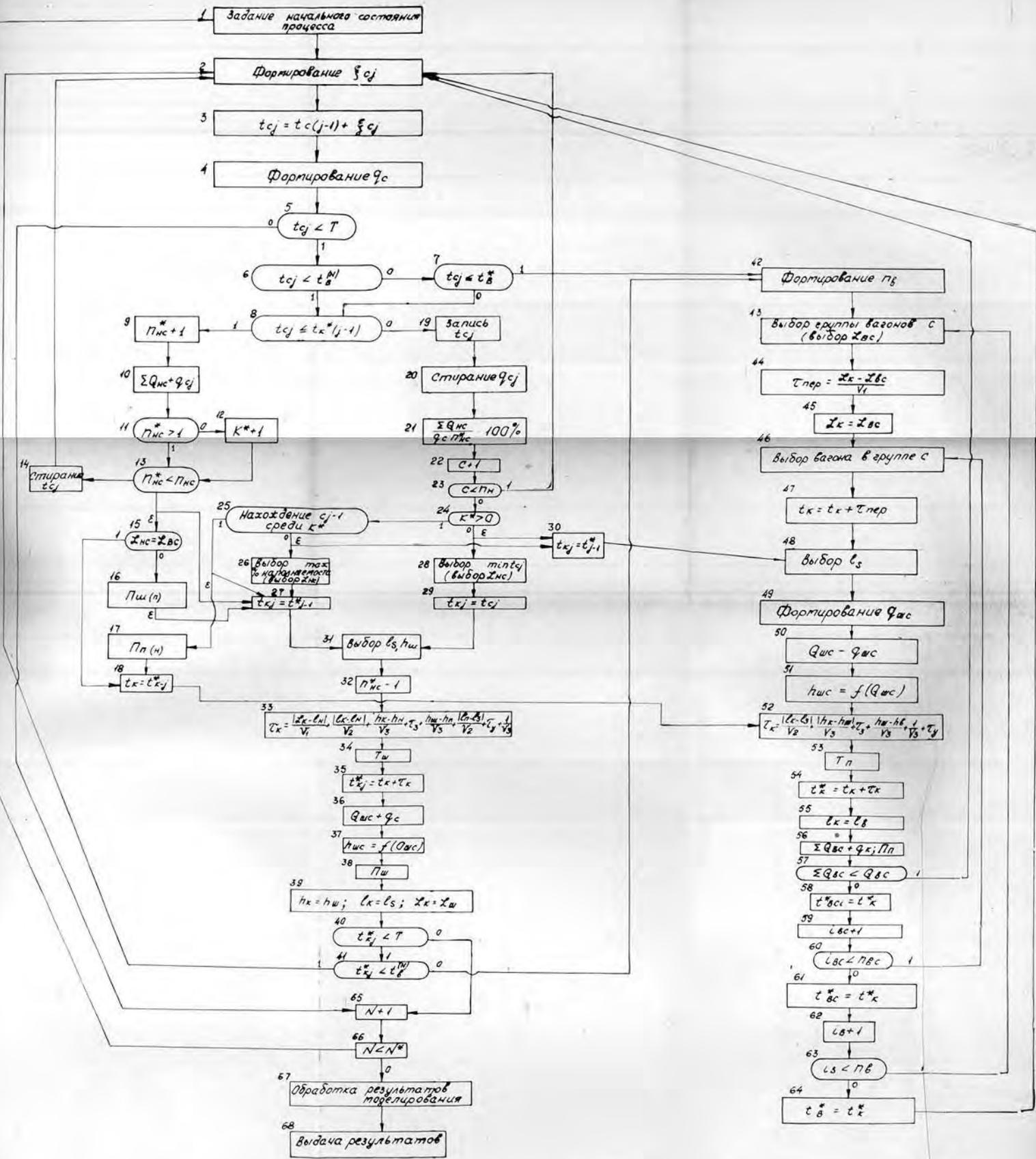


Рис. 2. Блок-схема моделирующего алгоритма математической модели производительности крана.

