

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

---

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ  
ЗАВЕДЕНИЙ

---

*Лесной журнал*

ГОД ИЗДАНИЯ ДВЕНАДЦАТЫЙ

6  
1969

АРХАНГЕЛЬСКИЙ  
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
ИМЕНИ В. В. КУЙБИШЕВА

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Проф. И. М. Боховкин (отв. редактор), доц. П. И. Войчалъ (зам. отв. редактора), доц. Е. С. Романов (зам. отв. редактора), проф. Н. М. Белая, проф. Г. А. Вильке, проф. И. В. Воронин, проф. А. Э. Грубе, проф. М. Л. Дворецкий, доц. Д. С. Добровольский, проф. И. П. Донской, 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, проф. С. И. Рахманов, доц. В. О. Самуйлло, доц. Г. Я. Трайтельман, 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 лесных вузов и техникумов, студентов старших курсов лесотехнических институтов.

Выходит 6 раз в год.

Адрес редакции: Архангельск, Набережная В. И. Ленина, 17,  
Лесотехнический институт, тел. 4-13-37.

---

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ  
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 6.

(Год издания двенадцатый).

---

Сдан в набор 30/X-69 г. Подписан к печати 12/1-70 г. Форм. бум. 70 × 108/16.  
Печ. л. 15,4 + 3 вкл. Физ. л. 11. Уч. изд. л. 15,17. Тираж 2100  
Сл. 00001. Заказ № 3566. Цена 1 руб.

---

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

## ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС И ПОДГОТОВКА ИНЖЕНЕРОВ

В октябре 1969 г. ЦК КПСС принял постановление «О работе Иркутского обкома КПСС по повышению роли инженерно-технических работников в ускорении технического прогресса на предприятиях и стройках области». Рассмотрение этого вопроса — убедительное свидетельство неослабного внимания Коммунистической партии к вопросам технического прогресса и его проводникам — инженерам и техникам всех отраслей народного хозяйства.

Постановление обязывает каждого специалиста «конкретно и целеустремленно решать вопросы совершенствования производства, внедрения новой техники и прогрессивной технологии, активно участвовать в рационализаторской и изобретательской работе». На каждом предприятии должны быть разработаны и осуществлены перспективные планы технического перевооружения производства. Предлагается повсеместно создать четкую систему повышения квалификации и переподготовки инженерных кадров, регулярно проводить переаттестацию инженерно-технических работников, оценивая их деятельность по эффективности выполненных работок и оргтехмероприятий.

Немалая часть этих задач адресована высшей школе. Мощная и сложная техника, новейшая технология, автоматические системы управления и контроля, огромные масштабы производства — все это предъявляет высокие требования к сегодняшнему инженеру и еще большие — к инженеру будущего.

Выпускник советского вуза должен быть готов сразу же и активно включиться в борьбу за технический прогресс. Это, в свою очередь, требует совершенствования процесса подготовки специалиста и говорит о необходимости еще в студенческие годы вырабатывать инженерный подход к будущей работе, формировать стиль инженера.

Новая система планирования предусматривает составление плана повышения эффективности производства как обязательной части техпромфинплана предприятия. В разработке этого раздела, включающего вопросы совершенствования производства, механизации, внедрения НОТ, вместе с плановиками и экономистами принимают участие инженеры-технологи и механики. Совместными усилиями они должны выбрать наиболее эффективные пути осуществления намеченных мероприятий. Успешно справиться с этой задачей могут только те инженеры, которые получили в вузе прочные основы знаний по технике, технологии, организации и экономике производства, проявляют неослабевающий интерес к новинкам технического прогресса, умеют найти и применить новое.

Сейчас, наряду с все более углубленным изучением общетеоретических и инженерных дисциплин, в вузах вводят такие курсы, как НОТ, научные основы управления, математические методы планирования, вычислительные машины и программирование. Преподавание этих дисциплин на высоком уровне, несомненно, вооружит будущего инженера. Но дело не только в том, чтобы подготовить лекционные курсы и оборудовать лаборатории. Необходима высокая дисциплини-

рованность и активность преподавателей, четкая организация учебного процесса, деловой стиль консультаций, творческая атмосфера семинаров.

Современному инженеру особенно нужна широта взглядов, способность к обобщению, ясное видение перспективы в сочетании с практическими знаниями и навыками. Вырабатывать эти качества не легко, и нередко вместо этого в преподавании неоправданно усиливается рецептурность, элементы натаскивания. Например, в некоторых методических пособиях по дипломному и курсовому проектированию, указаниях к лабораторным работам настолько все детализировано и разъяснено, что студенту не остается ни малейшего простора для размышлений, для проявления изобретательности, инженерной мысли. На практических занятиях преобладают задачи с полностью заданной исходной информацией, тогда как известно, что наибольшую трудность в жизни (а следовательно, и пользу в учении) представляет выбор нужной информации и ее получение, а не подстановка ее в готовые формулы.

Проба сил будущего инженера — участие в научных кружках, студенческих конструкторских бюро, в исследовательской работе кафедр и, наконец, дипломное проектирование. Живой контакт с производством, выполнение тем по заказам промышленности, работа над конкретными нерешенными инженерными задачами, разнообразие и актуальность тематики — все это должно повысить эффективность этих форм вузовской подготовки инженера.

Будущий инженер должен хорошо ориентироваться в направлениях технического прогресса в своей и в смежных отраслях, не только по своей специализации (технолог, механик, инженер лесного хозяйства), но и по всем другим родственным специализациям.

Партийной принципиальности, активности и деловитости должна научить студента его общественная работа.

Большая ответственность ложится на те вузы, где организованы курсы повышения квалификации для работников промышленности. Слушателям курсов необходимо раскрыть тенденции технического прогресса, познакомить их с последними достижениями науки и техники в нашей стране и за рубежом.

В преддверии 100-летнего юбилея со дня рождения В. И. Ленина переосмысливается вновь и пополняется богатейшее наследие великого вождя и созданной им партии по борьбе за технический прогресс. Овладеть этим наследием и вооружить им своих питомцев — ответственная и благородная задача высшей школы.

---

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 634.0.892.6 : 631.847

**ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ МЕЛИОРАЦИИ  
НА ПОВЫШЕНИЕ СМОЛОПРОДУКТИВНОСТИ  
СПЕЛЫХ И СРЕДНЕВОЗРАСТНЫХ НАСАЖДЕНИЙ  
СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В БССР****Б. Д. ЖИЛКИН, И. П. ШИПОВА**

(Белорусский технологический институт)

В отечественной и зарубежной литературе пока мало затрагивались вопросы о влиянии гидротехнических и биологических мелиораций на повышение смолопродуктивности сосны. Между тем, И. И. Орлов [9] приравнивает стоимость живицы к стоимости древесины, заготовленной после подсосочки.

И. Кулеша, И. Барановска и Д. Шанявска [14], например, показали, что удобрение 100-летнего соснового насаждения аммиачной селитрой способствовало увеличению выхода живицы на 24%. И. П. Шипова [13] в результате поискового опыта в 13-летних сосновых культурах установила, что средний выход живицы на делянке с люпином повысился на 40%, а интенсивность смолывыделения — на 79% по сравнению с контрольной. Возможно, что факторы, благоприятствующие росту сосны, повышают и ее смолопродуктивность [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [11], [12].

В связи с тем, что в лесном хозяйстве, по-видимому, еще не скоро будут широко использоваться минеральные удобрения для повышения продуктивности лесов, мы проводим биологическую мелиорацию культурой многолетнего люпина многолистного (*Lupinus polyphyllus* Lindl.) в Негорельском учебно-опытном лесхозе. В БССР это мероприятие начало внедряться пока только в молодых насаждениях. По сообщению С. Т. Моисеенко [8], к 1970 г. люпинизация лесных культур будет доведена до 2,0—2,5 тыс. га в год.

Наиболее продолжительные исследования влияния люпина на повышение количества и качества стволовой древесины проведены на стационарах кафедры лесоводства в сосняке вересковом, занимающем 38% в лесокультурном фонде БССР, произрастающем на дерново-подзолистой связнопесчаной слабо- и среднеподзоленной почве, подстилаемой песком. Опыты показали, что при введении люпина в 7-летние культуры сосны максимальное его влияние наблюдалось на четвертый год (263% к контролю), а затем стало постепенно снижаться. Все же спустя 33 года после введения люпина запас стволой древесины на опытной делянке стационара 5<sup>a</sup> превышал контрольный на 91 м<sup>3</sup>/га, или на 56%. При этом существенно увеличилось количество деревьев высших классов продуктивности и узкокронных сосен (до 65% против 47% в контроле), а также улучшилось качество древесины.

Установлено, что люпин многолистный изменяет фитоклимат. Он существенно снижает освещенность и температуру в полуметровом припочвенном слое, повышает относительную влажность воздуха и поверхностных слоев почвы. В сосняках вересковых он оказывает

положительное влияние на рост сосны, а в условиях более плодородных почв — отрицательное [3], [5].

Под влиянием люпина улучшаются физические, химические и биологические свойства лесных почв [6], [7]. На участках с люпином наблюдаются лучшие показатели содержания влаги, хлорофилла и каротиноидов в хвое сосны, интенсивнее протекает фотосинтез и экономнее расходуется вода на транспирацию, возрастает интенсивность биологического круговорота углерода, азота, фосфора, калия и кальция. При этом, помимо увеличения запаса стволовой древесины, сокращается срок наступления возмужалости сосны на 10—15 лет, возрастают урожаи семян в 2—3 раза [6], повышается устойчивость сосняков против энтомовредителей [3], [5], [6], [13].

В 1967—1968 гг. мы провели опытную подпочку деревьев всех классов продуктивности (по классификации Б. Д. Жилкина [4]) на стационарах 3<sup>б</sup> и 4<sup>б</sup>. Смолопродуктивность средневозрастных сосновых культур определяли по весу живицы, выделяющейся из ран, нанесенных на сосны методом сверления [10]. Для этого на высоте 1,3 м ствол освобождали от грубой коры, а затем с помощью остро отточенной перки наносили рану, имеющую диаметр 20 мм и глубину 10 мм. Живицу собирали в обычные приемники и взвешивали с точностью  $\pm 0,1$  г.

Для определения смолопродуктивности спелых сосновых насаждений на деревьях делали обычные карры 10-сантиметровой ширины. Способ подочки восходящий, пауза 3,5 дня, шаг подновки 0,9 см, высота первой подновки от земли 1 м, общее количество подновок 11. Взвешивание живицы производили три раза с точностью  $\pm 0,5$  г. Выход живицы на подновку относили к величине среднего диаметра ствола [12].

Исследование влияния люпина на смолопродуктивность проводили в спелом чистом сосновом 115-летнем насаждении полнотой 0,65, на стационаре 3<sup>б</sup>, на котором люпин был введен в 1964 г. разными способами с целью изучения его влияния на рост соснового подростка [3], [4]. Из-за малого количества спелых деревьев при определении смолопродуктивности все варианты опыта с люпином объединены в один. Общее количество западсоченных деревьев 110, на дополнительно заложенной контрольной делянке — 87.

Результаты исследований показали, что под влиянием люпина смолопродуктивность средних деревьев (III класса продуктивности) повысилась на 34% по сравнению с контролем (разница достоверна). Общий коэффициент смолопродуктивности для насаждения с люпином на 16% выше, чем для контрольного (0,346 против 0,299). Наблюдается прямая связь между классами продуктивности деревьев и смолопродуктивностью: по мере перехода от I класса к V выход живицы падает.

На стационаре 4<sup>б</sup> мы провели исследование 13-летнего влияния люпина на смолопродуктивность средневозрастного (53-летнего) сосняка верескового, в котором уже можно начинать долгосрочную подпочку.

Люпин многолиственный введен в 1955 г. на секциях «а», «б», «г», «д» посадкой двухлетней рассады, взятой из густых люпиновых зарослей и таким образом испытывавшей отбор на теневыносливость. На этих секциях первая рубка ухода была проведена в 1952 г. Контрольная секция «в» осталась без рубок ухода и без люпина.

Результаты исследований показали, что в опыте с люпином смолопродуктивность насаждений примерно в 1,5 раза больше, чем на контрольной секции.

Коэффициент смолопродуктивности для насаждений с люпином на 28% выше, чем в контроле (0,307 против 0,210).

На опытной и контрольной секциях (как и в спелом насаждении) наблюдается прямая связь между классами деревьев (по Б. Д. Жилкину) и смолопродуктивностью: по мере перехода от I класса к V выход живицы снижается.

На опытной и контрольной секциях брали по одному модельному дереву III класса продуктивности. На кружках, выпиленных на 7-метровой высоте, заметно сильное увеличение ширины годичных колец после введения люпина под полог насаждения (рис. 1). До этого вре-



Рис. 1. Годичные слои у 53-летних модельных сосен, взятых с секций контрольной (слева) и опытной (справа) спустя 13 лет после введения многолетнего люпина.

мени диаметры контрольного и опытного деревьев были одинаковыми. Ширина годичных слоев за последние 6 лет была следующей:

	Опыт с люпином	Контроль
Общая ширина годичного слоя, мм . . . . .	1,90	1,02
Ширина слоя ранней древесины, мм . . . . .	0,50	0,31
Число смоляных ходов на 1 см длины го- дичного слоя . . . . .	10	4

Исследования влияния культуры многолетнего люпина многолиственного на смолопродуктивность средневозрастного и спелого насаждений сосны обыкновенной, по нашему мнению, представляют несомненный практический интерес, поэтому они должны быть продолжены.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. Г. Вороненко. Опытная подсадка в СССР. М., 1961. [2]. А. П. Гордеев. Сосна крымская как высокопродуктивная порода. Сб. «Пути повышения продуктивности лесов». Киев, 1965. [3]. Б. Д. Жилкин. Повышение продуктивности лесов культурой люпина. Минск, 1965. [4]. Б. Д. Жилкин. Классификация деревьев по продуктивности. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1965. [5]. Б. Д. Жилкин. Влияние биологической мелиорации на физиологические процессы сосновых насаждений. Сб. «Вопросы лесного хозяйства, лесной и химической промышленности», Минск, 1967. [6]. Б. Д. Жилкин, И. П. Мухуров, Ю. Н. Азиев, И. Э. Рихтер, М. А. Егоренков, Л. И. Лахтанова. Биологическая мелиорация сосновых, еловых и дубовых молодняков культурой многолетнего люпина. ВДНХ, 1967, изд. ЦНИИТЭИЛеспром, М., 1967. [7]. Б. Д. Жилкин, Л. И. Лахтанова. Изменение биологической активности почвы в культурах сосны под влиянием многолетнего люпина многолиственного. Доклады АН БССР, 12, № 6, 1968. [8]. С. Т. Моисеенко. Внедрение достижений науки в лесное хозяйство БССР. Сб. «Вопросы лесоведения и лесоводства», Минск, 1965. [9]. И. И. Орлов. О вовлечении в подсадку лесов I группы. Сб. «Материалы научно-технического совещания по новой технологии и технике подсадки леса», Гослесбумиздат, М., 1959. [10]. Е. П. Проказин. Селекция смолопродуктивных форм сосны обыкновенной. Сб. «Опыт и достижения по селекции лесных пород», М., 1959. [11]. В. П. Разумов. Индивидуальная изменчивость сосны по выходам живицы. Труды Брянского ЛТИ, т. IV, 1940. [12]. Ф. И. Терехов, А. К. Толкачев, И. В. Высоцкий. Классификация сосновых насаждений по их смолопродуктивной способности. Сб. «Подсадка сосны и ели», М., 1940. [13]. И. П. Шипова. Влияние многолетнего люпина на смолопродуктивность сосны. Лесохозяйственная информация ОНТИЛесхоз, № 15, 1968. [14]. J. Kulesza, J. Baranowska, D. Szaniawska. Próby intensyfikacji zywicowania na drodze nawożenia i stosowania preparatów rozrzedzających żywicę. Sylwan, Nr. 3, Warszawa, 1962.

УДК 631.816

## ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ УХОДА ЗА КУЛЬТУРАМИ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО В ЗАПАДНЫХ ОБЛАСТЯХ УССР

*Н. Н. ГРОМ, Г. А. ХАРИТОНОВ*

(Львовский лесотехнический институт)

Основным фактором, сдерживающим рост древесной растительности в западных районах УССР, является почвенное питание. Мы поставили целью выяснить отношение древесных пород к питательным веществам и в связи с этим установить оптимальные методы ухода за лесными культурами.

Для этого были заложены опыты в Ивано-Франковском учебном лесхозаге Львовского лесотехнического института; исследования проводили на наиболее распространенных супесчаных дерново-слабоподзолистых и серых оподзоленных почвах. По аналитическим материалам эти почвы содержат на 100 г:  $K_2O$  — 2,4 мг;  $P_2O_5$  — 2 мг; гидролизуемого азота 6,7 мг. Реакция почвы слабокислая. Если исходить из предельного минимального запаса питательных веществ, принятого для древесных растений проф. А. И. Ахромейко ( $K_2O$  — 10 мг;  $P_2O_5$  — 20 мг, N в подвижных формах — 10 мг), то можно считать, что эти почвы нуждаются в удобрении калием, фосфором и отчасти азотом.

Опыты закладывали в преобладающих условиях произрастания — в свежем сугрудке  $S_2$ , в культурах 1—4 лет. При создании лесных культур почвы обрабатывали в виде лент шириной 0,7—1,0 м (почву рыхлили мотыгой и перемешивали с подстилкой и напочвенным покровом). Посадку производили однолетними сеянцами. Исследовали влияние на культуры дуба: рыхления почвы с прополкой — однократного, двукратного, трехкратного; внесения минеральных удобрений без рыхления почвы и прополки — азотного (5 г аммиачной селитры на растение), фосфорного (6 г гранулированного суперфосфата), калийного (2 г калийной соли), азотно-фосфорного (NP), фосфорно-калийного (PK), азотно-калийного (NK) и полного (NPK).

Рыхление и прополку лесных культур проводили вручную в сроки: первый уход 10—20 июня, второй — 1—7 июля, третий — 1—7 августа. Минеральные удобрения вносили на расстоянии 3—5 см от стволика; выпадающие осадки растворяли удобрения, и они поступали в почву. Сроки внесения удобрений: фосфорного — в конце мая, калийного — в первой половине июня, азотного — в начале июня и в конце июня. Нормы были предварительно установлены на вегетационной площадке (Г. А. Харитонов). Все опыты по уходу за лесными культурами были заложены в двух повторностях; количество растений в каждом варианте составило не менее 30—40 шт.

Результаты влияния изложенных методов воздействий представлены в табл. 1, а статистическая обработка полученных материалов — в табл. 2.

Из приведенных материалов можно сделать следующие выводы. Наибольшее положительное влияние на рост однолетних культур дуба оказывают двукратное рыхление почвы и прополка, прирост увеличивается на 18—11%; внесение одного фосфорного удобрения повышает прирост на 10—14% и по своей эффективности приближается к двукратному рыхлению и прополке. Калийное и азотное удобрения увеличивают ветвление и прирост боковых побегов, почти не изменяют верхушечного прироста. Смешанные удобрения мало изменяют прирост по сравнению с чистым фосфорным, вероятно, фосфор для однолетних культур находится в почве в минимуме.

Таблица 1

Виды ухода	Возраст культур, лет			
	1	2	3	4
Одна прополка с рыхлением почвы	108	91	87	82
	<u>116</u>	<u>98</u>	<u>82</u>	<u>99</u>
Две прополки с рыхлением почвы	118	94	86	89
	<u>111</u>	<u>110</u>	<u>91</u>	<u>115</u>
Три прополки с рыхлением почвы	98	99	93	78
	<u>109</u>	<u>120</u>	<u>87</u>	<u>89</u>
Внесение удобрений без рыхления и прополки	94	140	136	114
	<u>125</u>	<u>107</u>	<u>119</u>	<u>136</u>
N	110	91	110	110
	<u>114</u>	<u>110</u>	<u>102</u>	<u>124</u>
P	101	122	118	111
	<u>125</u>	<u>131</u>	<u>112</u>	<u>116</u>
K	101	138	110	117
	<u>106</u>	<u>117</u>	<u>107</u>	<u>138</u>
NP	91	133	150	128
	<u>123</u>	<u>122</u>	<u>128</u>	<u>143</u>
NK	110	112	123	111
	<u>103</u>	<u>108</u>	<u>116</u>	<u>122</u>
PK	105	146	148	142
	<u>126</u>	<u>125</u>	<u>119</u>	<u>146</u>
NPK	11,7	24,4	24,8	35,5
	<u>9,7</u>	<u>17,0</u>	<u>14,7</u>	<u>14,8</u>

Примечание. В числителе прирост верхушечных побегов; в знаменателе — боковых, % к контролю. Прирост побегов в контроле дан в см.

На втором году жизни культур рыхление и прополка не оказывают существенного влияния на увеличение пророста дуба. Минеральные удобрения без прополки и рыхления повышают прирост, особенно полное минеральное, от которого прирост саженцев в высоту увеличивается на 45% и боковых побегов на 25%.

Рыхление почвы и прополка в трехлетних культурах нецелесообразны. Все минеральные удобрения повышают прирост. Особенно эффективно влияние азота с калием или полного минерального удобрения; верхушечный прирост при этом увеличивается на 50%, боковой — на 25%.

В четырехлетних культурах рыхление почвы и прополка также не нужны, так как корни дуба, по-видимому, находятся вне конкурирующего влияния корней сорняков (около 1,5 м), к тому же развитие травяной растительности в надземной части к этому времени также значительно ослабевает. Минеральные удобрения продолжают оказывать положительное влияние, однако оно сказывается больше на приросте боковых побегов, что важно для ускорения смыкания культур. Наиболее эффективно внесение полного минерального удобрения, а также азота с калием.

Из табл. 3 видно, что даже в первый год жизни культур денежные и трудовые затраты на рыхление и прополку соответственно в 1,5

Таблица 2

Виды ухода	Возраст культур, лет			
	1	2	3	4
Одна прополка с рыхлением почвы	$12,7 \pm 0,40$	$23,2 \pm 1,02$	$21,6 \pm 1,05$	$29,0 \pm 1,31$
	3,1	4,4	4,9	4,5
Две прополки с рыхлением почвы	$13,7 \pm 0,46$	$23,9 \pm 0,98$	$21,4 \pm 0,81$	$31,5 \pm 1,45$
	3,3	4,1	3,8	4,6
Три прополки с рыхлением почвы	$11,5 \pm 0,55$	$25,1 \pm 1,10$	$23,1 \pm 0,89$	$27,5 \pm 1,26$
	4,8	4,4	3,8	4,6
Внесение удобрений без рыхления и прополки				
N	$11,0 \pm 0,48$	$35,5 \pm 0,89$	$33,6 \pm 1,11$	$40,7 \pm 1,21$
	4,3	2,5	3,3	3,0
P	$12,9 \pm 0,54$	$23,0 \pm 0,76$	$27,3 \pm 1,15$	$39,3 \pm 1,86$
	4,2	3,3	4,2	4,7
K	$11,9 \pm 0,57$	$31,1 \pm 1,01$	$29,2 \pm 1,09$	$39,6 \pm 1,60$
	4,8	3,3	3,7	4,0
NP	$11,8 \pm 0,42$	$35,1 \pm 1,14$	$27,3 \pm 1,32$	$41,7 \pm 1,12$
	3,6	3,3	4,8	2,7
NK	$10,6 \pm 0,47$	$33,7 \pm 1,10$	$37,1 \pm 1,25$	$45,3 \pm 1,18$
	4,4	3,3	3,4	2,6
PK	$12,9 \pm 0,61$	$28,5 \pm 1,04$	$30,3 \pm 1,37$	$39,7 \pm 1,52$
	4,7	3,7	4,5	3,8
NPK	$12,2 \pm 0,54$	$36,9 \pm 1,12$	$36,8 \pm 1,29$	$50,5 \pm 1,85$
	4,4	3,1	3,5	3,7
Контроль	$11,6 \pm 0,43$	$25,4 \pm 1,02$	$24,8 \pm 1,07$	$35,5 \pm 1,41$
	3,7	4,0	4,3	4,0

Примечание. В числителе средняя арифметическая  $\pm$  средняя ошибка; в знаменателе — показатель точности опыта (во всех случаях меньше 5).

Таблица 3

Виды ухода	Возраст культур, лет	Среднегодовой верхушечный прирост, см	Средние затраты, приходящиеся на 1 см прироста
Рыхление с прополкой однократное	1	12,7	$\frac{0,69}{0,32}$
	2	23,2	$\frac{0,38}{0,18}$
	3	21,6	$\frac{0,42}{0,19}$
	4	29,0	$\frac{0,30}{0,14}$
двукратное	1	13,7	$\frac{1,28}{0,60}$
	2	23,9	$\frac{0,74}{0,34}$
	3	21,4	$\frac{0,82}{0,38}$

Продолжение табл. 3

Виды ухода	Возраст культур, лет	Среднегодовой верхушечный прирост, см	Средние затраты, приходящиеся на 1 см прироста
двукратное Удобрения без прополки НР	4	31,5	$\frac{0,56}{0,26}$
	1	11,8	$\frac{0,49}{0,13}$
	2	35,1	$\frac{0,16}{0,08}$
	3	27,3	$\frac{0,21}{0,06}$
	4	41,7	$\frac{0,14}{0,04}$
НРК	1	12,2	$\frac{0,49}{0,12}$
	2	36,9	$\frac{0,16}{0,04}$
	3	36,8	$\frac{0,16}{0,04}$
	4	50,5	$\frac{0,11}{0,03}$

Примечание. В числителе затраты в руб.; в знаменателе — в чел.-дн. (на 1 га культур).

и 3 раза выше, чем на внесение минеральных удобрений. В последующие годы эта разница становится еще более значительной. Затраты на применение минеральных удобрений в абсолютном выражении очень невелики: при внесении полного минерального удобрения они составляют 2,74 руб. и 1,5 чел.-дн. на 1 га; при внесении одного — двух видов удобрений стоимость снижается еще более.

На основании изложенных материалов можно рекомендовать для производственного испытания следующую предварительную систему ухода за культурами дуба в рассмотренных условиях. В первый год при посадке семян или вслед за ней следует вносить суперфосфат, а затем проводить однократное рыхление почвы с удалением сорняков. Во втором году необходимо вносить НК; целесообразность однократного рыхления почвы и прополки определяется состоянием сорняков. В третьем году рыхление почвы и прополка сорняков не обязательны, желательно внесение НРК; на этом удобрение может быть прекращено. Можно дополнительно внести полное минеральное удобрение на пятом году жизни культур.

Изложенная система ухода за культурами рекомендуется при подготовке почвы лентами. В случае обработки почвы в виде борозд вразвал значение рыхления и прополки еще более уменьшается, а внесение азотного удобрения (в связи со снятием в борозде верхнего гумусового горизонта) становится необходимым.

УДК 634.0.5

## ВЛИЯНИЕ ГУСТОТЫ МОДАЛЬНЫХ СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ НА ТОВАРНУЮ СТРУКТУРУ ОТПАДА \*

**М. Д. ЕВДОКИМЕНКО**

(Брянский технологический институт)

В лесной таксации вопрос о процессах отпада мало изучен. В то же время проблема увеличения пользования древесиной, получаемой от рубок ухода, очень актуальна, особенно в лесодефицитных районах.

В нашей работе была поставлена задача установить размеры и товарную структуру выбираемой части в наиболее распространенных сосняках Брянского лесного массива.

С этой целью в чистых сосновых древостоях I—II классов бонитета заложено 30 пробных площадей, послуживших основой для выявления возрастной динамики важнейших таксационных признаков. Определение запаса и текущего прироста производили по модельным деревьям. Изучаемые объекты имели возраст 50—120 лет и характеризовались понижающейся с возрастом относительной полнотой (0,85—0,70). В пределах каждого класса бонитета, в зависимости от величины среднего диаметра и числа стволов на единице площади, древостои разделяли на густые и редкие. Во втором варианте количество деревьев в любом возрасте было меньше (в среднем на 30%).