Тип леса	Высота над уровнем моря	Экспозиция склона	Крутизна склона	Почва	Глубина залегания образца, см	Гумус по Тюрину, %	pH водной вытяжки	CaCO ₃	Обменные катионы						Физическая глина < 0,01		
									Ca	Mg	N	сумма	Ca	Mg		N	
									в мг-экв на 100 г почвы				%				
Сосняк овсяницевый верхнегорный	1700	С-3	32—35°	Бурая лесная, среднесуглинистая, с глубиной скелетная, маломощная, развита на андезитах (разрез 4)	0—3 (мертвый покров)	18,9	6,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
					3—8	7,2	6,2	—	30,87	4,36	0,24	35,47	87,0	12,3	—	—	
					8—16	7,1	6,4	—	—	—	—	—	—	—	—	0,7	41,61
					16—26	—	6,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	45,00
Сосняк зеленомошный среднегорный	1380	С-3	28—30°	Темно-бурая лесная, среднесуглинистая, среднескелетная, маломощная, развита на андезитах (разрез 23)	0—2 (мертвый покров)	18,8	6,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
					2—15	10,7	6,4	—	38,79	4,36	0,76	43,91	88,3	9,9	1,8	44,44	
					15—25	—	6,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	47,96
Сосняк злаково-разнотравный нижнегорный	950	С-3	26—32°	Коричневая лесная, карбонатная, тяжелосуглинистая, слабоскелетная, маломощная, развита на карбонатных песчаниках (разрез 38).	0—2 (мертвый покров)	11,9	7,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
					2—12	9,3	7,8	18,82	26,46	3,46	—	29,92	85,1	14,9	—	58,46	
					12—26	—	7,8	21,12	28,17	5,88	—	34,05	82,7	17,3	—	52,41	
					26—41	—	7,8	28,60	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ельник зеленомошный верхнегорный	1600	С	25—28°	Бурая лесная, тяжелоглинистая, мощная, развита на андезитах (разрез 15)	0—5 (мертвый покров)	19,7	6,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
					5—21	7,4	6,2	—	32,58	3,23	0,20	36,01	90,5	9,0	0,5	68,30	
					21—40	—	6,6	—	26,82	3,09	0,12	30,03	89,3	10,3	0,4	76,41	
					40—85	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	64,31
Ельник злаково-разнотравный среднегорный	1360	С-В	20—22°	Бурая лесная, глинистая, слабоскелетная, средней мощности, развита на андезитах (разрез 21)	0—8 (мертвый покров)	19,4	6,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
					8—30	8,6	6,2	—	42,48	4,36	—	46,84	90,2	9,8	—	79,60	
					30—68	—	6,4	—	43,47	3,63	—	47,10	90,0	10,0	—	71,40	
Ельник зеленомошный нижнегорный	950	С-3	25—28°	Коричневая лесная, тяжелосуглинистая, карбонатная, слабоскелетная, маломощная, развита на карбонатных песчаниках (разрез 37)	0—4 (мертвый покров)	22,8	7,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
					4—14	11,0	7,2	3,96	29,25	4,36	—	33,61	87,3	12,7	—	55,66	
					14—42	0,9	7,2	7,48	34,29	3,96	—	37,75	90,8	9,2	—	55,14	
					42 и ниже	—	7,4	11,48	—	—	—	—	—	—	—	—	—

№ рис.	Режим работы	Потребляемая мощность P_1				$S_{дв}$, %	$n_{мех}$, об/мин	$S_{мех}$, %	$S_{рем} = S_{дв} - S_{мех}$, %	Момент на валу лесорамы			$\Delta\varphi^\circ$	
		по показаниям ваттметра, кВт	по осциллограмме							μ	M_i , кгм	M_i/M_0		M_i/M_H
			кВт	μ	P_i/P_0									
2, а	Холостой ход	27	18,2	0	1,0	2,1	310	2,8	0,7	0	78(106)	1,0	0,32	204
				1	0,14					1	(76)	(0,97)	(0,31)	
				2	0,78					2	470	6,0	1,93	
	Нагрузка	84,5	87,0	0	1,0	5,9	291	8,8	2,9	0	248(173)	1,0	1,02	153
				1	0,042					1	(64)	(0,26)	(0,26)	
				2	0,08					2	394	1,58	1,62	
	"	86,5	84,5	0	1,0	5,8	289	9,4	3,6	0	253(143)	1,0	1,04	2
				1	0,04					1	(71)	(0,28)	(0,29)	
				2	0,03					2	381	1,5	1,56	
	"	97,3	95,2	0	1,0	6,9	266	17,0	10,1	0	290(205)	1,0	1,19	152
				1	0,05					1	(73)	(0,25)	(0,3)	
				2	0,03					2	346	1,19	1,42	
2, б	"	—	100	0	1,0	7,4	271	15	7,6	0	300(247)	1,0	1,23	160
				1	0,036					1	(54,7)	(0,18)	(0,22)	
				2	0,065					2	367	1,22	1,5	
4, а	Холостой ход	27,4	29,5	0	1,000	1,2	333	3,2	1,8	0	72(34)	0,0	0,235	182
				1	0,20					1	(358)	(5,0)	(1,17)	
				2	1,13					2	670	9,3	2,2	
	Нагрузка	95,5	95,5	0	1,0	4,0	323	6,1	2,1	0	255(219)	1,0	0,84	118
				1	0,075					1	(240)	(0,94)	(0,79)	
				2	0,416					2	658	2,58	2,15	
	"	108	108	0	1,0	4,3	322	6,4	2,1	0	290(201)	1,0	0,95	194
				1	0,054					1	(244)	(0,84)	(0,8)	
				2	0,31					2	640	2,2	2,1	
	"	—	95,7	0	1,0	3,9	324,5	5,7	1,8	0	265(195)	1,0	0,87	113
				1	0,06					1	(253)	(0,95)	(0,83)	
				2	0,34					2	649	2,44	2,18	
				3	0,06	3	207	0,78	0,68					