Запасы выбираемой части по десятилетиям вычислены с помощью предложенного П. В. Воропановым [2] метода, базирующегося на использовании материалов о фактическом текущем приросте. Разность между фактическим текущим приростом и текущим изменением запаса стволовой древесины за десятилетие дает объем древесины, отпавшей за данный период времени. Сведения о возрастной динамике запасов отпада в зависимости от класса бонитета и густоты древостоев даны табл. I.

Таблица I

Класс бонитета	Вариант густоты	Запас выбираемой части, м <sup>3</sup> , в возрасте древостоев, лет						
		60	70	80	90	100	110	120
I	Редкие . .	97	86	73	65	59	54	47
	Густые . .	82	73	66	55	51	46	43
II	Редкие . .	80	71	66	59	51	46	42
	Густые . .	74	66	63	55	50	45	39

Данные табл. I показывают, что интенсивность рубок ухода снижается от сильной (в начале периода) до слабой (к 120-летнему возрасту). Средневозрастные древостои характеризуются высокой сомкнутостью полога, поэтому интенсивные прореживания способствуют созданию оптимальных условий для роста оставляемых деревьев. По мере дальнейшего снижения относительной полноты, вызываемого регулярными прореживаниями, интенсивность последних не может сохраняться на неизменном уровне без нарушения структуры насаждений.

Сумма промежуточного пользования оказывается наиболее высокой в редких древостоях I класса бонитета (481 м<sup>3</sup>) и наименьшей —

\* Работа выполнена под руководством проф. П. В. Воропанова.

в густых II класса бонитета (393 м<sup>3</sup>). В практическом и теоретическом отношении представляют интерес материалы о величине объема среднего дерева выбираемой части (табл. 2), который закономерно изменяется во времени.

Таблица 2

Класс бонитета	Вариант густоты	Средний объем $v_{\text{ср}}$ выбираемых деревьев, м <sup>3</sup> , в возрасте древостоев, лет						
		60	70	80	90	100	110	120
I	Редкие . .	0,36	0,49	0,71	0,87	1,18	1,46	1,88
	Густые . .	0,22	0,31	0,43	0,53	0,66	0,79	1,00
II	Редкие . .	0,26	0,42	0,57	0,76	0,94	1,21	1,35
	Густые . .	0,15	0,22	0,34	0,42	0,54	0,70	0,78

Из анализа таблицы видно, что за 60-летний период средний объем вырубаемых деревьев в модальных насаждениях увеличивается в 5 раз, что приводит к значительным качественным изменениям в процессах отпада стволов. Если в редких средневозрастных древостоях отношение  $v_{\text{ср}}$  выбираемой части к  $V_{\text{ср}}$  верхнего полога составляет 0,67, то к 120 годам оно достигает 0,9—1,0. Аналогичная тенденция характерна и для густых древостоев. Это свидетельствует о заметном увеличении процессов отпада среди более крупных деревьев.

Величина  $v_{\text{ср}}$  находится в обратной связи с числом стволов. При константности прочих факторов в объектах с повышенной густотой наблюдается падение объема среднего дерева в 1,6—1,9 раза, против объектов с пониженным числом стволов. Ухудшение бонитета на один класс также сопровождается заметным снижением  $v_{\text{ср}}$ .

Материалы о динамике  $v_{\text{ср}}$  позволили найти средние диаметры выбираемых деревьев, что послужило основой для выявления товарной структуры отпада. Оказалось, что диаметр среднего дерева отпада  $d_{1,3}$  по отношению к диаметру среднего дерева верхнего полога  $D_{1,3}$  составляет 0,8—1,0. При данной величине отношения  $\frac{d_{1,3}}{D_{1,3}}$  в древостоях (по исследованиям А. И. Тарашкевича [3]) происходит отпад, пропорциональный заселенности ступеней.

Обследование состояния деревьев, подлежащих удалению при рубках ухода, показало, что дровяные стволы составляют 10—20% от общего числа выбираемых особей. Следовательно, эта совокупность стволов относится ко второму классу товарности. Динамика товарной структуры (табл. 3) установлена с помощью таблиц Н. П. Анучина [1].

Таблица 3

Возраст древостоев, лет	$d_{1,3}$ , см	Количество выбираемых деревьев	Распределение запаса			Распределение деловой древесины		
			деловая	дрова	отходы	крупная	средняя	мелкая

## I класс бонитета (редкие древостои)

60	21,2	269	75	15	10	12	64	24
			72	15	10	9	46	17
70	23,7	176	75	15	10	21	61	19
			64	13	9	13	39	12
80	27,6	103	76	14	10	39	49	12
			56	10	7	22	27	7

Возраст древостоев, лет	d <sub>1,3</sub> , см	Количе- ство вы- бираемых деревьев	Распределение запаса			Распределение дело- вой древесины		
			деловая	дрова	отходы	круп- ная	сред- няя	мелкая
90	29,8	75	$\frac{77}{50}$	$\frac{14}{9}$	$\frac{9}{6}$	$\frac{45}{23}$	$\frac{46}{23}$	$\frac{9}{4}$
100	33,9	50	$\frac{78}{46}$	$\frac{14}{8}$	$\frac{8}{5}$	$\frac{57}{26}$	$\frac{37}{17}$	$\frac{6}{3}$
110	36,8	37	$\frac{79}{43}$	$\frac{13}{7}$	$\frac{8}{4}$	$\frac{60}{25}$	$\frac{34}{15}$	$\frac{6}{3}$
120	41,2	25	$\frac{80}{37}$	$\frac{12}{6}$	$\frac{8}{4}$	$\frac{65}{24}$	$\frac{30}{11}$	$\frac{5}{2}$

## I класс бонитета (густые древостои)

60	17,1	374	$\frac{73}{60}$	$\frac{15}{12}$	$\frac{12}{10}$	—	$\frac{47}{28}$	$\frac{53}{32}$
70	19,2	237	$\frac{74}{54}$	$\frac{15}{11}$	$\frac{11}{8}$	$\frac{7}{4}$	$\frac{61}{33}$	$\frac{32}{17}$
80	22,0	152	$\frac{75}{49}$	$\frac{15}{10}$	$\frac{10}{7}$	$\frac{12}{6}$	$\frac{64}{31}$	$\frac{24}{12}$
90	23,4	104	$\frac{75}{41}$	$\frac{15}{8}$	$\frac{10}{6}$	$\frac{21}{9}$	$\frac{61}{24}$	$\frac{19}{8}$
100	25,9	77	$\frac{76}{39}$	$\frac{14}{7}$	$\frac{10}{5}$	$\frac{31}{12}$	$\frac{55}{22}$	$\frac{14}{5}$
110	27,6	58	$\frac{76}{35}$	$\frac{14}{6}$	$\frac{10}{5}$	$\frac{39}{14}$	$\frac{49}{17}$	$\frac{12}{4}$
120	30,5	43	$\frac{77}{33}$	$\frac{14}{6}$	$\frac{9}{4}$	$\frac{45}{15}$	$\frac{46}{15}$	$\frac{9}{3}$

## II класс бонитета (редкие древостои)

60	19,4	303	$\frac{74}{59}$	$\frac{15}{12}$	$\frac{11}{9}$	$\frac{7}{4}$	$\frac{61}{36}$	$\frac{32}{19}$
70	23,2	169	$\frac{75}{53}$	$\frac{15}{11}$	$\frac{10}{7}$	$\frac{21}{11}$	$\frac{61}{32}$	$\frac{19}{10}$
80	26,3	115	$\frac{76}{50}$	$\frac{14}{9}$	$\frac{10}{7}$	$\frac{31}{16}$	$\frac{55}{27}$	$\frac{14}{7}$
90	29,1	78	$\frac{77}{46}$	$\frac{14}{8}$	$\frac{9}{5}$	$\frac{45}{21}$	$\frac{46}{21}$	$\frac{9}{4}$
100	31,7	54	$\frac{77}{39}$	$\frac{14}{7}$	$\frac{9}{5}$	$\frac{54}{21}$	$\frac{39}{15}$	$\frac{7}{3}$
110	35,2	38	$\frac{79}{36}$	$\frac{13}{6}$	$\frac{8}{4}$	$\frac{60}{22}$	$\frac{34}{12}$	$\frac{6}{2}$
120	36,9	31	$\frac{79}{34}$	$\frac{13}{5}$	$\frac{8}{3}$	$\frac{60}{20}$	$\frac{34}{12}$	$\frac{6}{2}$

## II класс бонитета (густые древостои)

60	14,6	509	$\frac{73}{54}$	$\frac{15}{11}$	$\frac{12}{9}$	—	$\frac{28}{15}$	$\frac{72}{39}$
----	------	-----	-----------------	-----------------	----------------	---	-----------------	-----------------

Продолжение табл. 3

Возраст древостоев, лет	$d_{1,3}$ , см	Количе- ство вы- бираемых деревьев	Распределение запаса			Распределение дело- вой древесины		
			деловая	дрова	отходы	круп- ная	сред- няя	мелкая
70	17,2	295	$\frac{74}{49}$	$\frac{15}{10}$	$\frac{11}{7}$	$\frac{2}{1}$	$\frac{56}{27}$	$\frac{42}{21}$
80	20,5	185	$\frac{74}{47}$	$\frac{15}{9}$	$\frac{11}{7}$	$\frac{7}{3}$	$\frac{61}{29}$	$\frac{32}{15}$
90	22,3	130	$\frac{75}{41}$	$\frac{15}{8}$	$\frac{10}{6}$	$\frac{12}{5}$	$\frac{64}{26}$	$\frac{24}{10}$
100	24,5	93	$\frac{75}{37}$	$\frac{15}{8}$	$\frac{10}{5}$	$\frac{21}{8}$	$\frac{61}{22}$	$\frac{19}{7}$
110	27,4	64	$\frac{76}{35}$	$\frac{14}{6}$	$\frac{10}{4}$	$\frac{39}{14}$	$\frac{49}{17}$	$\frac{12}{4}$
120	27,9	51	$\frac{76}{29}$	$\frac{14}{6}$	$\frac{10}{4}$	$\frac{39}{11}$	$\frac{49}{14}$	$\frac{12}{4}$

Примечание. В числителе — %; в знаменателе — м<sup>3</sup>.

Анализ приводимых в табл. 3 материалов свидетельствует о значительных различиях в товарной структуре выбираемой части древостоев, формируемых при разной густоте.

При рубках ухода в средневозрастных и приспевающих редких древостоях I класса бонитета лесное хозяйство получает в среднем в два—три раза больше крупной древесины, чем в густых. Во втором классе бонитета эти различия сохраняются до высокого возраста. Редкие древостои до 70-летнего возраста характеризуются большим выходом сортиментов средней крупности.

В объектах с повышенной густотой в отпад поступает относительно большее количество деревьев, но толщина их на 20—25% меньше, чем в условиях более свободного стояния. Этим и объясняются расхождения в товарной структуре отпада из древостоев разной густоты.

Формирование древостоев с пониженной густотой вполне оправдано в хозяйственном отношении. В них раньше наступает техническая спелость по крупным сортиментам, и, кроме того, промежуточное пользование характеризуется большей эффективностью.

## ЛИТЕРАТУРА

[1]. Н. П. Анучин. Сортиментные и товарные таблицы для сосны, ели, дуба, березы и осины. Гослесбумиздат, М.—Л., 1949. [2]. П. В. Воропанов. Лекции по лесной таксации. Ч. II, Брянск, 1962. [3]. А. И. Тарашкевич. Процесс отпада стволов. Журн. «Лесное хозяйство и лесозексплуатация» № 11—12, 1935.

Поступила 27 ноября 1968 г.

УДК 634.0.232

## ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ СОЗДАНИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫХ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР

**Н. И. ОНИСЬКИВ**

(Боярская ЛОС)

**Я. М. ЯЦИВ**

(Дрогобычский лесхоззаг)

Основные породы при создании лесных культур в Карпатах — ель обыкновенная, пихта европейская, бук лесной. Трудности выращивания этих пород заключаются в медленном их росте в первые 5—10 лет, а также в нестойкости против неблагоприятных погодных условий (заморозков, солнцепека).

Исследования показали, что под пологом леса саженцы указанных пород не подвергаются ожогу, а также выжиманию от действия заморозков.

Посредством лесных культур, создаваемых под пологом насаждения, особенно изреженного, можно решать и ряд других важных народнохозяйственных задач, например: акклиматизации нежных экзотов, интродуцируемых в наши леса; выращивания ели, пихты для новогодних елок; обогащения почвы листовым опадом (фитомелиорация), уменьшения пожарной опасности в насаждениях хвойных пород; создания кормовой базы для дикой фауны.

Одним из главных недостатков предварительных лесных культур является повреждение их при рубке деревьев верхнего полога. Наши исследования, проводимые в Дрогобычском и других горных лесхоззагах Львовской области, были направлены на разработку таких способов рубки и трележки деревьев верхнего полога, при которых культуры страдали бы меньше.

Приводим описание работ и результаты опытов на двух участках, заложенных нами в Дрогобычском лесхоззаге.

**Участок 1 (Карпаты)** — Подбужское лесничество, квартал 15. Состав насаждения: 8Пх2Е, ед. Бк, возраст 80 лет, средняя высота 27 м, средний диаметр 3,5 см, полнота 0,5. Почва — оподзоленный суглинистый бурозем. Живой напочвенный покров: ежевика, клевер, подорожник, ситник и др. Тип условий местопроизрастания — влажный сугрудок (С<sub>3</sub>). Склон южной экспозиции крутизной 10—12°, высота над уровнем моря 650 м. Площадь участка 3,0 га.

**Участок 2 (Прикарпатье)** — Ивано-Франковское лесничество, квартал 25. Состав насаждения: 10Д, ед. Пх, возраст 100 лет, средняя высота 25 м, средний диаметр 40 см, полнота 0,6. Почва — дерново-подзолистый слегка оглеенный влажный суглинок. Живой покров: звездчатка, ситник альпийский, медуница, осока волосистая, кислица обыкновенная. Тип условий местопроизрастания — влажный сугрудок (С<sub>3</sub>). Равнина, высота над уровнем моря 300 м. Площадь участка 15,0 га.

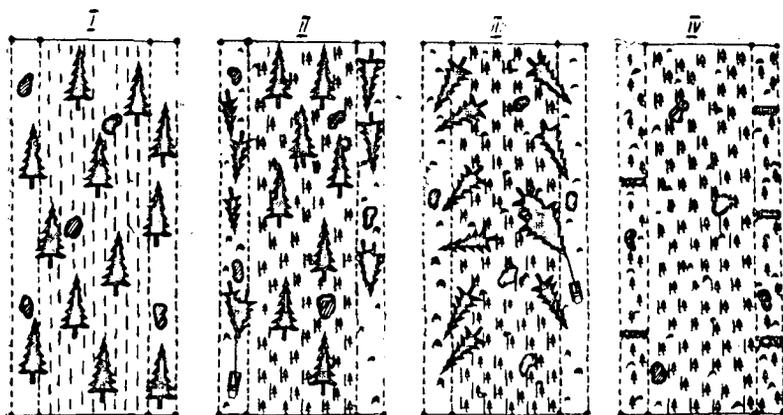
Опытные культуры на участке 1 были созданы весной 1963 г., на участке 2 весной 1964 г. Специфика опытных культур заключалась в том, что перед их созданием участок, подлежащий закультивированию, разбивали на пасеки с установкой столбов и 10-метровые волокна. Направление волокон на участке 1 сверху вниз, а на участке 2 перпендикулярно к дороге, проходящей посередине участка.

Ширину пасеки  $L$  определяли по формуле

$$L = 2H - K,$$

где  $H$  — высота среднего дерева;

$K$  — длина кроны среднего дерева.



Условные обозначения	
⊙	Группы подроста
⊙	Сеянцы
▲	Деревья материнского полога
	Колышки
XXXXXX	Сломанные в валы порубные остатки

Рис. 1.

I — разбивка участка; II — рубка и трелевка древесины на волоках; III — рубка на пасаках; IV — создание лесных культур на волоках.

Разбивку участка делают так, чтобы при валке леса все деревья падали на волоки и не повреждали лесных культур (рис. 1).

Первоначально лесные культуры создавали только на пасаках. На участке 1, где посадку производили без подготовки почвы или в площадки  $0,4 \times 0,4$  м, площадь предварительно маркировали и в местах без подроста забивали колышки для ориентировки при посадке и уходах. На участке 2 почву подготавливали вручную полосами шириной 0,3 м через каждые 2,5 м. Создавали культуры ели обыкновенной, пихты европейской и бука лесного как посадкой (2—3-летними сеянцами), так и посевом.

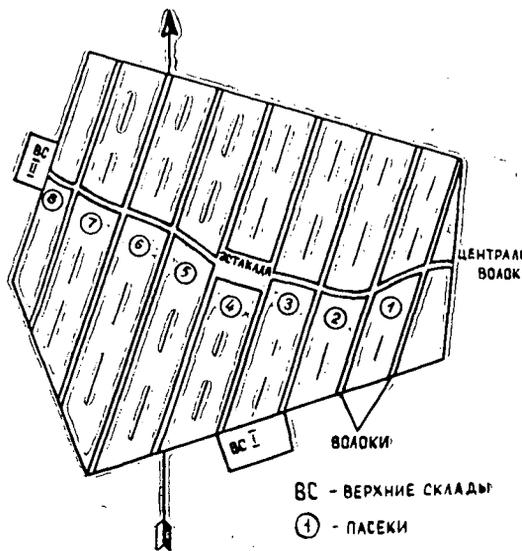
В связи с наличием подроста (3 тыс. шт. на каждом участке) предварительные культуры создавали из расчета 7 тыс. посадочных или посевных мест на 1 га; размещение на участке  $1 - 1 \times 1$  м, участке  $2 - 2,5 \times 0,6$  м.

Исследования показали, что еловые, пихтовые и буковые культуры, созданные посевом, менее эффективны, чем посадки. Особенно

Таблица 1

Категория лесокультурной площади	Сохранность сеянцев, % от общего количества площадок		
	ели	пихты	бука
Под пологом леса	76	41	17
Контроль	95	31	4

Рис. 2. План опытного участка предварительных культур в Ивано-Франковском лесничестве (квартал 25). Общая площадь 15 га, площадь предварительных культур 10 га.



ВС - верхние склады  
① - ПАСАКИ

бесполезно производить посев бука лесного, так как в некоторых случаях мыши полностью уничтожают его орешки (табл. 1).

Из данных таблицы видно, что хотя сохранность посевов пихты европейской и бука лесного была очень низкой, однако под пологом леса у пихты она была на 10%, у бука на 13% больше, чем на свежей вырубке. Сохранность культур ели обыкновенной была довольно высокой.

В табл. 2 показан отпад и рост в высоту предварительных культур ели обыкновенной, пихты европейской и бука лесного.

Таблица 2

Порода	Возраст культур, лет	Отпад культур, %	Высота, см	Годичный прирост по высоте, см
Участок 1				
Ель обыкновенная . . . . .	1	$\frac{3,0}{4,0}$	$\frac{14,2}{13,5}$	$\frac{4,3}{4,1}$
	2	$\frac{0}{1,0}$	$\frac{20,0}{23,2}$	$\frac{5,8}{9,7}$
Пихта европейская . . . . .	1	$\frac{3,0}{5,0}$	$\frac{7,8}{8,1}$	$\frac{2,8}{2,8}$
	2	$\frac{0}{2,0}$	$\frac{10,8}{10,9}$	$\frac{3,0}{2,8}$
Бук лесной . . . . .	1	$\frac{5,0}{9,0}$	$\frac{18,8}{18,2}$	$\frac{5,7}{5,0}$
	2	$\frac{4,0}{4,0}$	$\frac{24,8}{23,5}$	$\frac{6,0}{5,3}$
Участок 2				
Ель обыкновенная . . . . .	1	$\frac{1,5}{3,0}$	$\frac{15,6}{18,6}$	$\frac{4,4}{3,9}$
	2	$\frac{—}{7,0}$	$\frac{—}{29,4}$	$\frac{—}{10,8}$
	3	$\frac{0}{0}$	$\frac{32,0}{40,5}$	$\frac{12,0}{11,1}$
Пихта европейская . . . . .	1	$\frac{0}{7,5}$	$\frac{10,3}{6,1}$	$\frac{2,6}{2,4}$
	2	$\frac{—}{9,0}$	$\frac{—}{10,6}$	$\frac{—}{4,5}$
	3	$\frac{0}{0}$	$\frac{24,3}{17,0}$	$\frac{8,7}{6,4}$

Примечание. В числителе данные для культур под пологом леса; в знаменателе — на свежих вырубках.

Предварительные культуры, созданные посадкой двухлетних сеянцев, имели очень хорошую приживаемость (отпад не превышал 5%), во всех случаях большую, чем в контроле. Ни на одном опытном участке под пологом леса не было гибели саженцев ели, пихты или бука от неблагоприятных климатических условий (заморозков, солнцепека), тогда как в контроле наблюдался отпад саженцев на протяжении всего периода исследований.

Из данных табл. 2 видно, что предварительные культуры в первые годы имели также лучший рост в высоту, чем на свежих вырубках. На участке 1 лучший рост культур под пологом леса был у ели до двух лет, у пихты и бука до трех лет.

Зимой 1966 г. при толщине снежного покрова 0,4—0,5 м на участке 1 была произведена рубка и трелевка деревьев верхнего полога. На волоках деревья рубили по возможности заподлицо с землей, затем на пасаках «вразвал» вершинами вниз на ближайший волок под углом 30—40°, высота пней обычная. Древесину трелевали вершиной вперед при помощи трактора ТДТ-40. Сучья складывали на волоках в валы, которые располагали поперек склона (с целью борьбы с эрозией почвы). Зимой 1968 г. таким же способом была произведена рубка и трелевка деревьев верхнего полога (дуба) на участке 2 (рис. 3). Зима была мягкой и дождливой, поэтому мы имели возможность испытать предлагаемый метод в условиях бес-снежной зимы.

Сохранность и рост четырехлетних лесных культур после рубки и трелевки деревьев верхнего полога показаны в табл. 3.

Таблица 3

Порода	Отпад культур вследствие проведения рубки и трелевки деревьев верхнего полога	Высота саженцев, см	Годичный прирост по высоте в первый год после рубки верхнего полога, см
Участок 1			
Ель обыкновенная . . . . .	5,0	31,0	3,9
Пихта европейская . . . . .	4,0	14,5	1,3
Бук лесной . . . . .	2,0	37,0	5,9
Участок 2			
Ель обыкновенная . . . . .	6,0	47,0	7,2
Пихта европейская . . . . .	4,0	35,0	5,3

Как видно из данных таблицы, сохранность культур уменьшилась в среднем на 4—5%. Опыт показал, что на участке 1, где лесозаготовительные работы велись по снегу, саженцы получили меньше повреждений. На участке 2, кроме погибших (в среднем 5%) в первом и частично во втором ряду от волоков, имелось 8% саженцев ели и 10% саженцев пихты с некоторым повреждением (кора ободрана, крона изуродована, саженцы прижаты к земле).

Весной 1966 г. на участке 1 и весной 1968 г. на участке 2 были созданы культуры на волоках и дополнены на пасаках. Для этой цели использованы однолетние сеянцы лиственницы европейской и ясеня обыкновенного и четырехлетние саженцы пихты европейской.

Описанные нами предварительные лесные культуры дают возможность выращивать смешанное насаждение с участием 30% быстрорастущих ценных пород (30% площади занимают волоки). Такие насаждения в Карпатах, как показал наш многолетний опыт, наиболее продуктивны и, что особенно важно, биологически стойки.

В тех случаях, когда деревья, под которыми создаются предварительные лесные культуры, имеют небольшой объем (в силу возраста или биологических свойств отдельных пород), нет нужды выделять трелевочные волоки.

### Выводы

1. В районе проводимых исследований наиболее целесообразно создавать предварительные культуры без подготовки почвы и ухода за ней с оставлением незакультивированных волоков:

а) в лесах первой группы и приравненных к ним лесах (запретных полосах вдоль рек, защитных полосах вдоль шоссе и железных дорог общесоюзного и республиканского значения, полосах леса в верхней его границе расширения, которые легко подвергаются эрозии и оползням);

б) при реконструкции малоценных насаждений, а также при замене в Предкарпатье еловых насаждений культурами пихты европейской и бука лесного;

в) в низкополнотных насаждениях и везде, где естественное возобновление происходит слабо или нежелательными породами.

2. Полог лучше подбирать из пород, более светолюбивых, чем используемые при создании культур (например, березовый, лиственничный или дубовый полог для еловых культур; еловый для пихтовых, буковых культур и т. д.).

3. Предварительные культуры ели, пихты и бука лучше всего создавать посадкой двухлетних сеянцев.

4. Культуры указанных пород, созданные посевом в условиях Карпат, малоэффективны.

5. Рубку и трелевку верхнего полога лучше производить зимой по снегу, а посадку ранней весной.

Поступила 2 июля 1968 г.

УДК 631.573

## О КОРНЕВЫХ СИСТЕМАХ СОСНЫ В НАСАЖДЕНИЯХ РАЗЛИЧНЫХ КЛАССОВ БОНИТЕТА

**В. В. ИЛЬИНСКИЙ**

(Почвенный институт им. В. В. Докучаева)

На территории Щелковского учебно-опытного лесхоза Московской области в 1964 г. проведены работы по изучению строения корневых систем столетних сосен в насаждениях различных классов бонитета.

В наиболее распространенных в лесхозе типах леса (при полноте 1,0) были заложены четыре постоянные пробные площади (табл. 1); на каждой у среднего модельного дерева освобождали от почвы половину корневой системы.

Таблица 1

№ пробной площади	Состав насаждения	Класс бонитета	Возраст, лет	Средние		Тип леса по Сукачеву	Тип условий произрастания по Погребняку	Почва
				высота, м	диаметр, см			
1	6С2Е2Б	I	95	28,0	30,0	Сосняк-кисличник . . .	B <sub>2</sub>	Дерново-среднеподзолистая легкосуглинистая . . .
2	7С2Е1Б	II	100	24,0	28,0	Сосняк-долгомошник . . .	B <sub>3</sub>	Дерново (торфянисто)-сильноподзолистая легкосуглинистая оглеенная . . .
3	8С2Б	III	99	21,0	26,0	Сосняк травянисто-болотный . . . . .	B <sub>4</sub>	Торфяно-подзолистоглеевая . . . . .
4	9С1Б	IV	100	19,0	24,0	Сосняк сфагновый . . . . .	A <sub>5</sub>	Маломощный торфяник . . . . .

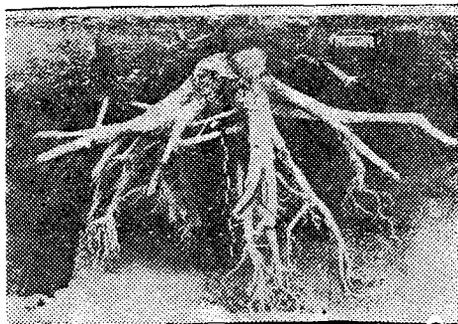


Рис. 1.

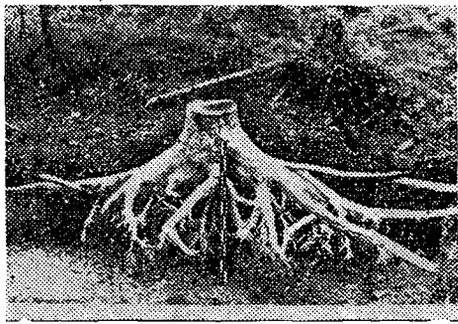


Рис. 2.

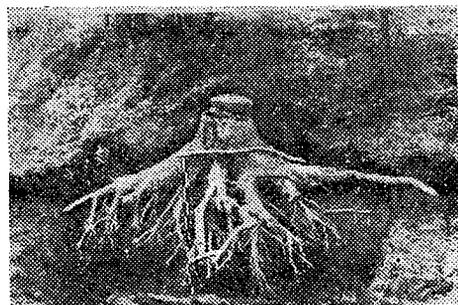


Рис. 3.

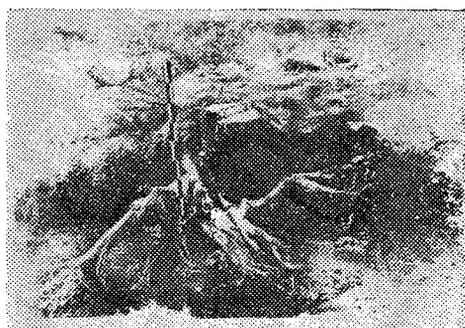


Рис. 4.

Корневая система сосны I класса бонитета достигает глубины 130 см. Прекрасно развиты как горизонтальные, так и вертикальные корни (рис. 1), причем масса последних несколько больше. Основная часть тонких корней (тоньше 30 мм) и горизонтальные скелетные корни располагаются в горизонте  $A_1$  (5—38 см).

У сосны II класса бонитета корни проникают в почву на 80 см (рис. 2). Горизонтальные скелетные корни отличаются большой толщиной и по массе преобладают над вертикальными. 79% корней тоньше 30 мм и горизонтальные скелетные расположены в горизонтах  $A_0$  мощностью 10 см и  $A_1$  — 6 см. Окончания вертикальных корней приурочены к горизонту  $B_1$  и имеют много отмерших почерневших корешков.

Корневая система сосны III класса бонитета имеет ярко выраженное поверхностное строение (рис. 3). 83% корней тоньше 30 мм расположено в слое торфа мощностью 28 см. Отдельные вертикальные корни, проникающие в минеральную часть почвы, начинают сильно ветвиться в ней и оканчиваются в горизонте В (35—50 см).

У сосны IV класса бонитета на маломощном торфянике (мощность торфа 70 см) корни имеют исключительно поверхностное строение (рис. 4). Вертикальные корни короткие, сильно сбегистые, на глубине 20—25 см сильно ветвятся в горизонтальном направлении.

При изучении корневых систем мы обнаружили зону отмерших корней, образование которой, видимо, связано с сезонными колебаниями уровня грунтовых вод и чередованием влажных и засушливых вегетационных периодов.

Нижняя часть корневой системы сосны на переувлажненных почвах состоит как из живых (работающих), так и из мертвых (почернев-

ших, часто окоренных ) корней. Мертвые корни легко отличить от живых (при раскопках) по отгнившим корневым окончанием, отставшей коре и довольно мощному (до 5 см) кольцу глея вокруг них. Отмирание нижней части корневой системы происходит в период подтопления ее грунтовыми водами [1]. Менее значительным, но более продолжительным фактором является присутствие капиллярной каймы в корнеобитаемом слое почвы, которая в оглеенных и глеевых горизонтах (некапиллярная скважность их 1—2%) расположена почти на уровне подтопления. В насаждениях II, III и IV классов бонитета зона отмирших корней начинается соответственно с 65, 30 и 20 см.

Глубина распространения корневой системы у сосны в насаждении I класса бонитета не ограничена грунтовыми водами. Их уровень, в зависимости от времени года, ниже границы корнеобитаемого слоя на 60—100 см, капиллярная кайма также не поднимается близко к корневой системе. В почве под сосняком II класса бонитета грунтовые воды в течение двух месяцев (май — июнь) присутствуют в корнеобитаемом слое, вызывая отмирание глубоко расположенных корней. Угнетающее действие на корневую систему оказывает капиллярная кайма, поднимающаяся в корнеобитаемый слой почвы, в августе и сентябре этого не наблюдается. Основная масса корней располагается в верхней, наиболее аэрируемой части профиля. Ограничивающее действие грунтовых вод привело к снижению мощности корнеобитаемого слоя почвы под сосняком II класса бонитета почти вдвое по сравнению с насаждением I класса.

У сосны III класса бонитета вся корневая система концентрируется в верхнем 50-сантиметровом слое почвы, так как нижняя часть профиля постоянно переувлажнена капиллярно-подпертой влагой. 93% всех корней (по весу) расположено в толще торфа наиболее аэрируемой части почвенного профиля, образуя сплошную сетку у самой поверхности почвы. Грунтовые воды присутствуют в корнеобитаемом слое около трех месяцев, а капиллярная кайма почти в течение всего года. Близкие к поверхности грунтовые воды (в среднем за год их глубина 40 см) и большая влагоемкость торфа обуславливают проникновение корневой системы сосны в насаждении IV класса бонитета только на 30—40 см. Интересно отметить, что корни располагаются в части торфяного слоя, обладающей довольно высокой некапиллярной скважностью (3—13%). Корневая система сосны IV класса бонитета обладает способностью регенерации тонких вертикальных корней. При высоком стоянии грунтовых вод глубоко расположенные тонкие корни отмирают, а при понижении их уровня восстанавливаются. Основная масса корней поднимается к самой поверхности почвы и располагается выше корневой шейки. При раскопках корневых систем в сосняках I—IV классов бонитета был определен вес корней (тоньше 30 мм) в верхних ( $A_0$  и  $A_1$ ) и нижних (B и C) горизонтах почвы на площади питания дерева (табл. 2).

С изменением типа леса и класса бонитета насаждений происходит перераспределение массы корней в профиле почвы, вызванное их концентрацией в верхних горизонтах при переувлажнении.

Биомасса сосны четко различается по типам леса и классам бонитета. Вес дерева в сосняке-кисличнике I класса бонитета в 1,4 раза больше, чем в сосняке-долгомощнике II класса, в 1,6 раза — чем в травянисто-болотном сосняке III класса и в 2,3 раза, чем в сфагновом сосняке IV класса (табл. 3). Интересно и соотношение веса корневых систем и общего веса дерева. По данным А. П. Вострикова [2], вес корневой системы сосны в возрасте 75 лет составляет 18% от веса всего дерева. По нашим данным, при переходе от I класса бонитета

Таблица 2

Показатели	Горизонты		Итого
	A <sub>0</sub> - A <sub>1</sub>	B - C	
Вес корней при естественной влажности, кг, в зависимости от класса бонитета и типа условий местопроизрастания			
I—B <sub>2</sub> . . . . .	87,2	28,4	115,6
II—B <sub>3</sub> . . . . .	47,8	11,8	59,6
III—B <sub>4</sub> . . . . .	28,4	5,8	34,2
IV—A <sub>5</sub> . . . . .	15,6	—	15,6
Вес абс. сухих корней, кг, в зависимости от класса бонитета и типа условий местопроизрастания			
I—B <sub>2</sub> . . . . .	36,9	12,1	49,0
II—B <sub>3</sub> . . . . .	18,5	4,9	23,4
III—B <sub>4</sub> . . . . .	12,1	2,5	14,6
IV—A <sub>5</sub> . . . . .	6,3	—	6,3

Таблица 3

Показатели	Надземная часть	Корни тоньше 30 мм	Скелетные корни (толще 30 мм)	Комлевая часть	Итого подземная часть	Общий вес дерева
Вес при естественной влажности, кг, в зависимости от класса бонитета						
I . . . . .	816,7	115,6	71,8	79,5	266,9	1083,6
II . . . . .	655,3	59,6	99,6	95,6	254,8	910,1
III . . . . .	524,0	34,2	65,8	89,8	189,8	713,8
IV . . . . .	314,7	15,6	63,9	110,3	189,8	504,5
Абс. сухой вес, кг, в зависимости от класса бонитета						
I . . . . .	590,4	49,0	37,5	41,8	128,3	718,7
II . . . . .	424,4	23,4	39,5	40,2	103,1	527,5
III . . . . .	350,0	14,6	32,4	44,9	91,9	441,9
IV . . . . .	224,5	6,3	27,3	49,5	83,1	307,6

к IV процент подземной части дерева возрастает с 18 до 27%, благодаря более мощным скелетным корням и комлю. Вес корневой системы изменяется в меньшей степени, чем общий вес дерева (соответственно в 1,5 и 2,3 раза) в различных типах леса.

Таким образом, с понижением класса бонитета сосняков, вызванного значительным переувлажнением почвы, уменьшается глубина проникновения корней в почву, отчего корневая система приобретает поверхностное строение, уменьшается биомасса дерева, однако в процентном отношении подземная часть дерева возрастает.

## ЛИТЕРАТУРА

[1]. А. В. Веретенников. К динамике процессов отмирания и регенерации корневой системы сосны при временном избытке влаги в почве. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 1959. [2]. А. П. Востриков. Некоторые данные о корневой системе сосны. Труды Брянского лесохозяйственного института, т. 4, 1940.

УДК 581.1

## ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В СЕМЕНАХ КЛЕНА ТАТАРСКОГО И ЛИПЫ МЕЛКОЛИСТНОЙ ПРИ СТРАТИФИКАЦИИ

Ц. М. ХАШЕС

(УкрНИИЛХА)

Глубоко покоящиеся семена клена татарского (*Acer tataricum* L.) и липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill.) приобретают способность к прорастанию только после длительной стратификации во влажном песке при пониженной температуре [9], [4], [5], [8]. По классификации М. Г. Николаевой [7], этим семенам присущ эндогенный тип покоя (зародышей и эндосперма семян). По данным Г. П. Белостокова [1] и В. Г. Юдина [10], семена клена татарского и липы мелколистной анатомо-морфологически подготовлены к прорастанию. Установлено, что в период стратификации в запасной паренхиме этих семян происходит гидролиз жира и расход крахмала [2], [8]. Отмечено некоторое увеличение активности каталазы в стратифицирующихся семенах липы мелколистной [6]. Нам известны попытки увязать покой семян с наличием ингибиторов и стимуляторов роста [3], [7].

Цель нашей работы — получение дополнительных сведений, расширяющих представление о природе покоя этих семян. Основное внимание мы уделяли изучению нуклеинового обмена, ростовых веществ и динамики распределения микроэлементов в стратифицирующихся семенах.

В опытах 1966 г. семена стратифицировали только при пониженной температуре. Определение нуклеиновых кислот проводили к концу стратификации, когда семена липы и клена уже проросли.

Для сравнения были взяты семена лоха узколистного, отличающиеся экзогенным типом покоя. Если в семенах липы и клена содер-

Таблица 1

Год опыта	Порода	Содержание нуклеиновых кислот в семенах, мг на 1 г сухого веса		
		перед стратификацией	после стратификации в течение	
			5 месяцев	8 месяцев
1966	Липа мелколистная . . .	0,91	1,10	
	Клен татарский . . . . .	0,375	0,75	
	Лох узколистный . . . . .	0,68	0,72	
1967	Липа мелколистная . . .	0,80	0,84	0,83
			2,20	1,10
	Клен татарский . . . . .	0,62	0,61	0,99
		0,77	1,87	

Примечание. В числителе данные стратификации при высокой температуре; в знаменателе — при низкой.

жание нуклеиновых кислот к концу стратификации возросло, то у лоха оно оставалось на первоначальном уровне (табл. 1).

В опыте 1967 г. с семенами липы мелколистной также отмечено увеличение количества нуклеиновых кислот в период стратификации. При холодной стратификации синтез НК проходит энергично и уже после пяти месяцев его количество возрастает почти втрое. В период прорастания (восьмимесячная стратификация) содержание НК падает. Характерно, что при теплой стратификации количество нуклеиновых кислот почти не изменяется. Наблюдается накопление нуклеиновых кислот при низкой температуре стратификации клена татарского и незначительные изменения при высокой (табл. 1).

Таблица 2

Порода	Интенсивность размножения дрожжевых клеток в экстрактах из семян, мг на 1 мл		
	перед стратификацией	при стратификации в течение	
		5 месяцев	8 месяцев
Клен татарский . . . . .	4,44	2,20	1,80
	—	1,64	1,68
Липа мелколистная . . . . .	5,12	12,20	6,10
	—	13,30	7,80

Примечание. То же, что и к табл. 1.

При изучении динамики гормонального комплекса в семенах установлено, что при стратификации ростовые вещества претерпевают ряд количественных изменений. Как видно из табл. 2, семена липы и клена перед стратификацией содержат почти одинаковое количество ростовых веществ группы биоса. У липы мелколистной после пяти месяцев стратификации отмечен синтез этих веществ как при низкой, так и при высокой температуре. В последний срок определения (после восьми месяцев стратификации) во всех вариантах опыта наблюдали заметный расход ростовых веществ группы биоса.

В семенах клена татарского максимальное количество биоса было в нестратифицированных семенах. По мере стратификации оно уменьшалось, независимо от температуры. Представление о динамике ростовых веществ группы А в стратифицирующихся семенах дает рис. 1. Как видно из рисунка, содержание ростовых веществ у семян лоха узколистного до и после стратификации различается мало.

Совершенно иной была динамика ростовых веществ по вариантам опыта у семян липы мелколистной. До стратификации элюаты всех отрезков хроматограмм ингибировали рост coleoptилей, максимальная задержка роста отрезков coleoptилей (54—70%) отмечена в зоне Rf 0,5—0,8. В конце периода стратификации в зоне Rf 0,1—0,4 рост coleoptилей усиливается, тогда как в зоне Rf 0,5—0,8 он по-прежнему задерживается. И только к концу стратификации ингибирующее действие в этой зоне падает. Аналогичное, но менее выраженное содержание ростовых веществ отмечено в семенах клена татарского.

При определении микроэлементов в семенах липы и клена установлено, что по концентрации насыщения микроэлементы в нестратифицированных семенах можно разделить на три группы. К первой группе следует отнести Fe, Al, Mn; их количество изменяется в пределах 50—520 мг/кг сухого веса.

Во вторую группу входят Zn, Cu, B, Ti; их концентрация не превышает 7—25 мг/кг. К третьей группе относятся микроэлементы Ni,

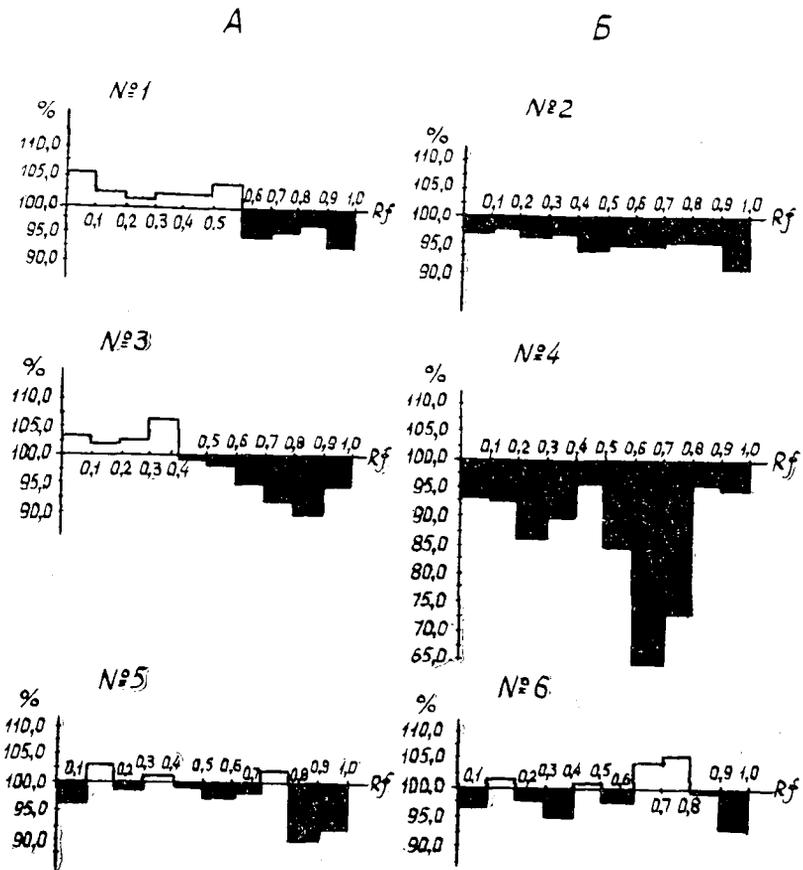


Рис. 1. Изменение биологической активности эфирных экстрактов из семян древесных пород (прирост отрезков колеоптилей, % к контролю).

А — стратифицированные перед посевом семена; Б — нестратифицированные семена. № 1 и 2 — клен татарский; № 3 и 4 — липа мелколистая; № 5 и 6 — лох узколистный.

V, Cr, Mo, Co, содержание которых незначительно (0,4—1,1 мг/кг сухого веса). В период стратификации отмечено насыщение семян отдельными микроэлементами. Специальные опыты позволили установить, что микроэлементы поступают в семена из водопроводной воды и субстрата. Особенно интенсивно поглощается железо семенами клена и липы, а алюминий — клена татарского. В отдельных вариантах опыта их количество возрастает более чем в 10 раз, тогда как содержание Cu, Ni, Mo, V, Co почти не изменяется.

При стратификации в семенах клена и липы повышается также количество В, Mn, Cr, Zn, Ti. При этом, если содержание Cr, Ti, В возрастает в основном с увеличением срока стратификации, то количество Mn почти удваивается после пяти месяцев стратификации, и в дальнейшем не изменяется. В семенах липы после восьми месяцев стратификации отмечается заметное накопление бора, а у клена татарского — цинка. Такое дифференцированное насыщение микроэлементами свидетельствует об их определенной роли в обмене веществ в этих семенах.

Резюмируя полученные данные, следует отметить, что общим для семян липы и клена является отмеченный синтез нуклеиновых кислот и исчезновение ингибиторов при холодной стратификации.

Следовательно, специфика действия пониженной температуры, в первую очередь, проявляется в повышении уровня нуклеиновых кислот, перераспределении стимуляторов и ингибиторов роста, накоплении отдельных микроэлементов.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Г. П. Белостоков. О строении семян некоторых древесных пород. «Ботанический журнал» № 11, т. 47, 1962. [2]. З. С. Гершкович, П. Д. Коваль, Т. В. Новикова. Биохимические изменения семян древесных пород в процессе их стратификации. Ученые записки Ростовского государственного университета, 1953. [3]. Т. В. Далецкая. К вопросу о роли  $\beta$ -индолилуксусной кислоты в покое семян. ДАН СССР 156, 3, 1964. [4]. Е. П. Заборовский. Биологические особенности прорастания и методы предпосевной подготовки семян некоторых древесных пород. Автореферат, 1963. [5]. В. М. Любченко. Температурный режим стратификации семян липы мелколистной и бересклета европейского. Журн. «Лесное хозяйство» № 1, 1959. [6]. В. М. Любченко. Активность каталазы в семенах *Tilia cordata*, *Euonymus europaea* в процессе стратификации. «Ботанический журнал» № 4, т. 44, 1959. [7]. М. Г. Николаева. Физиология глубокого покоя семян. Изд. АН СССР, 1967. [8]. А. И. Савченко. Подготовка труднопрорастающих семян к посеву. Изд-во «Урожай», 1966. [9]. В. Г. Юдин. Биология прорастания семян кленов. Труды Ботанического института АН СССР, сер. 4, вып. 11, 1956. [10]. В. Г. Юдин. Анатомо-морфологические особенности развития плодов некоторых видов клена. «Ботанический журнал» № 2, т. 42, 1957.

Поступила 12 июля 1968 г.

УДК 634.0.844.1

## ДЕРЕВОРАЗРУШАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ДУБОВОЙ ГУБКИ (*Daedalea quercina* Fr.)

П. А. СУВОРОВ

(Горьковский государственный университет)

Дубовая губка (*Daedalea quercina* Fr.) разрушает главным образом мертвую древесину дуба, реже бука. По данным А. С. Бондарцева [2], этот гриб изредка встречается и на других древесных породах — каштане, грецком орехе, эвкалипте, кипарисе, сосне, ели и можжевельнике; на живых деревьях поселяется очень редко, причем протяженность гнили по длине ствола дуба может быть до 9 м, а объем гнили — от 5,5 до 9 м [3]. Молодые дубки порослевого происхождения могут заражаться от пней, но гниль не поднимается выше 1,5 м [2]. По данным Оверхольца [13], дубовая губка встречается в США и Канаде на бревнах, пнях и стволах дуба и каштана, а также на буке, грецком орехе, осине, тополе, вязе, ясене и груше в качестве сапрофита и очень редко на пораненных живых деревьях.

Для определения интенсивности разрушения древесины дубовой губкой в лабораторных условиях мы использовали следующую методику. Сначала были выделены чистые культуры *Daedalea quercina* из мякоти плодовых тел, собранных с мертвой древесины дуба в Арзамасском и Лукояновском районах Горьковской области, а также в окрестностях г. Горького; всего было получено 14 штаммов в пробирках на суслевом агаре. Затем чистые культуры гриба переносили из пробирок в колбы Эрленмейера объемом 250 мл, в каждую наливали по 70 мл суслеоагара. Колбы с культурами находились в термостате при температуре 21—23°. Для сравнения в колбах были выращены чистые культуры пленчатого домового гриба (*Coniophora*

*cerebella* Schröt.), выделенного с мертвой древесины сосны, настоящего трутовика (*Fomes fomentarius* (Fr.) Kichx.) и окаймленного трутовика (*Fomes pinicola* (Fr.) Ске), выделенных из плодовых тел с пней дуба. В дальнейшем для краткости мы будем называть эти грибы контрольными. Когда мицелий разных штаммов дубовой губки и контрольных грибов покрыл всю поверхность питательной среды в колбах, в них были уложены кубики  $15 \times 15 \times 15$  мм, приготовленные из сосны, ели, дуба, бука, березы, осины, ольхи, липы и клена (в каждую колбу по девять образцов), предварительно увлажненные (из расчета 1,3 мл дистиллированной воды на каждый кубик) и простерилизованные в автоклаве (в течение 1 часа при давлении 1 атм). Образцы увлажняли для создания оптимальной влажности, способствующей более быстрому разрушению древесины [14], [11], [12], [1], [10]. Опыт по разрушению древесины был проведен в трехкратной повторности (каждый штамм грибов выращивали в трех колбах).

Через 2—3 дня после начала опыта кубики начали обрастать мицелием дубовой губки: быстрее образцы осины, березы, бук и клена, медленнее — сосны, ели и дуба. Полное обрастание кубиков произошло через 16—18 дней, причем во всех колбах сохранились их очертания. В культурах настоящего трутовика все кубики, кроме дубовых, сосновых и еловых, полностью обросли за 6 дней. Мицелий окаймленного трутовика покрыл образцы тоже за 6 дней (медленнее остальных дубовые). Мицелий пленчатого домового гриба покрыл все образцы, кроме дубовых, за 4 дня и начал расти по стенкам колб.

Опыт с разрушением древесины продолжался 120 дней. К концу его у большинства штаммов дубовой губки кубики были покрыты сравнительно тонким слоем мицелия, поэтому очертания кубиков сохранились; у немногих штаммов (2, 3, 12) над кубиками образовался тонкий слой грибницы, который закрыл их. Наиболее мощное развитие грибницы наблюдалось у контрольных грибов, особенно у окаймленного трутовика, у которого сплошная шапка мицелия достигала 6 см в высоту. Питательная среда в колбах с культурами дубовой губки использована не полностью, а у контрольных грибов — вся.

Перед окончанием опыта с разрушением древесины кубики были вынуты из колб, очищены от мицелия, высушены до постоянного веса и взвешены. По разнице в сухом весе образцов до и после опыта вычисляли процент потери веса, который служит критерием интенсивности разрушения древесины грибами [4]. Результаты опыта по разрушению древесины штаммами *Daedalea quercina*, *Coniophora cerebella*, *Fomes fomentarius* и *Fomes pinicola* приведены в табл. 1.

Дубовая губка разрушает древесину лиственных пород слабее, чем контрольные грибы, а хвойных — меньше, чем лиственных. Настоящий трутовик также мало поражает сосну и ель, тогда как пленчатый домовый гриб и окаймленный трутовик одинаково интенсивно разрушают древесину хвойных и лиственных пород [7], [8], [9]. Это можно объяснить тем, что дубовая губка и настоящий трутовик не произрастают на хвойных породах, а пленчатый домовый гриб и окаймленный трутовик встречаются на тех и других.

Из сопоставления средних потерь веса древесины от воздействия дубовой губки (средние по всем штаммам) и контрольных грибов (табл. 1) можно заключить, что наиболее сильно дубовая губка поражала березу, липу, осину и ольху, пленчатый домовый гриб — бук, ель, липу, клен, березу и сосну, настоящий трутовик — березу, осину, бук и клен. Несмотря на то, что дубовая губка поселяется преимущественно на мертвой дубовой древесине, она разрушает эту породу очень слабо. Устойчивость дуба мы констатировали и в отношении других грибов: *Ganoderma applanatum* (Wallr.) Pat., *Polyporus sulphureus* Fr., *Fomes fomentarius* (Fr.) Kichx., *Fomes pinicola* (Fr.) Ске., *Polyporus betulinus* Fr., *Polyporus versicolor* Fr., *Daedalea gibbosa* Fr. и др. [5] — [9].

Разрушающая способность отдельных штаммов *Daedalea quercina* в среднем по всем породам (табл. 1) различалась мало. Наибольшее

Таблица 1

Название грибов	Штаммы	Потери сухого веса древесины									средние арифметические по всем породам
		сосны	ель	дуба	бука	березы	осины	ольхи	липы	клена	
<i>Daedalea quercina</i>	1 (дуб)	13,3	23,5	23,4	37,4	60,8	62,4	44,3	60,1	54,0	42,1
	2 "	9,6	18,4	21,8	51,3	69,4	67,5	63,1	65,0	48,6	46,1
	3 "	10,7	34,6	17,1	35,6	48,0	40,2	40,5	47,9	39,3	34,9
	4 "	17,6	21,2	24,6	42,3	61,2	53,8	48,6	57,6	53,4	42,2
	5 "	29,0	39,3	28,2	50,2	56,8	40,2	49,1	50,5	41,0	42,7
	6 "	28,9	41,4	18,8	59,8	62,8	51,9	43,3	56,4	50,9	46,0
	7 "	12,6	27,1	14,2	49,6	66,6	62,7	56,8	64,9	48,2	44,7
	8 "	15,2	23,9	22,5	38,9	64,1	65,0	42,2	60,9	44,4	41,9
	9 "	5,8	33,4	14,6	52,7	59,2	54,0	48,5	61,8	50,8	42,3
	10 "	9,2	19,1	17,3	65,4	67,7	63,5	56,3	68,7	45,8	46,0
	11 "	18,5	28,4	22,6	65,1	72,0	64,6	53,0	74,0	53,6	50,2
	12 "	7,8	18,0	25,0	56,8	73,2	70,1	60,2	76,5	59,1	48,5
	13 "	15,6	32,1	23,2	65,9	70,0	70,6	58,7	67,8	53,8	50,8
	14 "	21,3	38,1	19,8	55,3	54,7	52,1	33,6	58,0	42,2	41,6
Среднее по всем штаммам		15,4	28,5	20,9	51,9	63,3	58,5	49,9	62,1	48,2	44,3
<i>Coniophora cerebella</i>	1 (сосна)	60,0	65,0	27,6	68,7	60,6	58,6	49,5	64,5	63,3	55,5
<i>Fomes fomentarius</i>	1 (дуб)	21,4	32,5	30,4	83,2	87,2	86,4	63,8	74,7	80,3	60,9
<i>Fomes pinicola</i>	1 "	61,4	68,0	24,7	64,7	76,8	59,0	61,5	72,1	62,3	61,1

действие на древесину оказывал гриб штаммов 13, 11 и 12, но все же меньшее, чем контрольные грибы, особенно *Fomes pinicola* и *Fomes fomentarius*.