Примечание. На рис. 2,а и 2,б приведен гармонический состав мощности, момента и скольжения лесорамы РД75-1, на рис. 4,а — лесорамы РД75-7.

μ — порядок гармонической составляющей; P_1 — мощность потребляемая электродвигателем; P_0 — постоянная составляющая мощности; P_i — составляющие мощности порядка μ ; $S_{дв}$ — скольжение двигателя, %; $n_{мех}$ — скорость вращения коленчатого вала механизма резания лесорамы; $S_{мех}$ — скольжение коленчатого вала механизма относительно синхронной скорости вращения, %; $S_{рем}$ — проскальзывания ремня, %; M_i — составляющие момента на валу лесорамы, кгм; M_0 — постоянная составляющая момента на валу лесорамы, кгм; M_H — номинальный момент на валу лесорамы, кгм; $\Delta\varphi$ — сдвиг по фазе между кривыми мощности и момента.

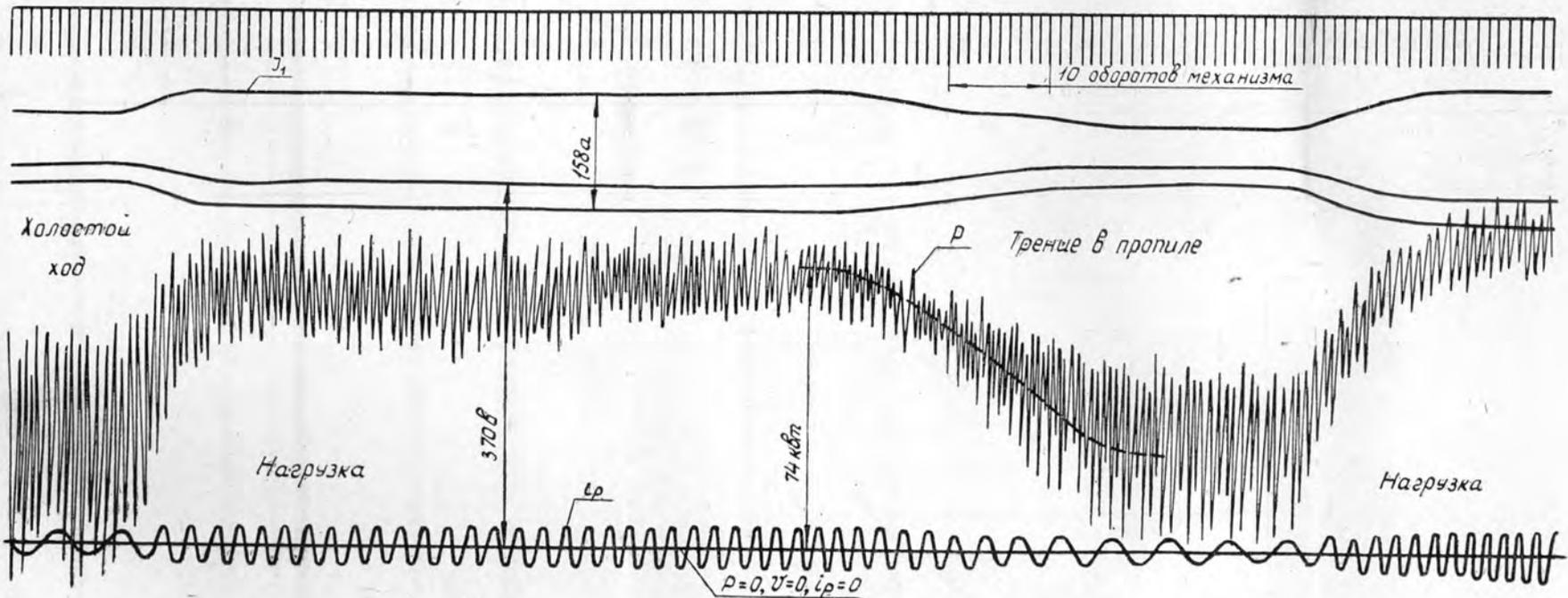


Рис. 3.

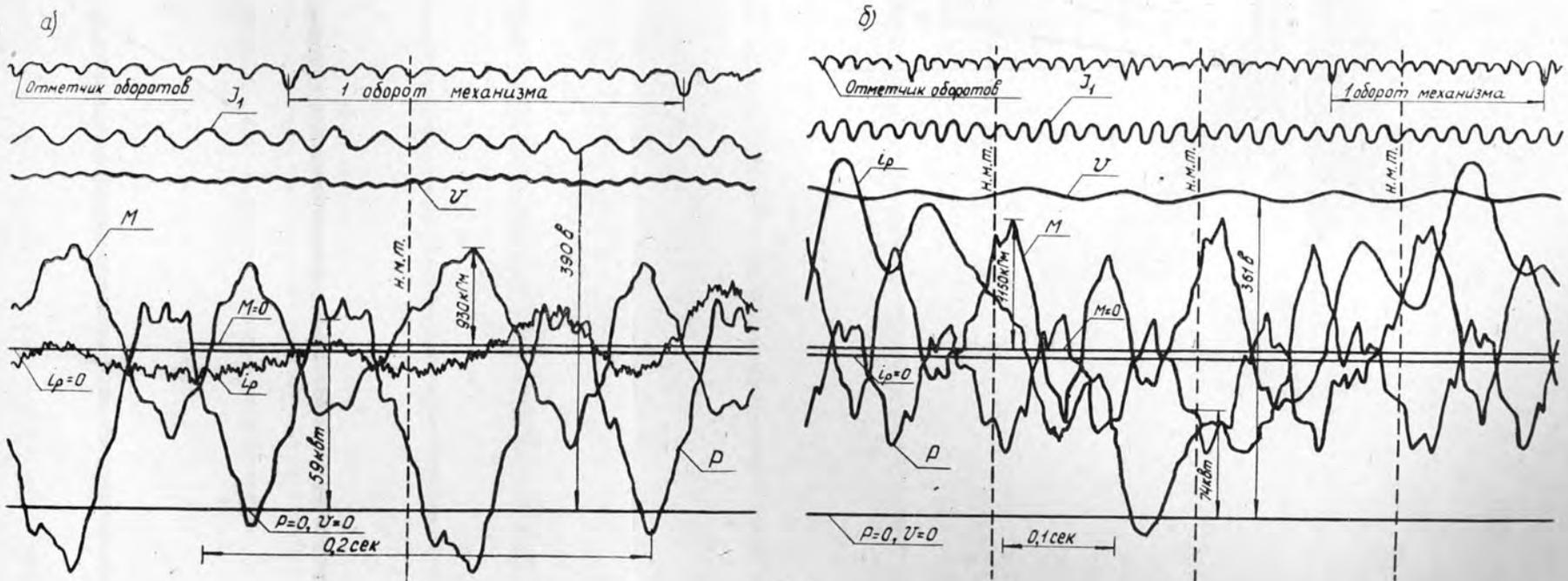


Рис. 4.

а — в режиме холостого хода; б — в режиме нагрузки.