Если учесть средние потери сухого веса древесины по всем штаммам дубовой губки и по всем породам, то можно сделать вывод, что этот гриб заметно уступает контрольным. Если же исключить сосну, ель и дуб, то получают следующие потери сухого веса древесины: *Daedalea quercina* — 55,6%; *Coniophora cerebella* — 60,9%; *Fomes pinicola* — 66,1%; *Fomes fomentarius* — 75,9%.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Д. А. Беленков, В. Н. Петри, И. П. Пермкин. Изучение стойкости против гниения древесины разных пород в лабораторных условиях и в зданиях. Труды Института биологии УФАН СССР, Свердловск, 1960. [2]. А. С. Бондарцев. Трутовые грибы европейской части СССР и Кавказа. Изд-во АН СССР, М.—Л., 1953. [3]. А. Т. Вакин. Грибные болезни и другие пороки дубрав. Гослестехиздат, М., 1932. [4]. С. И. Ванин. Методы исследования грибных болезней леса и повреждений древесины. Гослестехиздат, М.—Л., 1934. [5]. П. А. Суворов. Изучение некоторых биологических свойств штаммов *Ganoderma applanatum* (Wallr.) Pat. с различных древесных пород. Ученые записки Горьковского университета, вып. 1, 1959. [6]. П. А. Суворов. Биология серно-желтого трутовика (*Laetiporus sulphureus* (Bull.) Bond. et Sing.). Бюллетень МОИП, отд. биологический, т. LXVIII, вып. 5, 1963. [7]. П. А. Суворов. Изучение биологических свойств штаммов настоящего трутовика (*Fomes fomentarius* (Fr.) Kichx.) с разных древесных пород. Бюллетень МОИП, отд. биологический, т. LXXI, вып. 1, 1966. [8]. П. А. Суворов. Биология окаймленного трутовика (*Fomes pinicola* (Fr.) Scke). Бюллетень МОИП, отд. биологический, т. LXXII, вып. 6, 1967. [9]. П. А. Суворов. Дереворазрушающая способность ложного трутовика (*Fomes ignarius* (Fr.) Kichx.). Микология и фитопатология, т. I, вып. 6, 1967. [10]. U. Ammer. Über den Zusammenhang zwischen Holz-

feuchtigkeit und Holzzerstörung durch Pilze. Holz als Roh- und Werkstoff, 22, 1964. [11]. W. Bavendamm, H. Reichelt. Die Abhängigkeit des Wachstums holzzerstörender Pilze vom Wassergehalt des Nährsubstrates. Archiv Mikrobiologie, 9, 1938. [12]. D. E. Etheridge. A method for the study of decay resistance in wood under controlled moisture conditions. Canad. J. Bot., 35, 1957. [13]. L. O. Overholts. The Polyporaceae of United States, Alaska and Canada. University Michigan Press, Michigan, 1953. [14]. W. H. Snell. The relation of the moisture contents of wood to its decay. American Journ. of Botany, v. XVI, No. 5, 1929.

Поступила 21 мая 1968 г.

УДК 65.011.54 : 634.0.2

## ОБ ИСПЫТАНИЯХ МАШИНЫ «ДЯТЕЛ-1»

В. Ф. КУШЛЯЕВ, В. С. ЛАЗДАН

(ЛатНИИЛХП)

В летне-осенний период 1967 г. в Загорском опытно-механизированном лесхозе были проведены государственные испытания машин и механизмов для рубок ухода за лесом, в соответствии с программой, предложенной лабораторией лесохозяйственных машин ВНИИЛМа и утвержденной Гослескомитетом. Была испытана машина «Дятел-1» для комплексной механизации рубок ухода в молодняках, разработанная ЛатНИИЛХПом и спроектированная ЦПКБ «Союзгипролесхоза» (рис. 1).



Рис. 1

Лесохозяйственная машина «Дятел-1» предназначена для проведения прочисток и прореживаний в естественных насаждениях и куль-

турах, ухода за поле- и снегозащитными полосами, реконструкции малоценных насаждений и т. д.

Она состоит из колесного трактора «Беларусь» МТЗ-52, на котором монтируется навесное оборудование. Основными узлами навесного оборудования являются рама, колонна, стрела, захватно-срезающее устройство и устройство для формирования срезаемых деревьев в пачки (коник). Привод навесного оборудования гидравлический, с помощью гидроцилиндров. Нагнетание масла в гидроцилиндры производится шестеренчатым гидронасосом НШ-46. Для управления рабочими органами машины используется распределительное устройство Р75-6ПГ, состоящее из двух гидрораспределителей.

Для плавного изменения траектории движения стрелы применены два дросселя Г55-64 с регулятором и обратным клапаном. Часть узлов навесного оборудования заимствована от погрузчика ПГ-0,5Д.

Обслуживает машину «Дятел-1» один тракторист-оператор. Управление работой навесного оборудования осуществляется из кабины машины.

#### Техническая характеристика

Вылет стрелы	0,9—5,5 м
Максимальный диаметр срезаемого дерева (в плоскости среза)	18 см
Количество деревьев небольшого диаметра, последовательно срезаемых за один цикл	до 3—4 шт.
Продолжительность цикла	0,6—1,1 мин
Загрузка цикла	15—200 кг
Объем сформированных пачек	1,5—2,0 м <sup>3</sup>

На участках, отведенных под рубки ухода, через каждые 10 м провешивали визиры, служащие осями будущих технологических коридоров. Машина «Дятел-1», двигаясь по визиру, прорубала коридор шириной 2,0—2,5 м и производила выборочную рубку деревьев, подлежащих удалению, в пятиметровых полосах, прилегающих к технологическому коридору.

При прочистках тракторист-оператор сам в процессе работы определял деревья, которые следует вырубать, при прореживании деревьев в рубку заранее намечал мастер. Цикл работы машины складывался из захвата дерева, срезания, выноса из насаждения и формирования в пачки. Сформированные пачки укладывали на технологическом коридоре.

Для сравнения при прочистках исследовали работу рабочего, который вручную вырубал деревья, топорник выносил и укладывал в кучи на коридоре (волоке), а хворост — в кучи на ласеке; при прореживании — работу малой комплексной бригады, состоящей из вальщика (осуществлявшего валку пилой «Дружба») и двух рабочих (которые выносили дрова и хворост и укладывали их в кучи на коридоре).

Согласно принятой методике проведения испытаний, за время работы машины путем сплошного хронометража учитывали пооперационные затраты времени смены, расход горючего и объем выполненных работ. Определяли также количество и диаметр срезанных деревьев.

Показатели качества работы определяли на учетных площадках размером 5 × 5 м, закладываемых на каждых 0,20 га. Эксплуатационные и экономические показатели подсчитывали по методике государственных испытаний машин на машиноиспытательных станциях. Условия труда тракториста-оператора уточнял врач Пушкинской санитарно-гигиенической станции путем проведения физиологических исследований.

Испытания машины «Дятел-1» проводили в Алексеевском лесничестве Загорского лесхоза; прочистки в квартале 43, в выделе 7, состав 7Ос2Б1Д (7—14), ед. Ол, полнота 0,8—0,9 неравномерная, преобладающая порода Ос, II класс возраста, 11 лет. Осветление проведено в 1962 г.

Прореживание выполнено в квартале 66, выдел 11, состав 3Ол2Б3Ос2Е (20—30), ед. Е, Б (65). Преобладающая порода I яруса Ол, III класса возраста, 25 лет, средняя высота 12 м, полнота 0,9.

Результаты испытаний приведены в табл. 1, 2 и 3.

Экономия от применения одной машины «Дятел-1» в год составляет 600 руб.

Во время испытаний были устранены некоторые конструктивные недостатки машины: малая прочность отсекаателей захвата, кронштейна коника, ножа и др.

В результате испытаний Государственная комиссия отметила перспективность применения машины «Дятел-1» в культурах и естествен-

Таблица 1

Вариант рубки	Интенсивность изреживания		Средний диаметр, см	Производительность за 1 час сменного времени (срезание и укладка)		Количество рабочих
	%	м <sup>2</sup> /га		м <sup>2</sup> площади	скл. м <sup>3</sup>	
Прочистка	$\frac{47}{27}$	$\frac{34,8}{125,2}$	$\frac{5,4}{8,4}$	$\frac{100}{140}$	$\frac{0,34}{1,76}$	$\frac{\text{Один рабочий}}{\text{Тракторист-оператор}}$
Прореживание	$\frac{42}{50}$	$\frac{130,0}{318,0}$	$\frac{12,5}{10,5}$	$\frac{252}{124}$	$\frac{3,27}{3,92}$	$\frac{\text{Три человека с пилой „Дружба“}}{\text{Тракторист-оператор}}$

Примечание. В числителе данные, полученные при работе вручную; в знаменателе — машиной «Дятел-1».

Таблица 2

Вариант рубки	Затраты труда, чел.-час	
	на 1 га	на 1 скл. м <sup>3</sup>
Прочистка	$\frac{80,6}{71,4}$	$\frac{1,35}{0,57}$
Прореживание	$\frac{119,6}{80,6}$	$\frac{0,92}{0,26}$

Примечание. В числителе данные, полученные при работе вручную; в знаменателе — машиной «Дятел-1».

Таблица 3

Вариант рубки	Прямые эксплуатационные затраты, руб.	
	на 1 га	на 1 скл. м <sup>3</sup>
Прочистка	$\frac{51,5}{202,8}$	$\frac{0,86}{1,60}$
Прореживание	$\frac{217,1}{233,1}$	$\frac{1,68}{0,70}$

Примечание. В числителе данные, полученные при работе вручную; в знаменателе — машиной «Дятел-1».

ных насаждениях. «Дятел-1» позволяет полностью механизировать весь комплекс работ при рубках ухода в молодняках, улучшает санитарно-гигиенические условия работы, освобождает рабочих от тяжелого физического труда.

Поступила 2 июля 1968 г.

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 634.0.79

К ОБОСНОВАНИЮ ГОДОВОГО ГРУЗОБОРОТА  
ДЛЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ

М. М. КОРУНОВ, Ф. И. КУЗНЕЦОВ

(Уральский лесотехнический институт)

Вопрос об оптимальном годовом грузообороте лесозаготовительных предприятий актуален для работников проектных институтов и производственных объединений, особенно при освоении новых лесных массивов. Существующие рекомендации не имеют надежного технико-экономического обоснования, чем и объясняются теоретические искажения по выявлению параметров лесозаготовительных предприятий ([1], [2], [3], [5], [6] и др.). Большинство исследователей в своих работах исходят из условия минимальной стоимости перевозок древесины, но в уравнение стоимости вводят разные составляющие. В. А. Горбачевский при расчете учитывает только машинную и дорожную составляющие. Б. А. Ильин добавляет к ним расходы на строительство усов, Ю. Н. Венценов — на перебазирование погрузочных складов, а М. В. Плаксин — расходы на лесозаготовки.

Расходы по лесозаготовкам не зависят от площади лесного массива и объема производства, и их можно не учитывать. Они связаны преимущественно с составом, концентрацией древостоев и технологией производства. Перебазирование складов, во-первых, входит в круг деятельности малых комплексных бригад и, следовательно, влияет больше на себестоимость заготовки леса, а не вывозки. Во-вторых, современный погрузочный склад представляет собой простую эстакаду или несложную мачту, с помощью которых трелевочный трактор производит погрузку. В обоих случаях эти несложные сооружения могут быть переносными, и расходы на их перебазирование невелики.

Сеть усов в годичной лесосеке довольно внушительна и по данным И. И. Гаврилова составляет около 80% общей протяженности дорог, но во много раз дешевле последних.

С учетом сказанного стоимость перевозки леса можно выразить так:

$$Z = al_{cp} + \frac{C}{Q} \text{ руб./м}^3, \tag{а}$$

где  $l_{cp}$  — средняя дальность вывозки леса по массиву в целом (на расчетный год эксплуатации). Ее можно определить по Г. В. Ицикову

$$l_{cp} = \sqrt{F} + L_t, \tag{б}$$

- $F$  — площадь лесного массива, км<sup>2</sup>;
- $L_t$  — транзитный участок магистрали, км;
- $a$  — стоимость перевозки 1 м<sup>3</sup> · км древесины;
- $C$  — расходы на постройку (включая усы) и содержание дорог, отнесенные к одному году эксплуатации. В общем виде их можно выразить так:

$$C = \frac{C_1}{n} + L_3 \cdot C_2 \cdot \mu \text{ руб./год,} \quad (1)$$

здесь  $C_1$  — денежные расходы на строительство дорог и усов;  
 $C_2$  — стоимость постройки 1 км дорог, руб.;  
 $L_3$  — эксплуатационная длина дороги, км;  
 $n$  — срок эксплуатации предприятия, лет;  
 $\mu$  — расходы на ремонт и содержание дорог, % от стоимости постройки.

При подстановке формулы (б) в (а) получаем

$$Z = a(\sqrt{F} + L_t) + \frac{C}{Q} \text{ руб./м}^3. \quad (в)$$

Площадь лесного массива  $F$ , годовой грузооборот  $Q$  и срок работы предприятия  $n$  связаны между собой выражением

$$F = \frac{Qn}{100q} \text{ км}^2. \quad (2)$$

Подставляя значение  $F$  в формулу (в), получаем

$$Z = a\sqrt{\frac{n \cdot Q}{100 \cdot q}} + aL_t + \frac{C}{Q} \text{ руб./м}^3. \quad (г)$$

Берем частную производную полученной функции (г) по  $Q$

$$\frac{\partial Z}{\partial Q} = \frac{a\sqrt{\frac{n}{100q}}}{2\sqrt{Q}} - \frac{C}{Q^2} = 0,$$

откуда

$$Q = \sqrt[3]{\frac{400 \cdot q \cdot C^2}{n \cdot a^2}} \text{ м}^3/\text{год.} \quad (д)$$

Подставив сюда  $C$  (тыс. руб./год) и стоимость 1 м<sup>3</sup> км (коп.), получим окончательно

$$Q = 10 \sqrt[3]{\frac{4 \cdot q \cdot C^2}{n \cdot a^2}} \text{ тыс. м}^3/\text{год.} \quad (3)$$

При подстановке формулы (3) в уравнение (2) получим

$$F = 100 \left( \frac{2n \cdot C^2}{qa} \right)^{2/3} \text{ км}^2. \quad (4)$$

Для выяснения зависимости грузооборота от площади лесного массива (функцией которого дальность перевозок), а также марки лесовозов рассмотрим наиболее частый случай вывозки леса по гравийным дорогам летом и по снежно-ледяным — зимой. Транзитный участок везде принят равным нулю. На этом примере рассмотрен и порядок определения необходимых величин. Полученные данные сведены в табл. I.

Во все зависимости (1), (2), (3), (4) входит величина срока эксплуатации лесного массива, которой приходится задаваться. С достаточной для практики точностью можно считать, что срок эксплуатации по площади лесного массива (или общему запасу) изменяется в линейной зависимости от нуля до величины оборота рубки. Если продолжить прямую В. В. Щелкунова и Н. И. Скрипова [7, стр. 38], то она пересечет значение оборота рубки (110 лет) при общем запасе 30 млн. м<sup>3</sup>. В. В. Гурьев и др. [4] считают, что при невысоком запасе

Таблица 1

Показатели	Величина показателей при дальности перевозок, км			
	20	30	40	50
Площадь массива $F = l_{\text{ср}}^2$ , км <sup>2</sup> . . . . .	400	900	1600	2500
Дорожная сеть $L = \frac{F\eta}{l_{\text{в}}}$ , км . . . . .	88	198	352	550
в том числе магистраль $L_{\text{м}} = 1,3\sqrt{F}$				
из них зимняя 50% . . . . .	13	20	26	33
веток всего $L_{\text{в}} = L - L_{\text{м}}$ . . . . .	62	159	300	485
из них зимних 60% . . . . .	37	95	180	291
Среднегодовые расходы на постройку дорог и усов, тыс. руб.				
МАЗ . . . . .	61,6	59,5	58,5	57,9
КрАЗ . . . . .	85,0	82,5	80,8	79,9
Эксплуатационная длина $L_{\text{э}} = \beta l_{\text{ср}}$ . . . . .	34	45	52	55
из них веток $L_{\text{э}}/3$ . . . . .	11	15	17	18
Расходы на содержание дорог, тыс. руб.				
МАЗ . . . . .	87,2	115,0	133,2	140,9
КрАЗ . . . . .	102,9	135,9	157,3	166,7
Суммарные годовые расходы, тыс. руб.				
МАЗ . . . . .	148,8	164,6	191,7	198,8
КрАЗ . . . . .	187,9	218,4	238,1	246,6
Оптимальный грузооборот, тыс. м <sup>3</sup> /год, при $q = 100 \text{ м}^3/\text{га}$				
МАЗ . . . . .	248	222	214	197
КрАЗ . . . . .	318	294	270	251

Примечание.  $\eta$  — коэффициент развития (обычно 1,1);  $l_{\text{в}}$  — расстояние между ветками (принято 5 км);  $\beta$  — коэффициент пропорциональности.

на 1 га объемы лесозаготовок в постоянно действующих ЛПХ не будут превышать 200—250 тыс. м<sup>3</sup>. При принятом обороте рубок это даст 22—27,5 млн. м<sup>3</sup>. Итак, нормальным запасом лесного массива постоянно действующих предприятий следует считать 25—30 млн. м<sup>3</sup>. Задаться сроком эксплуатации нетрудно. Если, например, запас проектируемого предприятия 12 млн. м<sup>3</sup>, а оборот рубок 110 лет, то  $n = \frac{12}{20} \cdot 110 = 44$  года. Это справедливо для случая, когда сырьевая база осваивается одной лесовозной дорогой.

На рис. 1 представлены зависимости расходов по дорожной составляющей и оптимального грузооборота от дальности перевозок. Характер кривых, очевидно, останется неизменным и для других исходных данных.

Из табл. 1 следует, что тяжелым автомобилям соответствует больший грузооборот. Вместе с тем при использовании тяжелых автомобилей увеличивается дорожная составляющая транспортных расходов и, следовательно, капитальные затраты, однако они перекрываются экономией по машинной составляющей. Большим резервом снижения расходов по дорожной составляющей является широкое применение зимних дорог.

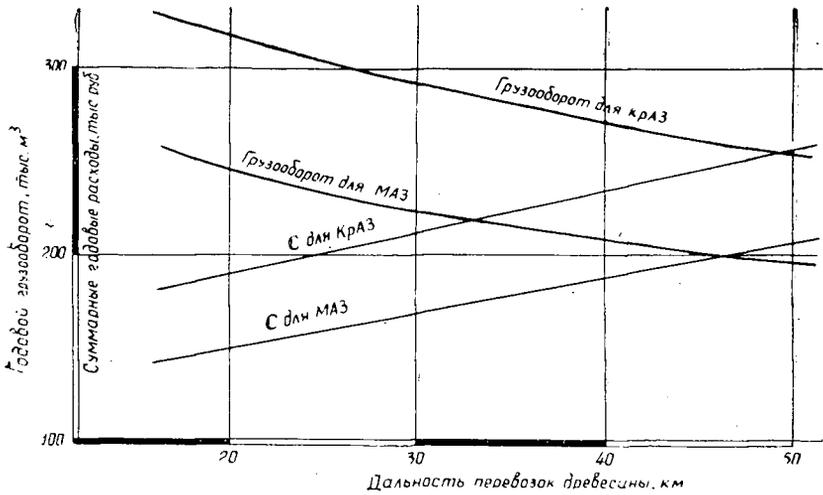


Рис. 1

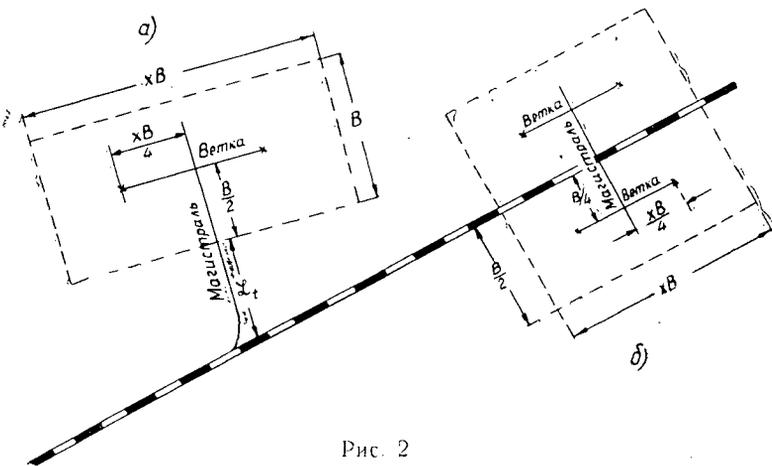


Рис. 2

Величина оптимального грузооборота заметно убывает с дальностью перевозок, хотя дорожная составляющая растет (рис. 1), а стоимость кубокилометра падает. Общий запас древесины больше в удаленных лесных массивах, поэтому с дальностью перевозок сроки действия лесозаготовительных предприятий удлиняются. Затраты на постройку дорог погашаются в больший срок, эффективность вывозки древесины обеспечивается при меньших грузооборотах. Кроме того, падение сменной производительности машин ведет к росту парка и, следовательно, усложнению управления производством. Именно поэтому в рекомендациях Гипролестранса ограничена глубина лесного массива.

Формула (4) позволяет определять оптимальную площадь лесного массива. Наивыгоднейшим вариантом будет такой, при котором отгрузочный склад находится в центре тяжести лесного массива. Это встречается нечасто, главным образом, во вновь осваиваемых райо-

нах. Оптимальной фигурой в таких случаях будет квадрат. Из рис. 2, б следует

$$l_{\text{ср}} = \frac{B}{4} + \frac{xB}{4}; \quad B = \sqrt{\frac{F}{x}},$$

поэтому

$$l_{\text{ср}} = \frac{\sqrt{F}}{4\sqrt{x}} + \frac{\sqrt{Fx}}{4}.$$

Решая задачу на минимум средней дальности перевозок, имеем

$$\frac{dl_{\text{ср}}}{dx} = -\frac{\sqrt{F}}{8\sqrt{x^3}} + \frac{\sqrt{F}}{8\sqrt{x}},$$

откуда  $x = 1$ .

Когда массив не пересекается магистралью общего пользования (или грузосборочной) — рис. 2, а — средняя дальность вывозки

$$l_{\text{ср}} = \frac{xB}{4} + \frac{B}{2} + L_t;$$

или

$$l_{\text{ср}} = \frac{\sqrt{Fx}}{4} + \frac{\sqrt{F}}{2\sqrt{x}} + L_t.$$

Решая эту задачу аналогично, имеем

$$\frac{dl_{\text{ср}}}{dx} = \frac{\sqrt{F}}{8\sqrt{x}} - \frac{\sqrt{F}}{4\sqrt{x^3}},$$

откуда  $x = 2$ .

Если, например,  $F = 1150 \text{ км}^2$ , то в случае, указанном на рис. 2, а, получим  $2B^2 = 1150$ ;  $B = \sqrt{1150/2} = 24 \text{ км}$ . Ширина массива 48 км. В случае, изображенном на рис. 2 б,  $B = \sqrt{1150} = 34 \text{ км}$  (по 17 км в каждую сторону), ширина—34 км.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ю. Н. Венценосцев. Основы теории лесопромышленных производств. М., 1966. [2]. В. И. Гарузов. Экономические основы транспорта леса. М., 1965. [3]. В. А. Горбачевский и др. Анализ экономической эффективности лесовозных автопоездов. Труды ЦНИИМЭ, вып. 62, Химки, 1965. [4]. В. В. Гурьев и др. Основы и пути организации постоянно действующих лесозаготовительных предприятий. М., 1964. [5]. Б. А. Ильин. Теория проектирования лесовозных дорог. Л., 1963. [6]. Б. А. Ильин. Обоснование параметров и размещение путей лесотранспорта. М., 1965. [7]. В. В. Щелкунов, Н. И. Скрипов. Эффективность применения различных типов лесовозных дорог. М., 1963.

Поступила 20 сентября 1968 г.

УДК 634.0.378

## К ВОПРОСУ О РАСЧЕТЕ БЕРЕГОВЫХ АНКЕРНЫХ ОПОР

Г. А. МАНУХИН, В. Я. ХАРИТОНОВ, В. Г. ТАСКАЕВ

(Архангельский лесотехнический институт)

В практике проектирования береговых стенчатых опор запаней для определения высоты опорной стенки пользуются формулой

$$h = \sqrt{\frac{mP_r}{0,25\gamma\lambda_n(l-a)}}, \quad (1)$$

где  $m$  — коэффициент запаса;

$P_r$  — горизонтальная нагрузка на опору;

$\gamma$  — объемный вес грунта;

$l$  — длина анкера;

$a$  — ширина продольной траншеи;

$\lambda_n$  — коэффициент пассивного отпора грунта.

Для вывода зависимости (1) послужила формула определения пассивного отпора грунта  $E_n$  подпорной стенке, согласно теории сыпучих тел (Кулона)

$$E_n = \gamma \frac{h^2}{2} \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right), \quad (2)$$

( $\varphi$  — угол внутреннего трения грунта) при следующих предположениях: опорная стенка воздействует на грунт на неограниченной длине; грани призмы выпирания плоские; в момент выпирания призма находится в состоянии предельного равновесия; поверхность грунта горизонтальная; стенка вертикальная; между опорной стенкой и грунтом силы трения отсутствуют; грунт — сыпучее тело без наличия сил сцепления; при выводе зависимости (1) принято  $0,5 E_n$ , так как эпюра отпора грунта принимается треугольной по длине стенки [1, стр. 33]

$$E_n^0 = 0,25 \gamma h^2 \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right). \quad (2a)$$

*Характер эпюры пассивного отпора грунта на стенку*

Основанием для принятия треугольной эпюры пассивного отпора при выводе формулы (1) послужила теория расчета балок на сплошном упругом основании, согласно которой в балке, имеющей длину в две полуволны упругой линии и лежащей на упругом основании, с сосредоточенной нагрузкой в середине, возникают напряжения, форма эпюры которых приближается к треугольной с максимумом в середине. Однако в частном случае расчета береговых опор и анкеров ограниченной длины нельзя принять такой характер напряжений.

Применяемая длина анкеров обычно меньше длины двух полуволн упругой линии и, как показывают расчеты, при удовлетворении

всем условиям теории расчета балок на упругом основании, эпюра имеет вид сдвоенных трапеций.

Наличие траншеи для прокладки троса увеличивает напряжения в грунте у боковых ее стенок. Это ведет к местным пластическим деформациям, которые вызывают перераспределение напряжений по длине анкера, и форма эпюры напряжений будет приближаться к прямоугольной. А так как центры приложения внешней нагрузки и равнодействующей пассивного отпора совпадают, то в «работе» будет участвовать весь грунт по длине анкера.

Поэтому в дальнейших выводах предполагается, что форма призмы выпирания прямоугольная в плане.

*Учет плоскостей среза в призме выпирания*

Формула (2) пассивного отпора грунта предусматривает отпор на единицу длины подпорной стенки, независимо от общей ее длины, из условия равновесия сил отпора, веса призмы выпирания и реакции выпирания, действующей по одной плоскости, наклонной под некоторым углом  $\Theta$ , который больше угла внутреннего трения  $\varphi$  (рис. 1). Такое рассуждение логично в случае подпорной стенки бесконечной длины, для анкерной опоры призма выпирания ограничена не двумя плоскостями (поверхности грунта и наклонной под углом  $\Theta$ ), а четырьмя (не считая опорной стенки), то есть должны быть учтены силы сдвига грунта, возникающие по боковым плоскостям, отсекающим призму выпирания из общего грунтового массива (рис. 1).

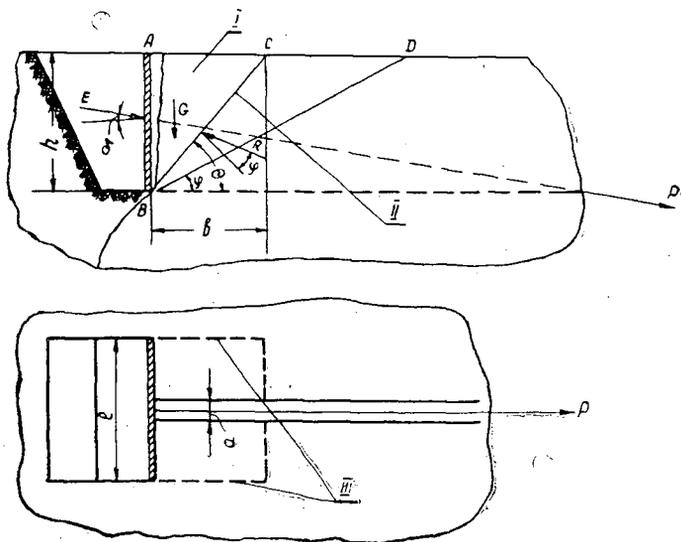


Рис. 1. Схема анкерной опоры.

*I* — призма выпирания; *II* — плоскость выпирания; *III* — плоскость сдвига; *E* — реакции стенки пассивному отпору; *G* — вес призмы грунта; *K* — реакция грунта.

Для упрощения будем считать эти плоскости параллельными направлению силы отпора, вертикальными и проходящими через концы анкера.

Сила сопротивления сдвигу определяется по формуле

$$T = N \cdot f + c \cdot F, \tag{3}$$

где  $N$  — сила нормального давления. В нашем случае будем считать силу  $N$  равной силе активного отпора грунта  $E_a$  на площадке  $F$ . В общем случае

$$E'_a = \frac{\gamma}{2} h^2 \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \quad (\text{на единицу длины});$$

$f$  — коэффициент трения грунта,  $f = \operatorname{tg} \varphi$ ;

$c$  — удельное сопротивление сдвигу от сцепления;

$F$  — площадь поверхности сдвига. Для частного случая с вертикальной опорной стенкой и горизонтальной поверхностью грунта

$$F = \frac{1}{2} h^2 \operatorname{tg} \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right). \quad (4)$$

Высота  $h$  для вычисления  $E_a$  изменяется по длине призмы выпирания  $b$  и общая величина  $E_a$  определится как сумма  $E_a$  по длине  $b$  из дифференциального уравнения

$$dE_a = E'_a \cdot db,$$

где  $b = h \operatorname{tg} \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$ .

Обозначив  $h = x$ , получим

$$dE_a = \frac{\gamma}{2} x^2 \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \operatorname{tg} \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) dx.$$

Интегрируя это уравнение, находим

$$E_a = N = \int_0^h \frac{\gamma}{2} \operatorname{tg}^3 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) x^2 dx = \frac{\gamma h^3}{6} \operatorname{tg}^3 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right). \quad (5)$$

Сила сдвига по одной плоскости

$$T = \frac{h^2}{2} \operatorname{tg} \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \left[ \frac{\gamma}{3} h \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \operatorname{tg} \varphi + c \right]. \quad (6)$$

Силы  $T$  и  $E_n$  совпадают по направлению.

*Учет трения между опорной стенкой и грунтом*

Формула пассивного отпора грунта с учетом сил трения стенки о грунт\*

$$E_n = M \cdot \gamma \cdot \frac{h^2}{2} (l - a), \quad (7)$$

где  $M = \frac{\cos^2(\varphi + \varepsilon)}{\cos^2 \varepsilon \cdot \sin \psi} \cdot \frac{1}{(1 - \sqrt{Z})^2}$ ;

$$Z = \frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi - \alpha)}{\sin \psi \cdot \cos(\alpha + \varepsilon)}; \quad \psi = 90^\circ - \varepsilon + \delta.$$

Обозначения углов, см. на рис. 1.

Для нашего случая, когда стенка вертикальная ( $\varepsilon = 0$ ) и поверхность грунта горизонтальная ( $\alpha = 0$ ),

$$M_1 = \frac{\cos^2 \varphi}{\cos \delta (1 - \sqrt{Z})^2}; \quad Z_1 = \frac{\sin(\varphi + \delta) \sin \varphi}{\cos \delta}.$$

\* Справочник проектировщика. Госстройиздат, 1964.

Учет сцепления грунта по плоскости выпирания

Пассивный отпор с учетом сил сцепления для подпорной стенки определяется формулой (на единицу длины подпорной стенки) [2]

$$E_n = M_1 \frac{\gamma h^2}{2} + 2c \cdot h \cdot \text{tg} \left( 45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right). \quad (8)$$

Второй член формулы (8) учитывает силы сцепления при угле  $\theta = 45^\circ + \frac{\varphi}{2}$ .

Остальные положения и допущения, принятые для вывода зависимостей (1) и (2), в данном анализе не рассматриваются и полностью сохраняются.

Таким образом, формула для определения максимальной предельной силы отпора грунта с учетом плоскостей сдвига будет иметь вид

$$E_n^m = E_n + 2T = \left[ M_1 \frac{\gamma h^2}{2} + 2c \cdot h \text{tg} \left( 45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) \right] (l - a) + 2 \frac{h^2}{2} \text{tg} \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \left[ \frac{\gamma}{3} h \text{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \text{tg} \varphi + c \right].$$

Заменяя

$$\text{tg}^2 \left( 45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) = \lambda_n;$$

$$\text{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) = \lambda_a,$$

после преобразований получим

$$E_n^m = \frac{\gamma}{3} \lambda_a \sqrt{\lambda_a} \text{tg} \varphi \cdot h^3 + \left[ M_1 \frac{\gamma}{2} (l - a) + c \sqrt{\lambda_a} \right] h^2 + 2c (l - a) \sqrt{\lambda_n} h. \quad (9)$$

Чтобы определить высоту стенки, формулу (9) приводят к кубическому уравнению, которое решается способом приближений.

Для сравнения вычислим пассивный отпад по формулам (2а) и (9) при  $h = 1,2 \text{ м}$ ;  $l = 4 \text{ м}$ ;  $a = 0,9 \text{ м}$  для грунтов двух видов: песка при  $\gamma = 1,54 \text{ т/м}^3$ ;  $\varphi = 37^\circ$  и суглинка при  $\gamma = 1,8 \text{ т/м}^3$ ;  $\varphi = 30^\circ$ . Расчеты выполним для двух углов трения грунта о подпорную станку  $\delta = 0^\circ$  и  $\delta = 20^\circ$  (табл. 1). Из таблицы видно, что применяемая сейчас в практике проектирования формула (2а) занижает несущую способность опор, особенно при повышении угла трения грунта о стенку. Следовательно, имеется большой резерв для увеличения несущей способности береговых анкерных опор.

Таблица 1

Грунт	$\delta,^\circ$	Величина пассивного отпора, вычисленная по формулам	
		(9)	(2а)
Песок . . .	0	13,94	6,92
	20	21,50	6,92
Суглинок .	0	13,83	6,02
	20	30,3	6,02

В АЛТИ проведены натурные исследования работы анкерной опоры на песке ( $\gamma = 1,54 \text{ т/м}^3$ ;  $\varphi = 37^\circ$ ). Они показали, что предлагаемая зависимость (9) более точно отражает несущую способность опоры, чем это принято считать (2а).

Анализ формулы (9) показывает, что первое слагаемое не оказывает существенного влияния на общий результат, поэтому для практических расчетов им можно пренебречь, и формула примет вид

$$E_n = \left[ \frac{\gamma}{2} M_1 (l - a) + c \sqrt{\lambda_a} \right] h^2 + 2c \sqrt{\lambda_n} (l - a) h. \quad (10)$$

Для определения высоты стенки  $h$  в зависимости от нагрузки  $P$  можно пользоваться формулой

$$h = \frac{\sqrt{B^2 + 4A \cdot C} - B}{2A}, \quad (11)$$

где  $A = \frac{\gamma}{2} M_1 (l - a) + c \sqrt{\lambda_a}$ ;

$$B = 2c \sqrt{\lambda_n} (l - a);$$

$$C = m \cdot P = E_n^m.$$

#### Выводы

1. Существующая методика расчета анкерных опор недостаточно точно отражает сущность их работы. Опору, при предельной нагрузке на нее, нужно рассчитывать с учетом всех сил сопротивления, препятствующих ее сдвигу. Проведенные исследования позволяют рекомендовать формулу (9) для расчетов.

2. При конструировании анкерных опор необходимо предусматривать максимально возможную жесткость анкера.

3. При проектировании и строительстве береговых опор следует стремиться к увеличению сил трения между опорной стенкой и грунтом.

УДК 625.11

## РАСЧЕТ УЗКОКОЛЕЙНОГО РЕЛЬСОВОГО ПУТИ С УЧЕТОМ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ СИЛОВЫХ ФАКТОРОВ

**Б. И. КУВАЛДИН**

(Московский лесотехнический институт)

При расчете рельсового пути все большее внимание уделяется учету дополнительных силовых факторов: сил неупругого сопротивления, массы пути, продольных температурных сил и распределяющих свойств рельсового основания. Необходимо произвести оценку влияния этих факторов также для узкоколейного пути, так как обычно применяемый расчет не дает возможности учитывать влияние скорости перемещения подвижной нагрузки на прочность пути и величину его деформаций. Для отчетливого представления о погрешностях, связанных с применением упрощающих гипотез, необходимо установить влияние указанных выше силовых факторов и целесообразность количественного учета того или иного фактора при дальнейших исследованиях. Учет этих факторов усложняет расчет, поэтому автор сделал попытку его упрощения.

Рассмотрим условия, определяющие изгиб рельсового пути под воздействием одиночной вертикальной нагрузки  $P$ , кг, движущейся с постоянной скоростью  $v$ , см/сек. Обозначим поперечную силу через  $Q$ , кг, модуль упругости рельсового основания  $U$ , кг/см<sup>2</sup>, погонную массу пути  $m_0$ , кг·сек<sup>2</sup>/см<sup>2</sup>, величину продольной силы  $H = \pm H_0 - T$ , кг, величину параметра, характеризующего неупругое сопротивление, пропорциональное скорости вертикального перемещения балки,

$f$ ,  $\kappa\Gamma \cdot \text{сек}/\text{см}^2$ . При этом  $H_0$  — продольная температурная сила, а  $T$  — параметр, характеризующий распределяющие свойства основания. Как показал Г. М. Шахуняц [1], [2], дифференциальное уравнение прогиба балки при принятых условиях имеет вид

$$\frac{\partial^4 y}{\partial x^4} + \frac{m_0 v^2 \pm H}{EI} \cdot \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} - \frac{fv}{EI} \cdot \frac{\partial y}{\partial x} + \frac{U}{EI} y = 0. \quad (1)$$

Характеристическое уравнение

$$r^4 + \frac{(m_0 v^2 \pm H)}{EI} \cdot r^2 - \frac{fv}{EI} r + \frac{U}{EI} = 0. \quad (2)$$

В связи с тем, что коэффициент при  $r^3$  равен нулю, из формул Виета получаем условие:  $r_1 + r_2 + r_3 + r_4 = 0$ , из которого следует, что все корни действительными быть не могут. Случай, когда два корня действительные, а два комплексные, приводит к решению, противоречащему наблюдениям.

При четырех комплексных корнях ( $r_{1,2} = K \pm in_1$ ;  $r_{3,4} = -K \pm in_2$ ) уравнение (2) сводится к кубическому

$$(r - r_1)(r - r_2)(r - r_3)(r - r_4) = 0.$$

После подстановки четырех значений корней имеем

$$\begin{aligned} [(r - K)^2 + n_1^2] [(r + K)^2 + n_2^2] = r^4 + r^2(n_1^2 - 2K^2 + n_2^2) + \\ + 2K(n_1^2 - n_2^2)r + (K^2 + n_1^2)(K^2 + n_2^2) = 0. \end{aligned} \quad (3)$$

Приравняв коэффициенты при одинаковых степенях  $r$  в уравнениях (2) и (3), можно получить

$$n_1^2 + n_2^2 - 2K^2 = \frac{m_0 v^2 \pm H}{EI}; \quad (4a)$$

$$2K(n_2^2 - n_1^2) = \frac{fv}{EI}; \quad (4b)$$

$$(K^2 + n_1^2)(K^2 + n_2^2) = \frac{U}{EI}. \quad (4в)$$

Из указанных уравнений после преобразований находим формулы для определения  $n_1$ ;  $n_2$  и  $K$

$$n_1^2 = K^2 + \frac{m_0 v^2 \pm H}{2EI} - \frac{fv}{4EIK}; \quad (5a)$$

$$n_2^2 = K^2 + \frac{m_0 v^2 \pm H}{2EI} + \frac{fv}{4EIK}; \quad (5b)$$

$$\left(2K^2 + \frac{m_0 v^2 \pm H}{2EI}\right)^2 - \frac{f^2 v^2}{16E^2 I^2 K^2} = \frac{U}{EI}. \quad (5в)$$

В данном случае мы имеем не один параметр  $K_0 = \sqrt[4]{\frac{U}{4EI}}$ , характеризующий конструкцию балки и ее основания при обычном расчете, а три ( $K$ ,  $n_1$  и  $n_2$ ). Величину параметра  $K$  определяют из уравнения (5в), которое является кубическим по отношению к  $K^2$ . После нахождения корней характеристического уравнения общий интеграл уравнения (1) имеет вид

$$y = e^{kx} (C_1 \cos n_1 x + C_2 \sin n_1 x) + e^{-kx} (C_3 \cos n_2 x + C_4 \sin n_2 x). \quad (6)$$

В сечении под нагрузкой при  $x = 0$  условия сопряжений левой и правой ветвей кривой изгиба балки будут следующими:

$$\left. \begin{aligned} y_{+x} &= y_{-x}; & y'_{+x} &= y'_{-x}; \\ y''_{+x} &= y''_{-x}; & y'''_{+x} - y'''_{-x} &= \frac{Q}{EI}; & M_{+x} &= M_{-x} \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

при  $x \rightarrow \pm \infty$ ,  $y \rightarrow 0$  и, следовательно,

$$y_{+x} = e^{-kx} (C_3 \cos n_2 x + C_4 \sin n_1 x); \quad (8a)$$

$$y_{-x} = e^{kx} (C_1 \cos n_1 x + C_2 \sin n_1 x). \quad (8b)$$

Приравнивая значения  $y_{+x}$  и  $y_{-x}$  при  $x = 0$ , получим  $C_3 = C_1$ . По физическому смыслу решения константы  $C_1$  и  $C_3$  дают величину прогиба балки под действующим усилием, который обозначим  $y_0$ . Следовательно,  $C_3 = C_1 = y_0$ . Значения первых производных для уравнений прогибов равны

$$y'_{+x} = e^{-kx} [(n_2 C_4 - K C_3) \cos n_2 x - (n_2 C_3 + K C_4) \sin n_2 x]; \quad (9a)$$

$$y'_{-x} = e^{kx} [(K C_1 + n_1 C_2) \cos n_1 x + (K C_2 - n_1 C_1) \sin n_1 x. \quad (9b)$$

При  $x = 0$

$$y'_{+x} = -(K y_0 - n_2 C_4); \quad y'_{-x} = K y_0 - n_1 C_2.$$

Приравняв полученные значения, можно найти соотношение между константами интегрирования  $C_4$  и  $C_2$

$$-K y_0 + n_2 C_4 = K y_0 + n_1 C_2; \quad C_4 = \frac{2K}{n_2} y_0 + \frac{n_1}{n_2} C_2.$$

Кроме того, можно найти, что при  $x = 0$

$$y'_{+x} = y'_{-x} = \operatorname{tg}(\pi - \alpha) = -\frac{n_2^2 - n_1^2}{4K} y_0, \quad (10)$$

так как  $(n_2^2 - n_1^2) > 0$ , то первая производная всегда отрицательна, а угол не равен нулю. Обозначим

$$m = \frac{n_2^2 - n_1^2}{4K} \text{ см}^{-1}, \quad (11)$$

тогда

$$\operatorname{tg}(\pi - \alpha) = -m y_0; \quad (12)$$

параметр  $m$  характеризует угол наклона касательной и имеет ту же размерность, что и  $K$ ,  $n_1$  и  $n_2$ . Вторые производные равны

$$\begin{aligned} y''_{+x} &= e^{-kx} [(K^2 - n_2^2) C_3 - 2K n_2 C_4] \cos n_2 x + \\ &+ e^{-kx} [(K^2 - n_2^2) C_4 + 2K n_2 C_3] \sin n_2 x; \end{aligned} \quad (13a)$$

$$\begin{aligned} y''_{-x} &= e^{kx} [(K^2 - n_1^2) C_1 + 2K n_1 C_2] \cos n_1 x + \\ &+ e^{kx} [(K^2 - n_1^2) C_2 - 2K n_1 C_1] \sin n_1 x. \end{aligned} \quad (13b)$$

При  $x = 0$

$$y''_{+x} = (K^2 - n_2^2) C_3 - 2K n_2 C_4; \quad y''_{-x} = (K^2 - n_1^2) C_1 + 2K n_1 C_2.$$

Приравниваем полученные значения  $y''_{+x}$  и  $y''_{-x}$

$$\left. \begin{aligned} (K^2 - n_2^2) y_0 - 2K n_2 C_4 &= (K^2 - n_1^2) y_0 + 2K n_1 C_2 \\ n_1 C_2 + n_2 C_4 &= \frac{n_2^2 - n_1^2}{2K} y_0 \\ C_2 &= -\left(\frac{n_2^2 - n_1^2}{4K n_1} + \frac{K}{n_1}\right) y_0 = -\frac{m + K}{n_1} y_0. \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

Подставим полученное значение в формулу для  $C_4$

$$C_4 = \frac{2K}{n_2} y_0 + \frac{n_1}{n_2} \left( \frac{n_1^2 - n_2^2}{4Kn_1} - \frac{K}{n_1} \right) y_0 = \frac{K-m}{n_2} y_0. \quad (15)$$

Таким образом получены все значения констант интегрирования

$$C_1 = C_3 = y_0; \quad C_2 = -\frac{m+K}{n_1} y_0; \quad C_4 = \frac{K-m}{n_2} y_0.$$

Подставим приведенные значения в уравнение изгиба балки

$$y_{+x} = e^{-kx} \left( \cos n_2 x + \frac{K-m}{n_2} \sin n_2 x \right) y_0; \quad (16a)$$

$$y_{-x} = e^{kx} \left( \cos n_1 x - \frac{K+m}{n_1} \sin n_1 x \right) y_0. \quad (16b)$$

При  $x = 0$  значения прогибов для обеих ветвей совпадают

$$y_{+x} = y_{-x} = y_0.$$

Вторые производные равны:

$$y''_{+x} = y_0 e^{-kx} \left[ (2mK - n_2^2 - K^2) \cos n_2 x + \frac{K^3 - mK^2 + n_2^2 K + n_2^2 m}{n_2} \sin n_2 x \right]; \quad (17a)$$

$$y''_{-x} = y_0 e^{kx} \left[ -(2mK + n_1^2 - K^2) \cos n_1 x + \frac{n_1^2 m - n_1^2 K^2 - K^2 m - K^3}{n_1} \sin n_1 x \right]. \quad (17b)$$

При  $x = 0$

$$\left. \begin{aligned} y''_{-x=0} = y''_{-x} = y_0 (2mK - n_2^2 - K^2) &= -(2mK + n_1^2 + K) y_0 \\ y''_{x=0} &= -\frac{n_2^2 + n_1^2 + 2K^2}{2} y_0. \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

Используя формулу (4a), можно получить

$$y''_{x=0} = -\left( 2K^2 + \frac{m_0 v^2 \pm H}{2EI} \right) y_0. \quad (19)$$

Находим третьи производные

$$y'''_{+x} = y_0 e^{-kx} \left[ \frac{mK^3 - K^4 + n_2^2 - 3mKn_2^2}{n_2} \sin n_2 x + (2K^3 - 3mK^2 + 2m^2 K + n_2^2 m) \cos n_2 x \right]. \quad (20a)$$

При  $x = 0$ .

$$\left. \begin{aligned} y'''_{+x} &= (2K^3 - 3mK^2 + 2n_2^2 K + n_2^2 m) y_0 \\ y'''_{-x} &= y_0 e^{kx} \left[ \frac{3n_1^2 m K + K^4 - n_1^4 - K^3 m}{n_1} \sin n_1 x - (2K^3 + 3mK^2 + 2n_1^2 K - n_1^2 m) \cos n_1 x \right]. \end{aligned} \right\} \quad (20b)$$

При  $x = 0$

$$\left. \begin{aligned} y''_{-x} &= -(2K^3 + 3mK^2 + 2n_1^2K - mn_1^2) y_0 \\ y''_{+x} - y''_{-x} &= [4K^3 + 2K(n_2^2 + n_1^2) + 4Km^2] y_0. \end{aligned} \right\} \quad (21)$$

здесь

$$4K^3 + 2K(n_2^2 + n_1^2) + 4Km^2 = 8K^3 + \frac{2(mv^2 \pm H)K}{EI} + \frac{f^2v^2}{16E^2l^2K^2}. \quad (22)$$

Значение  $y_0$  определяется из четвертого условия сопряжения

$$y_0 = \frac{P}{EI[4K^3 + 2K(n_2^2 + n_1^2) + 4Km^2]}. \quad (23)$$

Сделаем подстановку из формулы (22), имеем

$$y_{x=0} = \frac{P}{EI \left[ 8K^3 + \frac{2(mv^2 \pm H)}{EI} + \frac{f^2v^2}{16E^2l^2K^2} \right]}. \quad (24)$$

В данном случае величина  $y_0$  зависит от скорости движения и с увеличением скорости  $v$  прогиб уменьшается. Это обстоятельство при значительных скоростях подтверждается экспериментально.

Подставляя значение  $y_0$  в уравнения (16), окончательно получаем формулы для вертикальных перемещений рельсов

$$y_{+x} = \frac{Pe^{-kx} \left( \cos n_2 x + \frac{K-m}{n_2} \sin n_2 x \right)}{EI[4K^3 + 2K(n_2^2 + n_1^2) + 4Km^2]}; \quad (25a)$$

$$y_{-x} = \frac{Pe^{kx} \left( \cos n_1 x - \frac{K+m}{n_1} \sin n_1 x \right)}{EI[4K^3 + 2K(n_2^2 + n_1^2) + 4Km^2]}. \quad (25b)$$

Обозначим

$$\eta_1 = e^{kx} \left( \cos n_1 x - \frac{K+m}{n_1} \sin n_1 x \right); \quad \eta_2 = e^{-kx} \left( \cos n_2 x + \frac{K-m}{n_2} \sin n_2 x \right). \quad (26)$$

Формулы для давлений на шпалу, балласт и земляное полотно являются производными от формулы (25) и здесь не приводятся.

Как показывает наклон касательной к линии изгиба балки при  $x = 0$ , максимальный прогиб в данном случае будет в зоне отрицательных значений  $x$ . Обозначим через  $\lambda$  расстояние от вертикального усилия до максимального прогиба.

Наибольшее значение прогиба определяется из условия  $(y'_{-x}) = 0$ , при этом  $x = \lambda$ .

$$\left. \begin{aligned} y_0 e^{kx} \left( -m \cos n_1 \lambda - \frac{n_1^2 + K^2 + Km}{n_1} \sin n_1 \lambda \right) &= 0 \\ -m \cos n_1 \lambda &= \frac{n_1^2 + K^2 + Km}{n_1} \sin n_1 \lambda; \\ \lambda &= -\frac{1}{n_1} \operatorname{arctg} \frac{(n_2^2 - n_1^2) n_1}{K(3n_1^2 + n_2^2 + 4K^2)}. \end{aligned} \right\} \quad (27)$$

Протяжение зоны положительных прогибов впереди движущегося вертикального усилия и позади подвижной нагрузки не равны.

Расстояние от начала координат до первой точки пересечения линии прогибов с осью  $x$  в зоне их положительных значений обозначим  $x_1$ . Оно определяется из условия  $y_{+x} = 0$ .

Из уравнений (25) следует

$$\cos n_2 x_1 - \frac{m-K}{n_2} \sin n_2 x = 0,$$

следовательно,

$$x_1 = \frac{1}{n_2} \operatorname{arctg} \frac{n_2}{m-K}. \quad (28a)$$

Аналогично определится расстояние до первого пересечения линии прогибов с отрицательным направлением оси  $x$

$$x_2 = \frac{1}{n_1} \operatorname{arctg} \frac{n_1}{m+K}. \quad (28b)$$

Расстояния от сечения с наибольшим прогибом будут соответственно равны  $x_1 + \lambda$  и  $x_2 - \lambda$ .

Определим величину изгибающего момента

$$M = -EIy''.$$

Для зоны положительных значений  $x$  имеем

$$M_{+x} = \frac{P\mu_2}{4K^3 + 2K(n_2^2 + n_1^2) + 4Km^2}; \quad (29a)$$

для зоны отрицательных значений  $x$

$$M_{-x} = \frac{P\mu_1}{4K^3 + 2K(n_2^2 + n_1^2) + 4Km^2}. \quad (29b)$$

Функции, характеризующие изменение величины изгибающего момента в зависимости от расстояний  $x_1$ , в данном случае имеют вид

$$\begin{aligned} \mu_1 = e^{kx} & \left[ (n_1^2 + K^2 + 2mK) \cos n_1 x + \right. \\ & \left. + \frac{(K^3 + K^2 m + Kn_1^2 - mn_1^2)}{n_1} \sin n_1 x \right]; \end{aligned} \quad (30a)$$

$$\begin{aligned} \mu_2 = e^{-kx} & \left[ (n_2^2 + K^2 - 2mK) \cos n_2 x - \right. \\ & \left. - \frac{(K^3 - mK^2 + n_2^2 K + n_2^2 m)}{n_2} \sin n_2 x \right]. \end{aligned} \quad (30b)$$

То обстоятельство, что величина функций  $\eta_1$ ;  $\eta_2$ ;  $\mu_1$ ;  $\mu_2$  зависит не только от произведений  $n_1 x$  и  $n_2 x$ , но и от величины трех параметров и расстояния  $x$ , существенно осложняет практические расчеты.

В сечении под вертикальной подвижной нагрузкой при  $x = 0$

$$M_{x=0} = \frac{P(n_2^2 + n_1^2 + 2K^2)}{[8K^3 + 4K(n_2^2 + n_1^2) + 8Km^2]}. \quad (31a)$$

При  $m_0 = 0$ ;  $H = 0$ ;  $f = 0$  имеем  $n_1 = n_2 = K$ ;  $m = 0$ ;  $M_{x=0} = \frac{P4K^2}{16K^3} = \frac{P}{4K}$ , то есть в этом случае формула (29) принимает тот же вид, что и при обычном расчете. Используя формулы (4a), (22), можно получить

$$M_{x=0} = \frac{P(2K^2 + \frac{m_0 v^2 \pm H}{EI})}{\left[ 8K^3 + \frac{2(m_0 v^2 \pm H)K}{EI} + \frac{f^2 v^2}{16E^2 I^2 K^3} \right]}. \quad (31b)$$

Для того чтобы оценить влияние вновь учитываемых силовых факторов на конечные результаты расчета, приводим пример расчета узкоколейного рельсового пути по полученным выше формулам. Были определены значения параметров  $K_1$ ;  $n_1$ ;  $n_2$ ;  $m$  для различных значений продольного горизонтального усилия и других факторов, значения прогиба рельсов и изгибающего момента в сечении под действующей силой. Принимаемые параметры приведены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры	Значение
Вес 1 пог. м рельса, кг . . . . .	18,06
Погонная приведенная масса балки $m_0$ , принимаемая равной удвоенной погонной массе рельса, $\frac{\text{кг сек}^2}{\text{см}^2}$ . . . . .	0,000366
Модуль упругости рельсовой стали $E$ , $\text{кг/см}^2$ . . . . .	$2,1 \cdot 10^6$
Момент инерции рельса $I$ , $\text{см}^4$ . . . . .	240,0
Коэффициент пропорциональности неупругого сопротивления рельсового пути скорости вертикальных перемещений балки $f$ , $\frac{\text{кг. сек}}{\text{см}^2}$ . . . . .	1,0
Скорость движения подвижной нагрузки $v$ , $\text{см/сек}$ . . . . .	0; 100; 500; 1000; 1500
Величина продольного горизонтального усилия в обычных условиях $H$ , кг . . . . .	$\pm 5000$
То же при предвыбросном состоянии $\bar{H}$ , кг . . . . .	+ 30000
Модуль упругости рельсового основания $U$ , $\text{кг/см}^2$ . . . . .	60
Вертикальная нагрузка $P$ , кг . . . . .	1000

Ввиду недостаточной изученности некоторых дополнительных силовых факторов, их значения, принятые в примере расчета, имеют, в основном, иллюстративное значение. При назначении размеров  $m_0$  и  $f$  использовали уже накопленный опыт расчета рельсового пути [1].