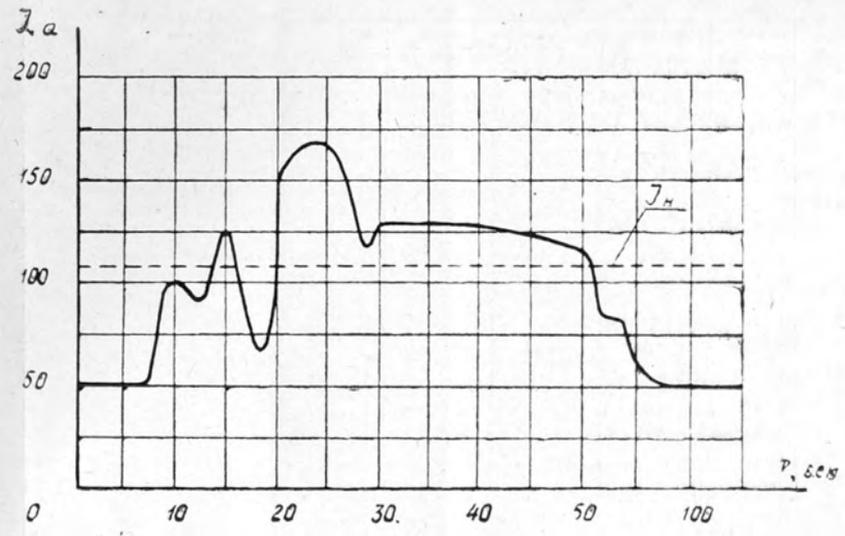


Рис. 5.

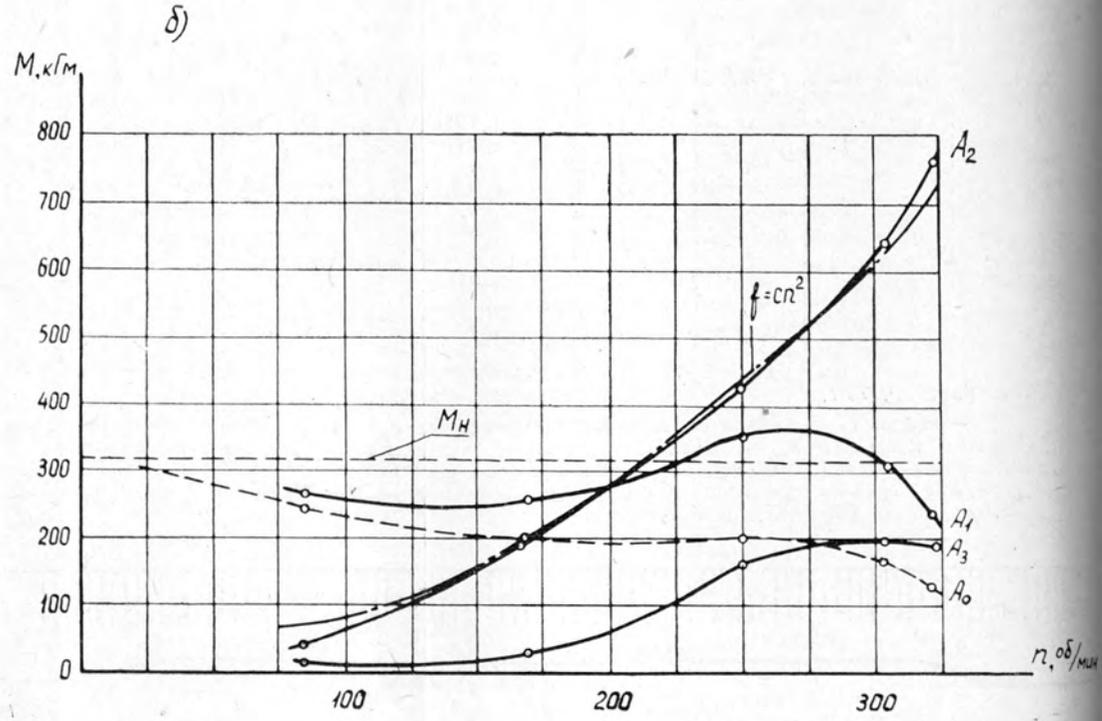
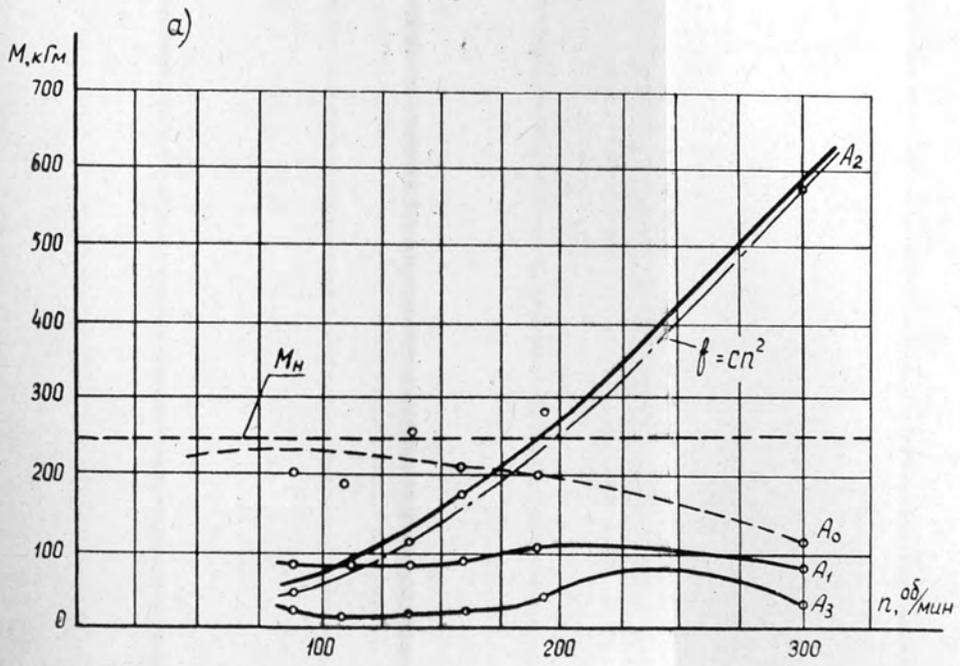