Величины продольного температурного усилия, а также продольных усилий, вызванных угоном, по нашим данным, в обычных условиях не превышают  $\pm 5000$  кг.

При расчете пути с учетом дополнительных силовых факторов определение основных расчетных параметров  $K$ ;  $n_1$ ;  $n_2$  и  $m$  оказывается довольно трудоемкой работой. Значения их приведены в табл. 2. При всех значениях расчетных параметров и скоростей движения величина  $K$  отличается от  $K_0$  не более, чем на 2%, и лишь при исключительно больших значениях продольной силы это отклонение достигает 4%.

Таблица 3

Параметры	Величины прогиба пути при скорости движения, м/сек				
	0	1	5	10	15
$H=0; m=0; f=0$	0,10989	—	—	—	—
$H=0; m=0; f=1,0$	0,10989	0,10799	0,10789	0,10681	0,10667
$H=0; m=366 \cdot 10^{-6}; f=0$	0,10989	0,10823	0,10818	0,10814	0,10799
$H=30000; m=366 \cdot 10^{-6}; f=1,0$	0,11500	0,1145	0,1143	0,1122	0,1098
$H=-5000; m=366 \cdot 10^{-6}; f=1,0$	0,10892	0,10839	0,10839	0,10792	0,10695
$H=5000; m=366 \cdot 10^{-6}; f=1,0$	0,10954	0,10954	0,10914	0,10851	0,10749

В табл. 3 приведены значения прогиба пути под действующей силой, в первой строчке — без учета дополнительных силовых факторов, то есть по обычному методу расчета. Как видно, при учете сил внутреннего сопротивления в основании рельсового пути величина прогиба под действующей силой уменьшается с увеличением скорости, но даже при максимальной скорости 54 км/час это снижение составляет 3—4% по отношению к значению, получаемому по обычной методике расчета. Максимальные значения продольной сжимающей силы

Таблица 2

Параметры	Скорость, м/сек					
	0	1	5	10	15	
Значения коэффициента $K$						
$H = 0; m = 0; f = 0$	$13115 \cdot 10^{-6}$	$1319 \cdot 10^{-5}$				
$H = 0; m = 366 \cdot 10^{-6}; f = 1,0$	$13115 \cdot 10^{-6}$	$1319 \cdot 10^{-5}$	$1325 \cdot 10^{-5}$	$1342 \cdot 10^{-5}$	$1378 \cdot 10^{-5}$	$1378 \cdot 10^{-5}$
$H = 0; m = 366 \cdot 10^{-6}; f = 3$	$13115 \cdot 10^{-6}$	$1322 \cdot 10^{-5}$				
$H = -500; m = 0; f = 0$	$1322 \cdot 10^{-5}$	$1307 \cdot 10^{-5}$				
$H = +500; m = 0; f = 0$	$1307 \cdot 10^{-5}$	$1253 \cdot 10^{-5}$				
$H = 30000; m = 0; f = 0$	$1307 \cdot 10^{-5}$	$13186 \cdot 10^{-5}$	$1319 \cdot 10^{-5}$	$1319 \cdot 10^{-5}$	$1319 \cdot 10^{-5}$	$1319 \cdot 10^{-5}$
$H = 0; m = 366 \cdot 10^{-6}; f = 0$	$1307 \cdot 10^{-5}$	$1307 \cdot 10^{-5}$	$1309 \cdot 10^{-5}$	$1311 \cdot 10^{-5}$	$1315 \cdot 10^{-5}$	$1315 \cdot 10^{-5}$
$H = 5000; m = 0; f = 1,0$	$1307 \cdot 10^{-5}$	$1307 \cdot 10^{-5}$	$1309 \cdot 10^{-5}$	$1311 \cdot 10^{-5}$	$1315 \cdot 10^{-5}$	$1315 \cdot 10^{-5}$
$H = -5000; m = 366 \cdot 10^{-6}; f = 1,0$	$1307 \cdot 10^{-5}$	$1255 \cdot 10^{-5}$	$1255 \cdot 10^{-5}$	$1261 \cdot 10^{-5}$	$1266 \cdot 10^{-5}$	$1266 \cdot 10^{-5}$
$H = 30 \cdot 100; m = 366 \cdot 10^{-6}; f = 1,0$	$1253 \cdot 10^{-5}$	$1324 \cdot 10^{-5}$	$1324 \cdot 10^{-5}$	$1326 \cdot 10^{-5}$	$1330 \cdot 10^{-5}$	$1330 \cdot 10^{-5}$
$H = 5000; m = 366 \cdot 10^{-6}; f = 1,0$	$1322 \cdot 10^{-5}$					
Значения коэффициента $n_1$						
$H = 0; m = 0; f = 0$	$13,115 \cdot 10^{-3}$	$13,038 \cdot 10^{-3}$	$12,450 \cdot 10^{-3}$	$11,670 \cdot 10^{-3}$	$10,839 \cdot 10^{-3}$	$10,839 \cdot 10^{-3}$
$H = 0; m = 0; f = 1,0$	$13,115 \cdot 10^{-3}$	$13,190 \cdot 10^{-3}$	$13,191 \cdot 10^{-3}$	$13,199 \cdot 10^{-3}$	$13,210 \cdot 10^{-3}$	$13,210 \cdot 10^{-3}$
$H = 0; m = 366 \cdot 10^{-6}; f = 0$	$13,115 \cdot 10^{-3}$	$13,540 \cdot 10^{-3}$	$12,940 \cdot 10^{-3}$	$12,202 \cdot 10^{-3}$	$11,445 \cdot 10^{-3}$	$11,445 \cdot 10^{-3}$
$H = 30000; m = 366 \cdot 10^{-6}; f = 1,0$	$13,675 \cdot 10^{-3}$					
Значения коэффициента $n_2$						
$H = 0; m = 0; f = 0$	$13,115 \cdot 10^{-3}$	$13,304 \cdot 10^{-3}$	$13,885 \cdot 10^{-3}$	$14,580 \cdot 10^{-3}$	$15,179 \cdot 10^{-3}$	$15,179 \cdot 10^{-3}$
$H = 0; m = 0; f = 1,0$	$13,115 \cdot 10^{-3}$	$13,187 \cdot 10^{-3}$	$13,191 \cdot 10^{-3}$	$13,191 \cdot 10^{-3}$	$13,217 \cdot 10^{-3}$	$13,217 \cdot 10^{-3}$
$H = 0; m = 366 \cdot 10^{-6}; f = 0$	$13,115 \cdot 10^{-3}$	$13,820 \cdot 10^{-3}$	$14,387 \cdot 10^{-3}$	$15,286 \cdot 10^{-3}$	$15,843 \cdot 10^{-3}$	$15,843 \cdot 10^{-3}$
$H = 30000; m = 366 \cdot 10^{-6}; f = 1,0$	$13,675 \cdot 10^{-3}$					
Значения коэффициента $m$						
$H = 0; m = 0; f = 0$	0	$1,4215 \cdot 10^{-4}$	$7,145 \cdot 10^{-4}$	$14,272 \cdot 10^{-4}$	$21,391 \cdot 10^{-4}$	$21,391 \cdot 10^{-4}$
$H = 0; m = 0; f = 1,0$	0	0	0	0	0	0
$H = 0; m = 366 \cdot 10^{-6}; f = 0$	0	$1,5931 \cdot 10^{-4}$	$7,965 \cdot 10^{-4}$	$15,86 \cdot 10^{-4}$	$23,696 \cdot 10^{-4}$	$23,696 \cdot 10^{-4}$
$H = 30000; m = 366 \cdot 10^{-6}; f = 1,0$	0					

вызывают увеличение прогиба, которое при малых скоростях движения достигает 5%; с повышением скорости движения это отклонение становится еще меньше.

Таблица 4

Параметры	Величины изгибающих моментов $M_{\tau=0}$ , кг/см, при скорости движения, м/сек				
	0	1	5	10	15
$H=0; m=0; f=0$	38218,3	—	—	—	—
$H=0; m=0; f=1,0$	38218,3	37905,8	37855,4	37699,2	37422,0
$H=0; m=366 \cdot 10^{-6}; f=0$	38218,3	38157,8	37941,1	37926,0	37926,0
$H=30000; m=366 \cdot 10^{-6}; f=1,0$	39906,7	39881,5	39634,5	39412,8	38868,5

Из табл. 4 видно, что величина изгибающего момента под действием на рельсы вертикального усилия, определенная с учетом дополнительных силовых факторов, не отличается существенно от значений, получаемых при обычном методе расчета. Наибольшие расхождения в величине изгибающих моментов имеют место при наличии значительных продольных сжимающих сил и малых скоростях движения. Однако и в этом случае надо иметь в виду, что, используя разработанный Г. М. Шахунянцем метод учета действия продольных сил, мы не учитываем погонных сопротивлений продольному перемещению рельсов, которые при наличии вертикальной нагрузки существенно возрастают и снижают эффективность воздействия продольных сжимающих сил. Кроме того, при повышении скорости движения (табл. 4) действие продольных сжимающих сил, увеличивающих изгибающий момент, компенсируется влиянием сил внутреннего сопротивления в конструкции пути.

Представляет значительный интерес определение величины  $\lambda$ , показывающей сдвиг сечения с максимальным прогибом рельсов от сечения под движущимся грузом. Данные о величине сдвига  $\lambda$  приведены в табл. 5.

Таблица 5

Параметры	Величина сдвига $\lambda$ , см, при скорости движения, м/сек				
	0	1	5	10	15
$H=0; m_0=0; f=0$	0	0	0	0	0
$H=0; m_0=0; f=1,0$	0	0,392	2,67	4,35	6,70
$H=30000; m_0=366 \cdot 10^{-6}; f=1,0$	0	0,715	2,83	4,80	7,34

Указанные значения сдвига точки максимального прогиба рельсов в действительности наблюдаться не будут, так как расчет предполагает двусторонние реакции основания, в то время как фактически возможны реакции только одного направления. Кроме того, при применении на узкоколейных железных дорогах костыльном прикреплении рельсов к шпалам всегда имеется зазор между головкой костыля и подошвой рельсов, допускающий подъем рельса вверх непосредственно после прохода колеса.

Выполненный пример расчета показывает, что значения  $K$  для диапазона скоростей движения, характерных для ужд, настолько мало отличаются от постоянной величины  $K_0$ , что их также можно

считать постоянными. В этом случае могут быть использованы приближенные формулы, учитывающие влияние скорости движения и дополнительных силовых факторов на величину  $y$  и  $M$ . Принимая  $K = K_0$  и не подсчитывая значений  $n_1$ ,  $n_2$  и  $m$ , по формулам (24) и (31б) можно определить значения  $y_{x=0}$  и  $M_{x=0}$  и влияние на их величину дополнительных силовых факторов и скорости движения. Полученные при этом результаты отличаются от точных значений на  $\pm 2\%$ .

Как видно, результаты расчетов прогибов рельсов и изгибающих моментов несущественно отличаются от результатов расчета по обычной методике, поэтому нет необходимости производить дальнейшее усложнение расчетов. При принятых значениях сил сопротивления в конструкции пути учет скорости движения в пределах от 0 до 50 км/час также не оказывает существенного влияния на результаты расчета, тем более, что основной расчетный параметр — модуль упругости рельсового основания — имеет значительные отклонения от средних величин. Вместе с тем, требует дальнейшего изучения вопрос о более точном определении величины параметров внутреннего сопротивления в конструкции пути в условиях движения поездов, особенно в тех случаях, когда путь прокладывается по торфяным болотам. В этом случае учет реологических свойств основания пути, по нашему мнению, будет иметь большее значение.

Изложенная выше методика расчета и предлагаемые расчетные формулы дают возможность углубить качественные и количественные исследования работы узкоколейного пути в различных условиях, а при проведении экспериментальных работ производить их сопоставление с более точными результатами расчетов, учитывающих все основные силовые факторы.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Г. М. Шахунянц. Расчеты верхнего строения пути. Трансжелдориздат, 1959. [2]. Г. М. Шахунянц. Железнодорожный путь. Трансжелдориздат, 1961.

Поступила 12 июня 1969 г.

УДК 531.8:634.0.377.44

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ ГУСЕНИЦ НА ГРУНТ ПРИ ПОВОРОТЕ ТРАКТОРА

С. А. ВОРУХАЙЛОВ

(Уральский лесотехнический институт)

На величину сопротивлений перекачиванию и повороту гусеничных машин значительное влияние оказывает характер распределения давления, передаваемого на грунт, по длине опорной поверхности. Смещение точки приложения результирующей нормальных реакций грунта (центра давления трактора) от середины опорной поверхности  $x_d$  связано с увеличением работы на деформацию грунта, а следовательно, сопротивления движению машины.

При расчетах общей динамики гусеничных машин, а также давления, передаваемого на грунт при прямолинейном движении, применяют обобщенную методику решения вопросов динамики лесотранспортных машин, разработанную С. Ф. Орловым [2], [3]. Согласно этой

методике, силы и моменты, приложенные к корпусу трактора при равномерном движении, подразделяются на две группы: 1) силы, возникающие в результате выполнения технологического процесса (сопротивление перемещению волочащейся части хлыстов  $P_{тр}$ ; нагрузка на трактор  $Q_1$ ; вес корпуса трактора  $G_k$ ); 2) силы и моменты, возникающие в точках связей корпуса с ходовой частью (касательные силы тяги гусениц  $T_k$ ; силы натяжения гусениц  $T_n$ ; реактивные моменты от передачи крутящих моментов на гусеницы  $M_p$ , нормальные реакции на корпус в передней и задней опорах от ходовой системы  $Z_A$  и  $Z_O$ ).

Интересно рассмотреть возможность использования этой методики применительно к динамике трактора на повороте, так как характер действия и величина некоторых сил и моментов в этом случае существенно отличаются от их значений при прямолинейном движении. Мы изучили динамику трелевочного трактора ТДТ-75 на повороте.

На рис. 1 и 2 представлены схемы сил и моментов, действующих на корпус трактора при установившемся движении на повороте на горизонтальном участке пути. Выражение для определения нагрузок на передние опоры корпуса трактора найдем на основании равенства моментов всех сил относительно задней опоры  $O$

$$\begin{aligned} \Sigma M_O = & G_k x_k + Q_1 x_r - P_{тр} h_{тр} \cos \beta \cos \lambda + P_{тр} x_r \sin \beta + S_p (h_3 - h_n) - \\ & - T_{k1} h_2 \cos \gamma - T_{k2} s_2 \sin \gamma - T_{k1} (1 + \cos \alpha) h_1 - T_{k1} h_2 - T_{n1} h_2 - \\ & - T_{n2} (1 + \cos \alpha) h_1 + T_{n2} (l + s_1) \sin \alpha - T_{n2} (1 + \cos \gamma) h_2 - T_{n2} s_2 \sin \gamma - \\ & - (T_{n1} - T_{k1}) s_2 \sin \gamma - T_{n1} (1 + \cos \gamma) h_2 - M_{p2} + M_{p1} - Z_A l = 0, \quad (1) \end{aligned}$$

где  $\lambda$  — угол в плане между силой перемещения хлыстов и продольной осью трактора;

$S_p$  — сила сопротивления движению передней части трактора.

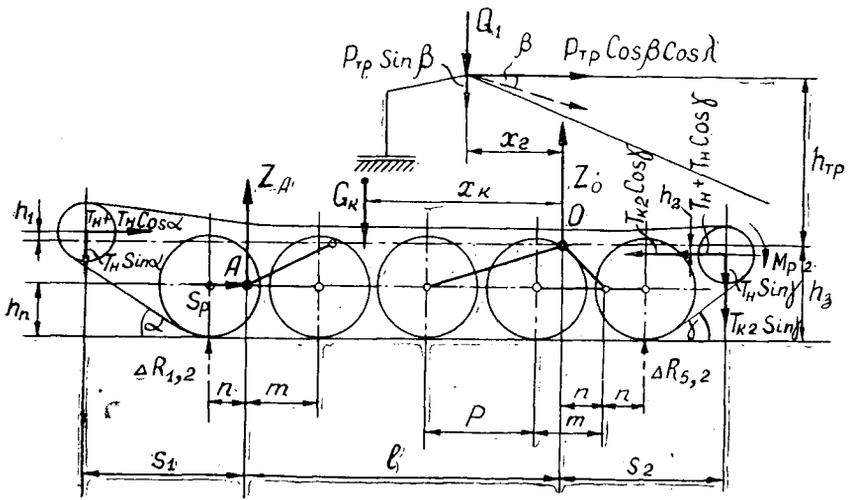


Рис. 1. Схема сил и моментов, действующих на трактор со стороны забегающей гусеницы.

Параметрам, относящимся к забегающей гусенице, присвоен индекс 2, а к отстающей — 1. Конструктивные параметры трактора обозначены на схемах (рис. 1 и 2) [1].

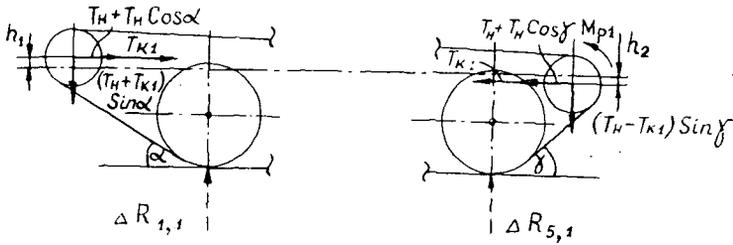


Рис. 2. Схема сил и моментов, действующих на отстающую гусеницу.

Заменим реактивные моменты их выражениями через окружные усилия

$$M_{p2} = T_{k2} r_{зв}; \quad M_{p1} = T_{k1} r_{зв}, \quad (2)$$

где  $r_{зв}$  — радиус ведущих звездочек.

Условимся, что натяжения обеих гусениц равны  $T_{k2} = T_{k1} = T_H$ . Сила сопротивления движению передней части трактора

$$S_p = f_{1n} \left( Z_A + \sum_{i=1}^{n_A} \Delta q_i \right), \quad (3)$$

где  $f_{1n}$  — удельное сопротивление движению трактора на повороте;  
 $\Delta q_i$  — вес ходовой части, приходящийся на один каток;  
 $n_A$  — количество опорных катков, относящихся к передней опоре (у ТДТ-75  $n_A = 4$ ).

Подставив выражение параметров из равенства (2) и (3) в выражение (1), после преобразований получим

$$\begin{aligned} Z_A = & \frac{1}{l - f_{1n} (h_3 - h_n)} \left[ G_k x_k + f_{1n} (h_3 - h_n) \sum_{i=1}^{n_A} \Delta q_i + Q_1 x_r - \right. \\ & - P_{тр} (h_{тр} \cos \beta \cos \lambda - x_r \sin \beta) - T_{k2} (h_2 \cos \gamma + s_2 \sin \gamma + r_{зв}) + \\ & + T_{k1} [(l + s_1) \sin \alpha - h_1 (1 + \cos \alpha) - h_2 + r_{зв}] - (T_H - T_{k1}) s_2 \sin \gamma + \\ & \left. + T_H \left\{ 2 [(l + s_1) \sin \alpha - h_1 (1 + \cos \alpha) - h_2 (1 + \cos \gamma)] + s_2 \sin \gamma \right\} \right]. \quad (4) \end{aligned}$$

Из равенства проекций всех сил, действующих на корпус трактора, на вертикальную ось, определим нагрузку на задние опоры

$$\begin{aligned} Z_O = & G_k + Q_1 + P_{тр} \sin \beta + T_{k2} \sin \gamma + (2T_H + T_{k1}) \sin \alpha + \\ & + T_H \sin \gamma + (T_H - T_{k1}) \sin \gamma - Z_A. \quad (5) \end{aligned}$$

Когда сила торможения отстающей гусеницы достигает величины, большей силы натяжения, происходит провисание участка гусеницы между задним катком и звездочкой, то есть при  $T_H - T_{k1} = 0$

$$(T_H - T_{k1}) \sin \gamma = 0.$$

Нагрузки на осях катков определяются из соотношений плеч балансиоров. При повороте трактора появляются поперечные силы и моменты, обуславливающие перераспределение нагрузок между гусеницами. К ним относятся: поперечная составляющая сопротивления во-

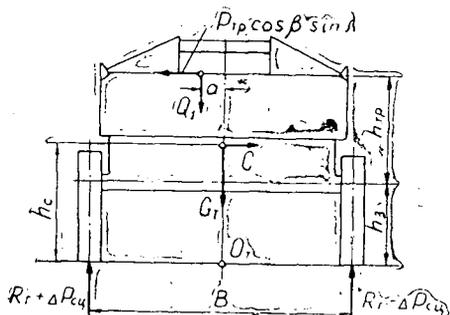


Рис. 3. Проекция сил на поперечную плоскость.

лочащейся части хлыстов; центробежная сила; поперечное смещение груза на конике. Величину перераспределения найдем из равенства моментов относительно точки  $O_T$  (рис. 3)

$$\Delta P_{cu} = \frac{P_{тр} \cos \beta \sin \lambda (h_{тр} + h_3) - Ch_c + (Q + P_{тр} \sin \beta) a}{B}, \quad (6)$$

где  $C$  — центробежная сила;  
 $a$  — поперечное смещение груза на конике.

Приращение нагрузок на передней и задней опорах корпуса трактора

$$\Delta Z_A = \frac{1}{Bl} \left| \left\{ P_{тр} \cos \beta \sin \lambda (h_{тр} + h_3) + (Q_1 + P_{тр} \sin \beta) a \right\} x_r - Ch_c x_k \right|; \quad \Delta Z_O = \Delta P_{cu} - \Delta Z_A. \quad (7)$$

Давление катков на гусеницы складывается из давления от корпуса трактора и веса «неподдрессоренной» части ходовой системы

$$\Delta q_i = q_k + q_6, \quad (8)$$

где  $q_k$  — вес опорного катка;  
 $q_6$  — вес части балансиров и пружин, приходящийся на каток.

Вследствие того, что нижние ветви гусениц трактора ТДТ-75 направлены под углом к горизонтали, на крайние катки действуют со стороны гусениц разгружающие силы, уменьшающие давление гусениц на грунт под этими катками. На крайние катки забегающей гусеницы действуют

$$\Delta R_{1,2} = T_n \sin \alpha; \quad \Delta R_{5,2} = (T_n + T_{к2}) \sin \gamma. \quad (9)$$

Разгружающие вертикальные силы, действующие на крайние катки отстающей гусеницы, равны

$$\Delta R_{1,1} = (T_n - T_{к1}) \sin \alpha; \quad \Delta R_{5,1} = (T_n - T_{к1}) \sin \gamma. \quad (10)$$

Из изложенного следует, что при повороте трактора давление, передаваемое на грунт участками гусениц, расположенными под катками, складывается из следующих составляющих: нагрузок, передаваемых на катки от корпуса трактора; дополнительных нагрузок на катки в результате поперечного смещения центра давления; нагрузок от веса узлов и деталей ходовой системы; разгружающих сил, действующих на крайние катки со стороны гусениц.

Формула, определяющая давление под крайними катками, имеет вид

$$R = P_{ки} \pm \Delta p_{icu} + \Delta q_i - \Delta R_i. \quad (11)$$

Давление под остальными катками

$$R = P_{ki} \pm \Delta p_{icn} + \Delta q_i,$$

где  $P_{ki}$  — давление на каток, передаваемое от корпуса трактора;  $\Delta p_{icn}$  — дополнительная нагрузка на каток в результате поперечного смещения центра давления.

Координату равнодействующей нормальных реакций грунта можно определить по величине давлений на опорах корпуса трактора с учетом разгружающих сил, действующих на крайние катки,

$$x_d = \frac{Z_A (l + s_2) + Z_O s_2 - (2T_H + T_{K1}) (l + s_2 + n) \sin \alpha - [T_H + T_{K2} + (T_H - T_{K1})] l_{3B}^k \sin \gamma}{Z_A + Z_O - (2T_H + T_{K1}) \sin \alpha - [T_H + T_{K2} + (T_H - T_{K1})] \sin \gamma} - l_{3B}, \quad (12)$$

где  $l_{3B}^k$  — расстояние по горизонтали между осями звездочки и заднего катка;

$l_{3B}$  — расстояние по горизонтали между звездочкой и серединой опорной поверхности гусениц.

Исходные данные для расчетов нагрузок на опорах корпуса трактора определены экспериментально. Крутящие моменты на ведущих звездочках измеряли с помощью фольговых тензодатчиков типа ФДЦЛА-20, наклеенных и соединенных по схеме полного моста на ведомые валы бортовых передач.

Нагрузки на опорах корпуса трактора измеряли с помощью тензодатчиков, наклеенных на рычаги балансиров подвески трактора. Выбор мест наклейки датчиков и схема их соединений позволили регистрировать только вертикальные нагрузки. Осциллографирование производили осциллографом НОО-4. Эксперименты проведены на вырубках прошлых лет на территории Уральского учебно-опытного лесхоза УЛТИ. Грунт волоков — средний суглинок, весовая влажность грунта  $w = 32\%$ .

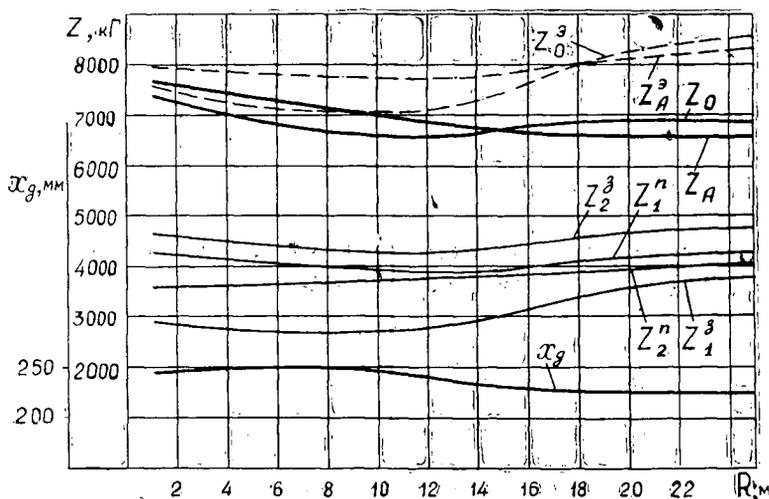


Рис. 4.

$Z_1^n, Z_1^z, Z_2^n, Z_2^z, Z_A^n, Z_A^z, Z_O^n, Z_O^z$  — экспериментальные кривые изменения нагрузок на опорах (n — передних, z — задних) корпуса трактора;  $Z_A^z, Z_O^z$  — суммарные нагрузки на передних и задних опорах корпуса, определенные экспериментально.

Обработка полученных экспериментальных данных позволила найти зависимость средних статистических значений окружных усилий на ведущих звездочках и нагрузок на опорах корпуса трактора. Удельное сопротивление движению трактора по прямой  $f_1 = 0,102$ , при повороте  $f_{1n} = 0,129$ . Усилие натяжения гусениц  $T_n = 1890$  кг.

Величины статических нагрузок на опорах корпуса  $Z_A$  и  $Z_O$  определены по формулам (4) и (5) для различных радиусов поворота. Смещение центра давления трактора найдено по формуле (12). На основании вычислений и экспериментальных данных построены кривые изменения параметров в зависимости от радиуса поворота (рис. 4) для случая движения трактора без груза ( $Q_1 = 0$ ). Действительные нагрузки на опорах корпуса  $Z_A^a$  и  $Z_O^a$ , определенные экспериментально, больше статических  $Z_A$  и  $Z_O$ , найденных аналитически. Эта разность возрастает с увеличением радиуса поворота. Объясняется это действием дополнительных динамических нагрузок в подвеске трактора, величина которых зависит от скорости движения трактора и размеров неровностей микрорельефа волока.

### Выводы

1. С уменьшением радиуса поворота увеличиваются статические нагрузки на опорах корпуса гусеничного трактора и снижаются динамические нагрузки от неровностей волока. При  $R = 25$  м коэффициент динамичности равен 1,272—1,268, а при минимальных радиусах поворота — 1,008—1,011.

2. При повороте происходит перераспределение нагрузок между передними и задними катками. С уменьшением радиуса поворота нагрузки на передние катки возрастают интенсивнее, чем на задние.

3. Смещение центра давления трактора при повороте незначительно.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. АТЗ. Расчет трелевочного трактора ТТ-4. Рубцовск, 1966. [2]. В. А. Галямичев. Общая динамика лесотранспортных машин. ЛТА, Л., 1962. [3]. С. Ф. Орлов. Теория и применение агрегатных машин на лесозаготовках. Гослесбумиздат, М., 1963.

Поступила 30 июня 1969 г.

УДК 625.11

## О ВОЗМОЖНОСТИ ВЫБРОСА БЕССТЫКОВОГО ПУТИ ПРИ ЕГО ПОДЪЕМКЕ

С. И. МОРОЗОВ

(Архангельский лесотехнический институт)

В практике эксплуатации бесстыкового пути наблюдаются случаи выброса рельсо-шпальной решетки при производстве работ по подъеме пути. Это объясняется тем, что искривление пути сопровождается уменьшением его устойчивости. Если в момент производства подъемки действуют достаточно большие температурные сжимающие силы, то происходит выброс пути.

Для обеспечения безопасности путевых работ необходимо иметь возможность устанавливать допустимую высоту подъемки в зависи-

мости от конструкции пути и величины действующих сжимающих сил. Этому вопросу посвящена настоящая работа.

Рассмотрим условия устойчивости участка бесстыкового пути, испытывающего одновременное действие продольных сжимающих и поперечных сил (рис. 1). Действие отброшенной части пути заменяем реакциями, величину которых определяем из условия статического равновесия участка

$$A = \frac{qs_0 - N}{2}, \quad (1)$$

где  $s_0$  — длина изогнутого участка;

$q$  — интенсивность равномерно-распределенной поперечной нагрузки (вес единицы пути);

$N$  — сила, вызывающая подъёмку пути.

Для любого сечения, отстоящего на расстоянии  $x$  от левого конца участка, можем записать уравнение

$$EIy'' = -Py + Ax - \frac{qx^2}{2}, \quad (2)$$

где  $EI$  — жесткость сечения рельса;

$P$  — продольная температурная сжимающая сила.

После его решения и определения постоянных интегрирования из условия  $y = 0$  и  $y' = 0$  при  $x = 0$ , получим уравнение для изогнутой части пути

$$y = \frac{N - qs_0}{2EI k^3} \sin kx - \frac{q}{k^4 EI} (\cos kx - 1) - \frac{qs_0 - N}{2k^2 EI} x - \frac{qx^2}{2k^2 EI}, \quad (3)$$

где  $k = \sqrt{\frac{P}{EI}}$ .

Максимальный прогиб имеет место в том сечении, где приложена сила  $N$ , то есть при  $x = \frac{s_0}{2}$ . Его величину можно найти по формуле

$$f = \frac{N - qs_0}{2EI k^3} \left( \sin \frac{ks_0}{2} - \frac{ks_0}{2} \right) - \frac{q}{k^4 EI} \left( \cos \frac{ks_0}{2} - 1 \right) - \frac{qs_0^2}{8k^2 EI}. \quad (4)$$

Для определения силы  $P$  воспользуемся симметрией изогнутой части пути относительно вертикальной оси, совпадающей с линией действия силы  $N$ . Имеем, что  $y' = 0$  при  $x = \frac{s_0}{2}$ . Дифференцируя уравнение (3) и подставив  $x = \frac{s_0}{2}$ , получим

$$\frac{q}{k} \left( \sin \frac{ks_0}{2} - \frac{ks_0}{2} \cos \frac{ks_0}{2} \right) = N \sin^2 \frac{ks_0}{4}. \quad (5)$$

Это уравнение является трансцендентным, и в общем виде его решение получить невозможно. Для частного случая ( $EI = 1 \cdot 10^9$  кг/см<sup>2</sup> и  $q = 1$  кг/см) оно было решено на ЭЦВМ «Проминь». Принятая методика решения предусматривала определение  $P$ , а затем с помощью уравнения (4) —  $f$  для ряда фиксированных значений  $N$ . Таким образом были получены зависимости  $P = \varphi(f)$ , представленные на рис. 2. Их анализ позволяет сделать вывод о том, что в случае  $N \neq 0$  сжимающая сила достигает максимума при некоторой величине

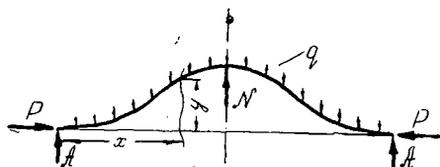


Рис. 1. Расчетная схема.

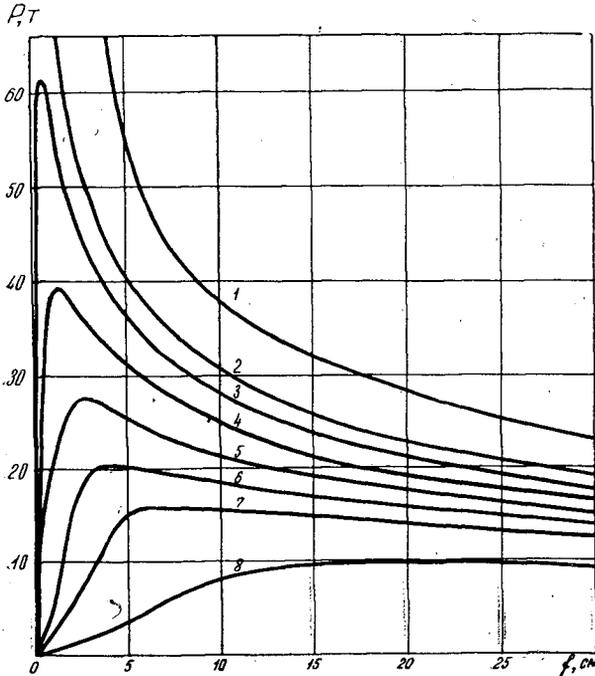


Рис. 2. Зависимость между прогибом и сжимающей силой при различных значениях поперечной силы.

1 —  $N = 0$ ; 2 —  $N = 300$  кг;  
3 —  $N = 400$  кг; 4 —  $N = 500$  кг;  
5 —  $N = 600$  кг; 6 —  $N = 700$  кг;  
7 —  $N = 800$  кг; 8 —  $N = 1000$  кг.

$f$ , то есть по мере увеличения высоты подъёмки величина сжимающей силы, необходимой для удерживания пути в искривленном состоянии, первоначально (когда  $f$  достаточно мало) увеличивается, а затем уменьшается.

Если пренебречь некоторым удлинением оси рельса при его искривлении, то можно предположить, что сжимающая сила  $P$  во время подъёмки не изменяется. В то же время  $N$  — величина переменная. Характер изменения  $N$  для различных  $P$  показан на рис. 3.

При возрастании  $f$  от нуля  $N$  сначала увеличивается, достигает максимального значения, после чего падает до нуля. Очевидно, что моменту достижения силой  $N$  максимума соответствует выброс пути. Иной причиной объяснить уменьшение  $N$  невозможно.

Для рассматриваемого частного случая были определены значения  $P$ ,  $N$ ,  $f$  и  $s_0$ , соответствующие моменту выброса пути. Они приведены в табл. 1:

Рис. 3. Зависимость между высотой подъёмки и поперечной силой при различных значениях сжимающей силы.

1 —  $P = 60$  T; 2 —  $P = 50$  T; 3 —  $P = 40$  T;  
4 —  $P = 30$  T; 5 —  $P = 20$  T; 6 —  $P = 10$  T.

Между действующей в пути сжимающей силой и допустимой высотой подъёмки пути существует строгая зависимость. Например, для принятых условий при действии силы  $P$ , равной 20,4 T, путь можно безопасно поднять только на 4,8 см, причем необходимо приложить силу  $N = 700$  кг.

При  $P = 9,9$  T высота допустимой подъёмки пути увеличивается до 20 см. Одновременно возрастает и сила  $N$ .

Таблица 1

$P, T$	61,5	39,5	27,4	20,4	15,6	9,9	0
$f, \text{ см}$	0,5	1,3	2,7	4,85	8,0	20,0	$\infty$
$N, \text{ кг}$	400	500	600	700	800	1000	$\infty$
$s_0, \text{ см}$	800	1000	1200	1400	1600	2000	$\infty$
$\frac{ks_0}{2}$	3,137	3,142	3,141	3,136	3,155	3,146	—

В последней строчке табл. 1 даны значения произведения  $\frac{ks_0}{2}$ . Как и при отсутствии силы  $N$  [2], это произведение имеет постоянную величину, в данном случае близкую к  $\pi$ . Принимаем, в пределах точности расчета, что  $\frac{ks_0}{2} = \pi$ . Подставляя это значение в уравнения (4) и (5), получим после соответствующих преобразований

$$f = \frac{2q}{Pk^2}; \quad (4a)$$

$$qs_0 = 2N. \quad (5a)$$

Силу  $P$  можно также определить из равенства  $ks_0 = 2\pi$ , откуда

$$P = \frac{4\pi^2 EI}{s_0^3}. \quad (6)$$

Выражения (4a), (5a) и (6) справедливы только для тех условий, которые были положены в основу решенного примера. Для того чтобы их можно было применять при любых значениях жесткости пути и интенсивности распределенной нагрузки, воспользуемся формулами подобия [2], которые имеют вид

$$P = P_1 \sqrt[3]{\frac{q^2 l}{q_1^2 l_1}}; \quad (7a)$$

$$s_0 = s_{01} \sqrt[3]{\frac{l q_1}{l_1 q}}; \quad (7б)$$

$$f = f_1 \sqrt[3]{\frac{l q_1}{l_1 q}}; \quad (7в)$$

$$N = N_1 \sqrt[3]{\frac{l q^2}{l_1 q_1^2}}. \quad (7г)$$

Здесь символы с индексом 1 относятся к частному случаю  $EI = 1 \cdot 10^9 \text{ кг/см}^2$ ,  $q = 1 \text{ кг/см}$ , а символы без индексов — к любому другому возможному случаю.

Выведем зависимость между  $f$  и  $P$ , применимую для любого частного случая. Для этого возьмем уравнение (4a). При  $q = 1 \text{ кг/см}$  и  $EI = 1 \cdot 10^9 \text{ кг/см}^2$  получим

$$f_1 = \frac{2 \cdot 10^9}{P_1^2}.$$

Подставляем это выражение в уравнение (7в)

$$f = \frac{2 \cdot 10^9}{P_1^2} \sqrt[3]{\frac{l}{500q}}. \quad (8a)$$

Из уравнения (7a) находим  $P_1$

$$P_1 = P \sqrt[3]{\frac{500}{Iq^2}} \quad (86)$$

Используя формулу (86), получим

$$f = \frac{4 \cdot 10^6 q l}{P^2} \quad (8)$$

Сжимающая температурная сила  $P$ , действующая в бесстыковом пути, зависит от температуры рельсов и определяется по уравнению

$$P = E\alpha\omega\Delta t, \quad (9)$$

где  $E$  — модуль упругости стали;

$\alpha$  — коэффициент линейного расширения;

$\omega$  — площадь поперечного сечения рельсов;

$\Delta t$  — приращение температуры рельса по сравнению с температурой укладки.

Выразив  $P$  в уравнении (8) через формулу (9) и считая, что  $E\alpha \approx 25$ , будем иметь

$$f = 6400 \frac{ql}{\omega^2 \Delta t^2} \quad (10)$$

Аналогично, при помощи формул (5а), (6), (7а), (7б), (7г) и (8) получено уравнение, позволяющее определить силу  $N$  в любом частном случае

$$N = 100 \sqrt[4]{Ifq^3} \quad (11)$$

Уравнения (10) и (11) дают полное решение рассматриваемой задачи. Они позволяют определить, на какую высоту можно поднимать путь в том или ином случае и какая сила потребуется для этого. Используя их, можно составить таблицы для пути конкретных конструкций, дающих допустимую высоту подъёмки в зависимости от наблюдаемого приращения температуры. Такие таблицы были составлены для верхнего строения пути лесовозных ужд (табл. 2), причем интенсивность начальной нагрузки была принята по данным Б. И. Кувал-

Таблица 2

$\Delta t, ^\circ\text{C}$	Допустимая высота подъёмки $f$ , см, для рельсов различных типов при числе шпал на 1 км					
	1500		1625		1750	
	P18	P24	P18	P24	P18	P24
0	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$
5	65,2	83,3	69,6	88,6	73,3	93,8
7	33,2	42,4	35,3	45,3	37,8	47,7
8	24,4	32,4	27,0	34,6	28,9	36,5
9	20,1	26,6	21,3	27,4	22,8	28,8
10	16,3	20,8	17,3	22,2	18,5	23,4
11	13,4	17,2	14,3	18,3	15,3	19,3
12	11,3	14,4	12,0	15,4	12,8	16,2
13	9,6	12,3	10,2	13,1	10,9	13,8
14	8,3	10,6	8,8	11,3	9,4	11,9
15	7,2	9,2	7,7	9,8	8,2	10,4
20	4,1	5,2	4,3	5,5	4,6	5,9
25	2,6	3,3	2,8	3,5	3,0	3,7
30	1,8	2,3	1,9	2,5	2,1	2,6
35	1,3	1,7	1,4	1,8	1,5	1,9
40	1,0	1,3	1,1	1,4	1,2	1,5

дина [1]. Так как в реальных условиях возможны колебания в величине  $q$  и имеет место износ рельсов, уменьшающий их жесткость, то расчетные значения  $f$ , полученные по формуле (10), следует уменьшить на 15—20%.

Для оценки точности расчетов по предлагаемым формулам мы использовали результаты опытов О. Г. Плехова [3] по определению устойчивости участка бесстыкового пути колен 750 мм при подъёмке. Рельсо-шпальная решетка длиной 48 м была уложена на песчаном слабоуплотненном балласте. Рельсы типа Р18, шпалы 11А, 1660 шт./км. Концы рельсов для обеспечения их неподвижности заделывали в бетонные упоры. Во время проведения опытов путь первоначально поднимали на заданную высоту, после чего рельсы нагревали до полной потери устойчивости. По мере нагрева наблюдались подвижки пути в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Конечный выброс происходил в горизонтальной плоскости.

В работе О. Г. Плехова [3] отсутствуют данные о величине погонного сопротивления перемещению в вертикальной плоскости, поэтому по формуле (10) невозможен прямой расчет допустимого нагрева рельсов. С целью косвенного сравнения теоретических и экспериментальных данных, для определенных из опыта приращений температуры, соответствующих выбросу пути, по формуле (10) были найдены расчетные значения погонного сопротивления подъему пути (табл. 3).

Таблица 3

Величина подъёмки, см	Приращение температуры на момент выброса, °С	Расчетный момент инерции пути, см <sup>4</sup>	Расчетная площадь поперечного сечения двух рельсов, см <sup>2</sup>	Погонное сопротивление подъему пути, кг/см
1	33,4	480	46	0,77
2	30,0	480	46	1,24
3	20,0	480	46	0,82

Данные табл. 3 показывают: а) рассчитанные величины погонного сопротивления подъему пути соответствуют опытным [1]; б) разброс величин погонного сопротивления объясняется, по всей видимости, различной степенью уплотнения и слеживания балласта; в) расчетные значения для подъёмки на 1 и 3 см соответствуют величинам погонного сопротивления вновь уложенного пути с поверхностным уплотнением балласта на 2 см — величинам сопротивления хорошо уплотненного пути.

Таким образом, можно отметить известную сходимость теоретических и опытных данных, которыми мы располагаем. Это позволяет рекомендовать изложенный выше метод расчета для практического применения.

Проделанный анализ справедлив при условии, что подъёмка пути производится при помощи ручных инструментов. В том случае, когда применяются подъемочно-выправочные машины, расчетная схема будет иной, и можно ожидать некоторого повышения устойчивости пути.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Б. И. Кувалдин. Применение сварных длиномерных рельсов на лесовозных узкоколейных железных дорогах. Гослесбуиздат, 1963. [2]. С. И. Морозов. К вопросу устойчивости пути в вертикальной плоскости. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 6, 1968. [3]. О. Г. Плехов. Устойчивость узкоколейного пути, уложенного длинными сварными рельсами, при производстве путевых работ. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1968.

УДК 634.0.867.3

## К ВОПРОСУ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АЛЮМОСИЛИКАТНОГО КАТАЛИЗАТОРА ПРИ ГАЗИФИКАЦИИ ДРЕВЕСИНЫ

П. Ф. МАРЧЕНКО

(Архангельский лесотехнический институт)

Энергохимическое использование лесосечных отходов в Верховском леспромхозе Архангельской области осуществляется в газогенераторной установке В. А. Лямина (ЛТА). Часть генераторного газа используется на технические нужды, другая сжигается совместно с щепой в топках котлов паромашинных электростанций ПСТ 1-200. Расчеты, выполненные нами на основании исследований А. И. Егорова и др. [3], [4], показывают, что коэффициент использования теплоты сгорания генераторного газа в этом случае составляет только 8,5—9,1%.

Наиболее экономичный способ использования генераторного газа для получения электроэнергии — его сжигание в дизельных двигателях стационарных электростанций [2]. Эти электростанции позволяют в 2,5—3,0 раза повысить коэффициент использования теплоты сгорания генераторного газа. Однако сжигание в двигателях внутреннего сгорания генераторного газа, получаемого в установке В. А. Лямина, связано с трудностями по его очистке от смол и кислот, получающихся при термическом разложении древесины.

Существующие методы очистки генераторного газа от смол и кислот громоздки и не дают должного эффекта. Наиболее рациональный метод очистки — пропуск газа и паров указанных веществ через слой нагретого катализатора. При этом в результате крекинга смол и кислот может быть увеличен выход газа и повышена теплота его сгорания. В известных способах газификации древесины для крекинга продуктов разложения древесины используется древесный уголь при температуре 950—1200°C. Недостаток древесного угля как катализатора при указанных температурах — низкая теплота сгорания крекинг-газа [5], а при 650—800°C — неполный крекинг смол и кислот до газовой фазы.

В настоящей статье приведены результаты опытов использования алюмосиликатного катализатора для крекинга парогазовых продуктов термического разложения древесины с целью получения газов. В литературе нам не удалось найти опытных данных по этому вопросу.

Алюмосиликатный катализатор, как и древесный уголь, ослабляет связи С—С и разрывает связи С—Н в веществах углеводородного характера, вследствие чего высокомолекулярные соединения термического разложения древесины при определенных температурах могут выделить газы. Эти катализаторы нашли широкое применение в нефтеперерабатывающей промышленности для получения легких жидких топлив. Крекинг нефти проводят при температурах 450—550°C. С повышением температуры процесса увеличивается выход более простых газообразных углеводородов, которые в этом случае являются нежелательными продуктами.

Исследования и практика применения алюмосиликатных катализаторов показывают, что их активность зависит от температуры, хими-

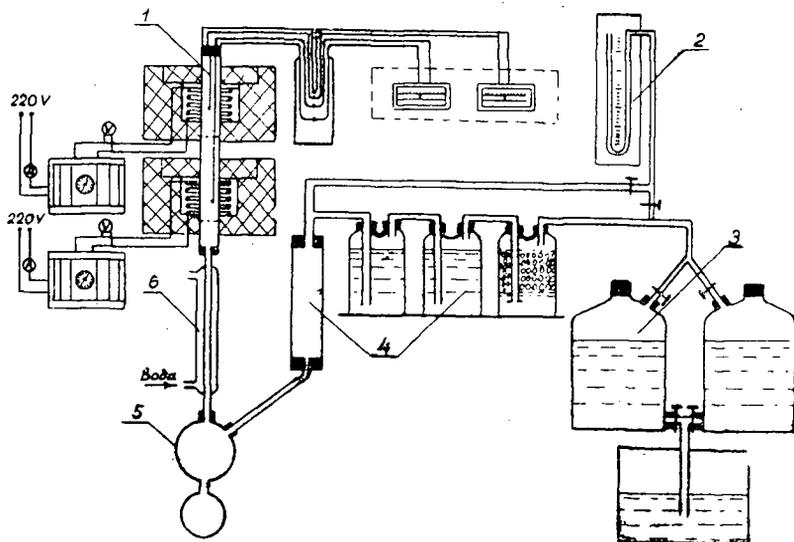


Рис. 1.

ческого состава и условий приготовления. Оптимальная температура работы алюмосиликатного катализатора устанавливается опытным путем в зависимости от химического состава катализатора и желаемого крекинг-продукта. В исследованиях К. В. Топчиевой [6] установлено, что наиболее активны катализаторы с содержанием 30%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и 70%  $\text{SiO}_2$ . Это положение подтверждается и другими работами [7], [8], в которых доказано, что катализаторы с содержанием от 30 до 50%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  более активны. С. В. Рогинский установил [1], что для повышения активности алюмосиликатный катализатор необходимо готовить и формировать в условиях температур, более высоких, чем те, при которых он будет работать.

В процессе крекинга углеводородов на алюмосиликатном катализаторе откладывается углерод, большое количество которого снижает его активность. В состав парогазов термического разложения древесины, кроме высокомолекулярных соединений, входят и водяные пары. При температуре крекинга выше  $700^\circ\text{C}$  эти водяные пары будут взаимодействовать с осаждающимся углеродом, регенерируя катализатор. Эффективность регенерации зависит от температуры процесса.

Алюмосиликатный катализатор, который мы использовали в опытах для крекинга парогазовых продуктов термического разложения древесины, был приготовлен в виде гранул диаметром 10–11 мм с крупнопористой структурой из Суворовской глины следующего состава:  $\text{Al}_2\text{O}_3$  — 38,04%;  $\text{SiO}_2$  — 42,80%;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  — 1,33%;  $\text{TiO}_2$  — 2,57%;  $\text{CaO}$  — 0,27%;  $\text{MgO}$  — 0,22%;  $\text{SO}_3$  — 0,17%; потери при прокаливании — 14,30%. Температура обжига катализатора была установлена  $1250$ – $1300^\circ\text{C}$ , так как температура плавления глины —  $1750$ – $1760^\circ\text{C}$ , а структура катализатора нарушается при  $1600^\circ\text{C}$ .

Схема лабораторной установки по исследованию влияния алюмосиликатного катализатора на газообразование при крекинге парогазов термического разложения древесины представлена на рис. 1.

В нижнее реакционное пространство реторты 1 из кварцевой трубы диаметром 50 мм было загружено 98,4 г катализатора (объем  $50 \text{ см}^3$ ). Температуру катализатора устанавливали до начала опыта и поддерживали постоянной. В верхнее реакционное пространство загружали 70,0 г сосновой щепы, имеющей относительную влажность 1,45%. Для более полного крекинга смол и кислот в опытах использовали медленное термическое разложение с конечной температурой  $600$ – $605^\circ\text{C}$ . Продолжи-

тельность процесса разложения составляла 40 мин. Нарастание температуры разложения во времени для всех опытов было одинаковым, температуру замеряли хромель — алюмелевыми термопарами.

В установке предусмотрено охлаждение парогазов в холодильнике 6, отделение газа от жидких продуктов — в газоотделителе 5, очистка, промывка и подсушка газа — в системе 4. Получаемый газ собирали в газометры 3. Контроль давления в установке осуществлялся водяным манометром 2.

Количество жидких продуктов и угля определяли в весовых единицах с точностью 0,01 г, а количество газа — в объемных единицах с точностью 0,1 л. Газ анализировали на газоанализаторе ВТИ, теплоту сгорания его подсчитывали по формулам

$$H_u^H = 12749 \text{ CO} + 35881 \text{ CH}_4 + 10810 \text{ H}_2 + 60436 C_n H_m \text{ кдж/нм}^3;$$

$$H_u^B = 12749 \text{ CO} + 39984 \text{ CH}_4 + 12803 \text{ H}_2 + 64636 C_n H_m \text{ кдж/нм}^3,$$

здесь CO, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>, C<sub>n</sub>H<sub>m</sub> — содержание компонентов газовой смеси в объемных долях.

Достоверность каждого опыта определяли материальным балансом исходного сырья и полученных продуктов. Отклонения от среднего значения для параллельных опытов допускались: для температуры 0,5%, а для выхода и состава газа 2,0%. Для каждой температуры катализатора проводили три параллельных опыта.

Для оценки результатов крекинга парогазов на алюмосиликатном катализаторе были проведены опыты по термическому разложению древесины при тех же условиях без крекинга парогазов. Результаты этих опытов следующие.

Материальный баланс:

газ . . . . .	13,00 г	18,58 %	к исходному сырию
уголь . . . . .	18,73 »	26,80	»
жидкие продукты . . . . .	38,27 »	54,62	»

Состав газа в объемных %:

CO <sub>2</sub> . . . . .	40,4
C <sub>n</sub> H <sub>m</sub> . . . . .	2,5
CO . . . . .	41,7
H <sub>2</sub> . . . . .	6,2
CH <sub>4</sub> . . . . .	9,2

Теплота сгорания газа:

низшая H <sub>u</sub> <sup>H</sup> . . . . .	10 484 кдж/нм <sup>3</sup> (2504 ккал/нм <sup>3</sup> );
высшая H <sub>u</sub> <sup>B</sup> . . . . .	11 405 » (2724 »).

Выход газа . . . . . 0,134 нм<sup>3</sup>/кг исходного сырья.

Т а б л и ц а 1

Температура катализатора, °С	Вес продуктов					
	г			% к исходному сырию		
	газа	угля	жидких продуктов	газа	угля	жидких продуктов
565	13,40	18,88	37,72	19,3	27,0	53,7
662	22,40	18,65	28,95	32,0	26,7	41,3
757	26,80	18,66	24,54	38,4	26,7	34,9
850	30,00	18,47	21,53	43,0	26,4	30,6
950	33,10	18,66	18,24	47,4	26,5	26,1
998	35,80	17,82	16,38	51,2	25,6	23,2
1025	36,80	18,18	15,02	52,5	26,0	21,5

Материальный баланс опытов термического разложения древесины с крекингом парогазов на катализаторе представлен в табл. 1, а выход, состав и теплота сгорания газа — в табл. 2.

Результаты опытов показывают, что крекинг жидких продуктов с образованием газа уже начинается при температуре катализатора 565°C. С повышением температуры количество газа увеличивается в результате крекинга жидких продуктов.