Рис. 6.

а — для лесорамы РД75-1; б — для лесорамы РД75-1.

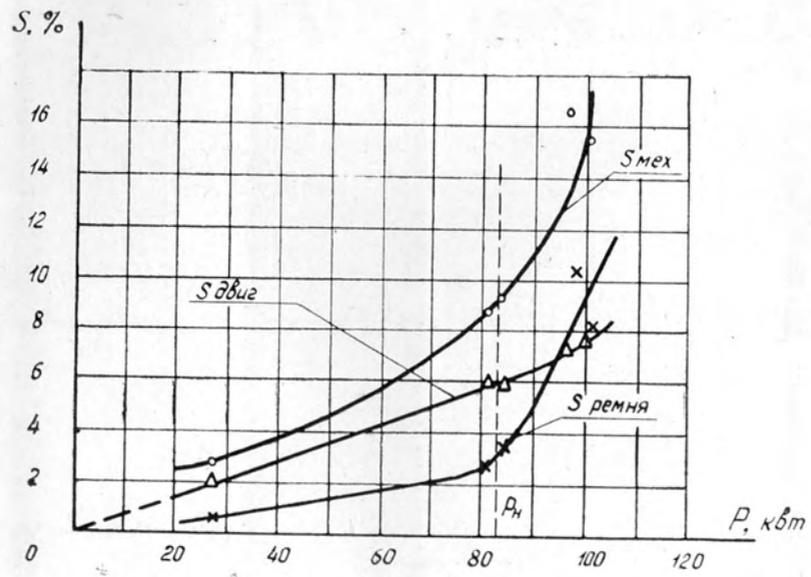


Рис. 7.

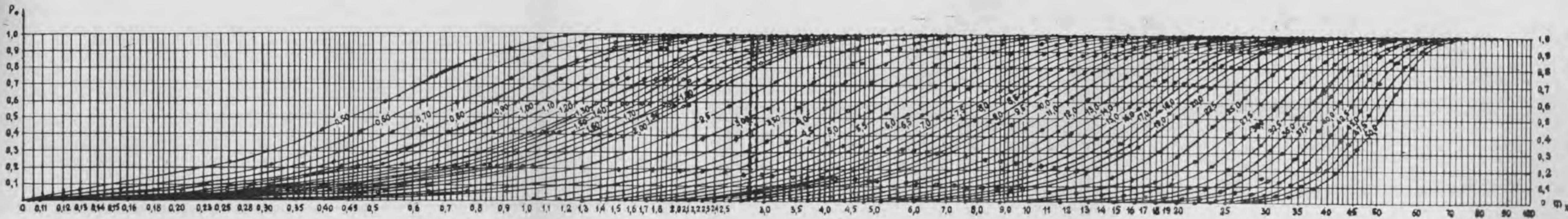


Рис. 2. График интегральных функций распределения вычисленных варьирующих величин m_x .

Цена 1 руб.

**Подписывайтесь
на журнал на 1973 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».

МИНИСТЕРСТВО
ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
СССР

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ



ЛЕСНОЙ
ЖУРНАЛ