С ростом температуры катализатора содержание компонентов C<sub>n</sub>H<sub>m</sub> и CH<sub>4</sub> сначала растет, а затем уменьшается. Максимальное их

Таблица 2

Показатели	Величина показателей при температуре катализатора, °С						
	565	662	757	850	950	998	1025
Выход газа, $\text{нм}^3/\text{кг}$ исходного сырья	0,155	0,270	0,332	0,384	0,482	0,516	0,532
Состав газа в объемных %							
$\text{CO}_2$	27,00	18,80	16,55	15,70	14,48	14,30	14,00
$\text{C}_n\text{H}_m$	3,55	6,55	6,95	6,40	3,45	2,92	1,86
$\text{O}_2$	—	0,15	0,30	—	0,50	—	0,42
$\text{CO}$	42,95	49,50	49,05	47,60	43,00	41,20	41,22
$\text{H}_2$	14,20	13,00	13,85	15,95	25,10	29,38	32,00
$\text{CH}_4$	12,30	12,00	13,40	14,38	13,47	12,20	10,50
Теплота сгорания газа, $\text{кДж}/\text{нм}^3$							
низшая	13440	15847	16767	16817	15989	14947	13703
высшая	14467	17010	17856	17939	17186	15784	14842
$\text{ккал}/\text{нм}^3$							
низшая	3210	3785	4000	4012	3819	3570	3273
высшая	3455	4058	4260	4280	4100	3770	3545

содержание наблюдается для  $\text{C}_n\text{H}_m$  при 750°C, а для  $\text{CH}_4$  при 850°C. Снижение  $\text{C}_n\text{H}_m$  и  $\text{CH}_4$  при дальнейшем повышении температуры катализатора указывает на их распад с образованием водорода, содержание которого при этом резко возрастает.

Содержание  $\text{CO}$  сначала растет, а затем падает. Максимальное количество  $\text{CO}$  наблюдается при 660—750°C. Содержание  $\text{CO}_2$  с повышением температуры катализатора непрерывно уменьшается с 27,0% (565°C) до 14,0% (1025°C). Снижение  $\text{CO}_2$  и  $\text{CO}$  от максимального значения указывает на незначительный их выход с повышением температуры катализатора.

Область оптимальной температуры крекинга парогазов термического разложения древесины на алюмосиликатном катализаторе по максимальной теплоте сгорания крекинг-газа лежит в пределах 750—850°C.

Таким образом, крекинг парогазов термического разложения древесины в слое алюмосиликатного катализатора увеличивает выход газа и улучшает его качество, благодаря распаду смол и кислот с образованием в основном  $\text{C}_n\text{H}_m$ ,  $\text{CH}_4$  и  $\text{CO}$ .

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. Н. Бродский. Физическая химия. Госхимиздат, 1948. [2]. С. И. Головкин, М. С. Зарецкий. Выбор оптимальной схемы энергохимического использования древесных отходов. Труды ЦНИИМЭ, т. XXVII, 1961. [3]. А. И. Егоров, А. Э. Пиир, Е. А. Трофимов. Опыт использования генераторного низкокалорийного газа в Верховском леспромхозе. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 1965. [4]. А. И. Егоров, М. А. Топоркова. Совместное сжигание низкокалорийного генераторного газа и древесной щепы в топках скоростного горения ЦКТИ системы В. В. Померанцева. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1965. [5]. П. Ф. Марченко. Исследование влияния древесного угля на процесс газообразования в ретортных способах газификации древесины. Труды АЛТИ, т. XVII, 1957. [6]. К. В. Топчиева. ДАН СССР, т. 80, № 4, 1951. [7]. P. C. Hausford. Industrial and Engineering Chemistry, t. 39, № 7, 846, 1947. [8]. C. L. Thomas. Industrial and Engineering Chemistry, t. 41, № 11, 2564, 1949.

Поступила 23 апреля 1969 г.

## МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 674.02

## ВЛИЯНИЕ МАТЕРИАЛА ВАЛЬЦА НА СКОРОСТЬ ПОДАЧИ ДРЕВЕСИНЫ

М. С. МОВНИН, Ю. Д. ПЕРЕВЯЗКИН

(Ленинградская лесотехническая академия)

Как известно из теории вальцовых подач [2], [3], при подаче древесины гладкими металлическими вальцами происходит их относительное проскальзывание. Скольжение наблюдается не только тогда, когда силы сопротивления подаче по абсолютному значению превышают усилие сцепления вальца с древесиной (технологическое скольжение)\*, но и когда силы полезного сопротивления вообще отсутствуют (кинематическое скольжение)\*. В результате такого скольжения скорость подачи древесины оказывается меньше, чем окружная скорость подающего вальца. В то же время задача определения истинной скорости подачи древесины существенно важна.

Цель данной работы — выяснить влияние материала вальца на скорость подачи древесины.

При подаче гладкими вальцами (изготовленными из древесностолоистого пластика или из прессованной древесины), модули упругости которых близки к модулю упругости древесины, под действием усилия прижима  $Q$  происходит деформация как древесины, так и самого вальца (рис. 1). Вследствие этого контакт вальца с древесиной проходит уже не по дуге радиуса  $r$ , а по некоторой кривой, проходящей через точки  $B$ ,  $C$  и  $D$ . Вид этой кривой зависит от целого ряда факторов.

С достаточной степенью точности можно считать, что кривая  $BCD$  является дугой окружности радиуса  $R$  с центром в точке  $O_1$ . Значение такого радиуса можно найти по известной формуле для определения радиуса сектора по величине его стрелы и полухорды (рис. 1)

$$R = \frac{a^2 + \Delta l_1^2}{2\Delta l_1}, \quad (1)$$

где  $R$  — радиус дуги захвата;

$a$  — половина ширины контактной площадки;

$\Delta l_1$  — величина деформации древесины.

Скорость подачи древесины можно представить [3] как произведение угловой скорости и приведенного радиуса вальца (рис. 2)

$$V_n = \omega r' \cos \alpha_1 = \omega r_{пр}, \quad (2)$$

где  $r_{пр}$  — приведенный радиус вальца.

Для нахождения приведенного радиуса рассмотрим равновесие вальца. При установившемся движении сумма моментов всех сил, приложенных к вальцу, относительно его оси выразится

$$M_{CE} + M_{CF} - M_{DE} - M_{BF} - M_n = 0, \quad (3)$$

\* Эти термины были впервые предложены доц. В. Я. Филькевичем.

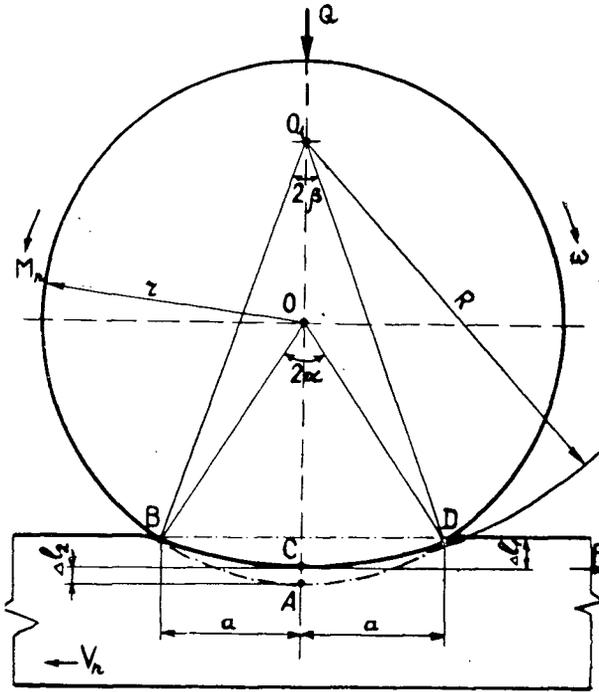


Рис. 1.

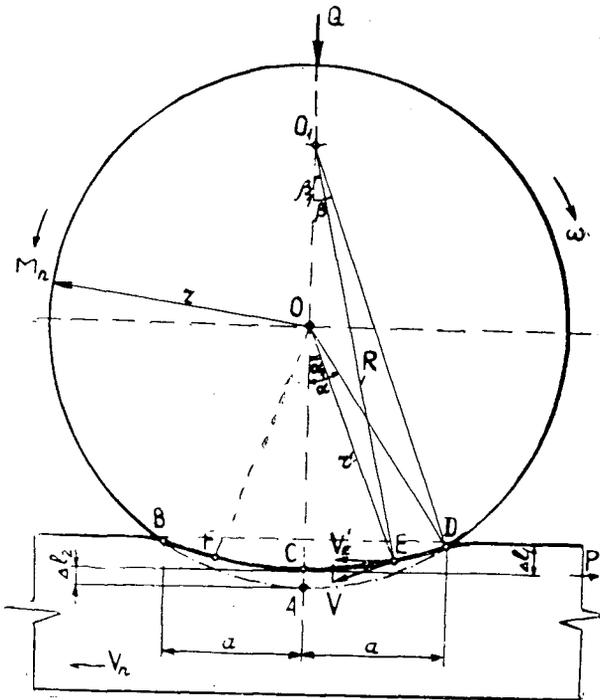


Рис. 2.

где  $M_n$  — момент сил сопротивления подаче;  
 $M_{CE}$ ,  $M_{CF}$ ,  $M_{DE}$ ,  $M_{BF}$  — моменты сил на соответствующих участках дуги захвата (рис. 2).

Если учесть, что при пропуске древесины на станках чистовой обработки возникающие в древесине при ее подаче деформации являются, в основном, упругими, то можно считать, что  $M_{CE} = M_{CF}$  и  $M_{DE} = M_{BF}$ . Тогда уравнение (3) принимает вид

$$2M_{CE} - 2M_{DE} - M_n = 0. \quad (4)$$

Для определения величины момента на дуге  $CE$  выделим элементарную площадку касания вальца с древесиной, на которую действует

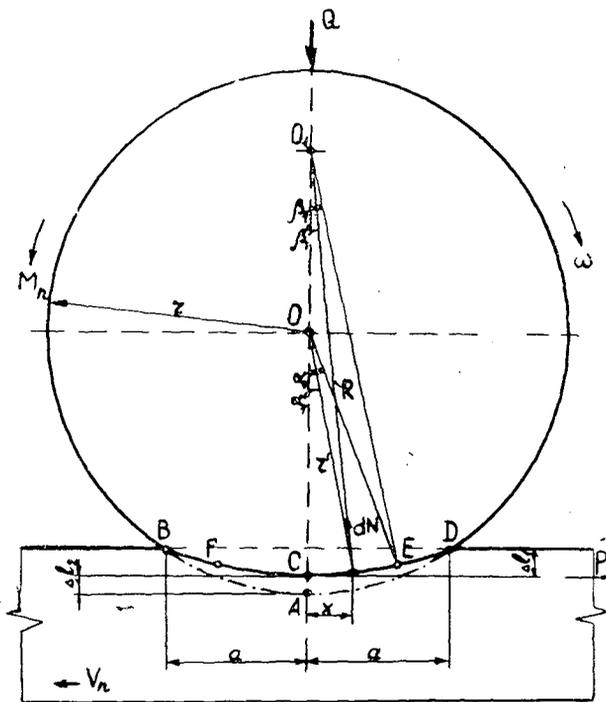


Рис. 3.

нормальное давление  $dN$  (рис. 3), направленное по радиусу  $R$ . Элементарная сила трения  $dF$  на выделенном участке направлена перпендикулярно радиусу  $R$

$$dF = fdN = fqRbd\beta'_1, \quad (5)$$

где  $f$  — коэффициент трения скольжения;  
 $q$  — удельное давление;  
 $b$  — ширина подаваемой заготовки.

Полный момент от сил  $dF$  по всей дуге  $CE$  относительно центра вращения вальца  $O$

$$M_{CE} = \int_0^{\beta} dFr' \cos(\alpha'_1 - \beta'_1) = fbRq_0(r - \Delta l_2) \beta_1. \quad (6)$$

Аналогично момент трения на участке  $DE$  дуги захвата

$$M_{DE} = fbRq_0(r - \Delta l_2)(\beta - \beta_1). \quad (7)$$

Найденные значения моментов (6) и (7) подставим в уравнение моментов (4) и, учитывая, что при малых значениях углов  $\sin \frac{\beta_1}{2} \approx \frac{\beta_1}{2}$  и  $\sin \beta \approx \beta$ , получим

$$\sin \frac{\beta_1}{2} = \frac{1}{4} \left( \frac{M_n}{2fbRq_0(r - \Delta l_2)} + \sin \beta \right). \quad (8)$$

Приведенный радиус (как следует из уравнения (2) и рис. 1)

$$r_{np} = r' \cos \alpha_1 = (r - \Delta l_2) - R(1 - \cos \beta_1). \quad (9)$$

Решая совместно уравнения (8) и (9), получим

$$r_{np} = (r - \Delta l_2) - \frac{R}{8} \left( \frac{M_n}{2fRbq_0(r - \Delta l_2)} + \sin \beta \right). \quad (10)$$

Подставив в выражение (10) значение момента сил сопротивления подаче [3] и выразив величину максимального удельного давления через усилие прижима вальца [1], после ряда преобразований получим окончательное выражение приведенного радиуса

$$r_{np} = r_a - \frac{\Delta l_1}{4} \left[ \left( \frac{k}{r_a} + \frac{P}{Q} \right) + 1 \right]^2, \quad (11)$$

где

$k$  — коэффициент трения качения;

$Q$  — усилие прижима вальца к заготовке;

$P$  — сила сопротивления подаче;

$f' = \frac{4}{\pi} f$  — приведенный коэффициент трения;

$r_a = (r - \Delta l_2)$  — динамический радиус вальца;

$\Delta l_2$  — величина деформации вальца.

Подставляя выражение (11) в уравнение (2), найдем действительную скорость подачи древесины вальцами, изготовленными из древеснослоистого пластика или из прессованной древесины,

$$V_n = \omega \left\{ r_a - \frac{\Delta l_1}{4} \left[ \left( \frac{k}{r_a} + \frac{P}{Q} \right) + 1 \right]^2 \right\}. \quad (12)$$

Как видно из уравнения (12), скорость подачи древесины зависит от величины деформации древесины и вальца при данном значении усилия прижима  $Q$ , силы сопротивления подаче  $P$ , коэффициентов трения скольжения  $f$  и качения  $k$ , а также от наружного радиуса вальца  $r$ .

Скольжение, возникающее при вальцовых подачах, характеризуется, как известно [2], [3], коэффициентами технологического и кинематического скольжения.

В данном случае коэффициент технологического скольжения

$$\lambda_T = \frac{\Delta l_2}{r} + \frac{\Delta l_1}{4r} \left[ \left( \frac{k}{r_a} + \frac{P}{Q} \right) + 1 \right]^2 \quad (13)$$

и соответственно коэффициент кинематического скольжения

$$\lambda_K = \frac{\Delta l_2}{r} + \frac{\Delta l_1}{4r} \left( \frac{k}{r_a f'} + 1 \right)^2. \quad (14)$$

Анализируя уравнения (13) и (14), можно отметить следующее.

1. Коэффициенты скольжения  $\lambda_T$  и  $\lambda_K$  увеличиваются с возрастанием деформации вальца  $\Delta l_2$  и древесины  $\Delta l_1$ , а также с повышением коэффициента трения качения  $k$ .

2. Коэффициенты скольжения  $\lambda_T$  и  $\lambda_K$  уменьшаются при увеличении радиуса вальца  $r$ , а также при возрастании коэффициента трения скольжения  $f$ .

3. Коэффициенты скольжения  $\lambda_T$  и  $\lambda_K$  при подаче древесины вальцами, изготовленными из древеснослоистого пластика или из прессованной древесины, несколько выше (а именно, на величину  $\frac{\Delta l_2}{r}$ ), чем соответствующие коэффициенты при подаче древесины металлическими вальцами [2]; это объясняется деформацией вальцов.

4. Коэффициент технологического скольжения увеличивается с возрастанием силы сопротивления подаче и уменьшается при повышении усилия прижима.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. А. М. Кац. Теория упругости. Государственное издательство технико-теоретической литературы. М., 1956. [2]. М. С. Мовнин. Подающие механизмы деревообрабатывающих станков. Машгиз, 1958. [3]. В. Я. Филькевич. Скольжение материала при вальцовой подаче. Бюллетень научно-технической информации ЛТА № 46, 1957.

Поступила 30 апреля 1969 г.

УДК 634.0.812

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВНУТРЕННЕГО ТРЕНИЯ В ДРЕВЕСИНЕ

А. Д. МАНАСЕВИЧ

(Воронежский технологический институт)

Изучение затухания свободных колебаний в древесине представляет большой интерес. С теоретической точки зрения это изучение позволяет подойти к раскрытию физической картины внутреннего трения в древесине. С практической точки зрения данные о затухании колебаний, тесно связанные с внутренним трением, могут быть полезны, как нам кажется, при обосновании режимов некоторых процессов пластификации древесины (прессование, гнутье), при оценке акустических свойств древесины для музыкальных инструментов.

В работах по изучению внутреннего трения в качестве характеристики чаще всего принимают величину

$$Q^{-1} = \frac{\delta}{\pi},$$

где  $\delta$  — логарифмический декремент затухания колебаний\*.

Эту величину удобно определять, наблюдая число колебаний  $n$ , необходимых, чтобы исходная амплитуда уменьшалась в два раза. В этом случае  $Q^{-1} = \frac{0,22}{n}$ .

Для исследования затухания колебаний мы использовали метод крутильных колебаний. В разработанной нами установке применен

\* В. С. Постников. Внутреннее трение в металлах. Metallurgizdat, М., 1969.

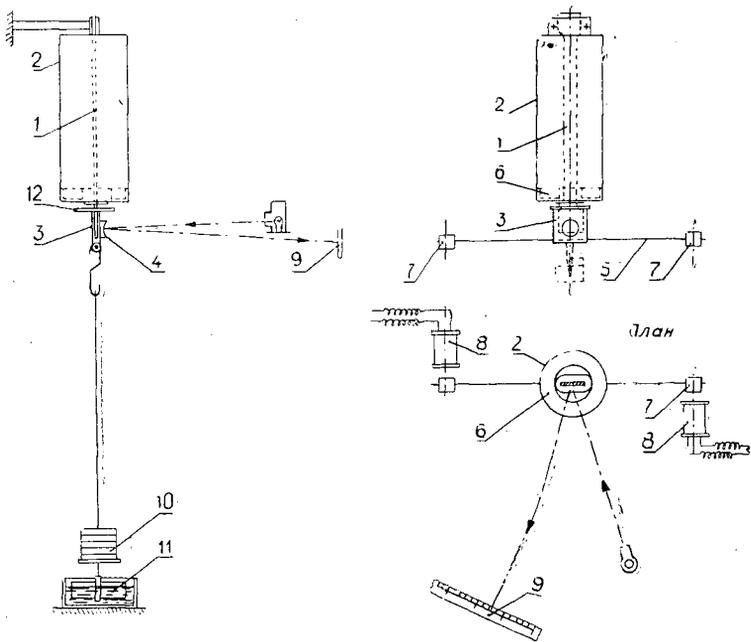


Рис. 1.

известный принцип крутильного маятника; установка имеет некоторые специфические особенности, в достаточной мере обеспечивающие стабильную влажность образца и допускающие исследование крутильных колебаний в сочетании со статической растягивающей нагрузкой.

Для опытов были взяты образцы в виде полосок шириной 10 мм, толщиной 1,0—1,5 мм и с рабочей длиной 200 мм. При таких размерах частота собственных крутильных колебаний составила 1—1,7 гц, благодаря чему легко вести визуальные отсчеты. Образцы вырезали на фрезерном станке; выкальвание и продольное распиливание не могут обеспечить равномерной толщины образца по длине; поперечное лущение связано с большими изгибными напряжениями, вызывающими множественные мелкие трещины вдоль волокон.

Установка для испытаний имеет следующее устройство (рис. 1). Закрепленный в верхнем конце образец 1 помещают в камеру 2; на выступающем наружу нижнем конце крепят зажим 3, на котором расположены зеркала 4 и горизонтальная ось 5 с грузиками 7 на концах. Против грузиков установлены катушки 8, к которым подведен ток; положение грузиков регулируется микрометренными головками. При включении тока грузики 7 притягиваются к катушкам, образец закручивается; при размыкании цепи возникают затухающие крутильные колебания. Впереди установки находится источник света со щелевой диафрагмой и горизонтальная шкала 9. Световой луч, отражаясь от зеркала 4, дает на шкале изображение в виде полоски. Для наложения статического нагружения к зажиму 3 подвешивают на длинной нити груз 10; расположенная под ним крыльчатка погружена в сосуд с маслом 11. Как показали опыты, эта система надежно предохраняет грузы от вовлечения их в крутильные колебания.

Образец в камере 2 герметизирован следующим образом: в дне камеры вырезано овальное отверстие, выше зажима 3 на образец наложен диск 12 на расстоянии 1—1,5 мм от дна камеры; этот зазор обвязан воздухо непроницаемой пленкой, которую во время испытаний снимают. Внутри камеры на дне устроен кольцевой желобок 6, в который наливают воду при испытании образцов с высокой влажностью или насыпают хлористый кальций при испытании высушенных образцов. Второстепенные детали устройства не описаны.

На этой установке мы проводили опыты на образцах из сосны и осины, начальная влажность которых 30%; в дальнейшем часть образцов высушивали до влажности 10—12% и испытывали повторно. Угол закручивания изменяли по 6 ступеням в пределах от 1,5 до 10°. Опыты были поставлены на каждом образце сначала только в условиях крутильных колебаний, затем в сочетании со статическим растягивающим

напряжением, которое постепенно повышали до 100—140  $\kappa\Gamma/\text{см}^2$ ; груз увеличивали ступенями — сначала по 0,5 кг, а начиная с 4 кг — по 1—2 кг. Нагрузку удавалось доводить до 16—18 кг.

Наблюдения вели следующим образом. На миллиметровой шкале 9 расположено три движка со стрелками. Один движок перед началом опыта устанавливали в нулевое положение по световому зайчику, затем включали ток, образец закручивался, зайчик перемещался в крайнее положение, где был установлен другой движок. Третий движок располагали по середине интервала. Затем ток включали и просчитывали число колебаний, необходимых для того, чтобы амплитуда колебаний уменьшилась до расположения среднего движка. Малая частота колебаний позволяла оценить по шкале и долю последнего колебания, после которого зайчик уже не достигал середины исходной амплитуды. Новый цикл начинался после полного прекращения предшествующих колебаний. По каждой позиции опыта делали 6—10 отсчетов, в целом для одного образца около 600—800 отсчетов. Кроме определения количества колебаний, мы вели наблюдения за их периодом: по секундомеру отмечали длительность 10 колебаний.

*Амплитуда закручивания.* В образцах с высокой влажностью величина  $Q^{-1}$  заметно выше, чем в воздушно сухих. И в тех, и в других образцах величина  $Q^{-1}$  имеет наибольшее значение при малых углах закручивания, при увеличении амплитуды до  $4^\circ$  она постепенно снижается; дальнейшее возрастание амплитуды до  $10^\circ$  ощутимого влияния не оказывает.

*Влияние продольных растягивающих напряжений* очень значительно, даже небольшие нормальные напряжения (около 5—10  $\kappa\Gamma/\text{см}^2$ ) заметно снижают внутреннее трение и его характеристику  $Q^{-1}$ , то есть затухание колебаний протекает медленнее; при дальнейшем увеличении растягивающих напряжений (до 100—115  $\kappa\Gamma/\text{см}^2$  и в отдельных образцах до 140) сохраняется общая тенденция, хотя и в более слабой степени: чем выше продольное напряжение, тем ниже величина  $Q^{-1}$ . В табл. 1 приведены средние данные для образцов из сосны.

Таблица 1

Образцы	Величина $Q^{-1}$ при продольном растягивающем напряжении $\sigma$ , $\kappa\Gamma/\text{см}^2$			
	0	10	50	100
Сосна 30%-ной влажности	0,035	0,032	0,028	0,025
Сосна воздушно сухая (10—12% влажности) . .	0,027	0,025	0,022	0,021

*Влажность.* Образцы воздушно сухие значительно снижают величину  $Q^{-1}$  во всем диапазоне углов закручивания и при всех значениях продольного напряжения; по сравнению с образцами влажностью 30% это снижение составляет 25—30% для образцов из сосны и 35—40% для образцов из осины.

*На период колебаний* некоторое влияние оказывает продольное растяжение (уменьшение периода колебаний на 15—20% при напряжениях порядка 100  $\kappa\Gamma/\text{см}^2$ ). Период колебаний значительно зависит от показателя  $Q^{-1}$ : чем выше последний, тем больше период колебаний; для сосны он равен 1 сек при  $Q^{-1} = 0,03—0,04$  и 2—2,2 сек при  $Q^{-1} = 0,06—0,08$ .

На наш взгляд, можно предложить следующее истолкование механизма отмеченных выше явлений. Макро- и микроскопические элементы строения древесины, а также (на субмикроскопическом уровне) сложные молекулярные структуры представляют разветвленные, изогнутые пространственные системы. При высушивании искривленность увеличивается вследствие возникновения внутренних напряжений вто-



Резание древесины осуществляли по схеме, изображенной на рис. 1. По этой схеме и при определенном соотношении  $H$  и  $D$  можно получить строганый шпон, технологическую щелу и другие виды стружки-продукта. Подача заготовки принята толчковой. При непрерывной подаче проведены контрольные опыты, в результате которых существенной разницы в величине сил не выявлено. Поэтому данные исследований достоверны для случаев резания древесины с толчковой и непрерывной подачами.

Основные параметры процесса резания приняты следующие: угол резания  $\delta = 25^\circ$ , угол заострения ножа  $\beta = 22^\circ$ , задний угол  $\alpha = 3^\circ$ , угол заострения прижима  $\beta_n = 130^\circ$ , угол наклона передней грани прижима  $\delta'_n = 25^\circ$ , угол  $\epsilon'_c = 42^\circ$ , ширина основной фаски прижима  $H_n = 2$  мм, радиус закругления главной кромки прижима  $\rho = 150$  мк.

Высота образцов равнялась 40 мм, ширина 30 мм. Степень обжима  $\Delta$  обеспечивалась установкой ножа и прижима по координатам  $a$  и  $b$ , а также по размеру щели  $h_{щ}$ ; эти величины определяли из формул

$$a = 0,454U_i \left(1 + \frac{1}{D} \sqrt{D^2 - H^2}\right) \left(1 - \frac{\Delta}{100}\right); \quad (1)$$

$$b = 0,407U_i \left(1 + \frac{1}{D} \sqrt{D^2 - H^2}\right) \left(1 - \frac{\Delta}{100}\right); \quad (2)$$

$$h_{щ} = 0,56U_i \left(1 + \frac{1}{D} \sqrt{D^2 - H^2}\right) \left(1 - \frac{\Delta}{100}\right). \quad (3)$$

Исследованиями установлено, что при  $\Delta = 0$ ,  $\phi_b = 90^\circ$ ,  $W > 30\%$ ,  $t = 20^\circ\text{C}$ ,  $V = 1$  м/сек и подачах  $U_i = 0,52, 0,81, 1,30, 1,82$  мм зависимость усилий резания от подачи выражается следующими уравнениями:

касательная сила на ноже (кГ/мм)

для дуба

$$P_n = 0,539U_i^{0,424}; \quad (4)$$

для березы

$$P_n = 0,396U_i^{0,610}; \quad (4a)$$

для лиственницы

$$P_n = 0,312U_i^{0,660}; \quad (4б)$$

нормальная сила на ноже (кГ/мм)

для дуба

$$Q_n = 0,291 - 0,554U_i^{0,328}; \quad (5)$$

для березы

$$Q_n = 0,112 - 0,315U_i^{0,526}; \quad (5a)$$

для лиственницы

$$Q_n = 0,181 - 0,323U_i^{0,354}. \quad (5б)$$

При  $U_i = 0,81$  мм,  $\phi_b = 90^\circ$ ,  $W > 30\%$ ,  $t = 20^\circ\text{C}$ ,  $V = 1$  м/сек и при переменной степени обжима  $\Delta = 0, 10, 20, 30\%$  усилия на блоке нож — прижим при резании выражаются следующими уравнениями:

касательная сила (кГ/мм)

для дуба

$$P_{бл} = 0,0022\Delta^{1,73} + 0,522; \quad (6)$$

для березы

$$P_{бл} = 0,0076\Delta^{1,30} + 0,348; \quad (6a)$$

для лиственницы

$$P_{бл} = 0,0014\Delta^{1,78} + 0,271; \quad (6б)$$

нормальная сила (кГ/мм)  
для дуба

$$Q_{6л} = 0,0620\Delta - 0,226; \quad (7)$$

для березы

$$Q_{6л} = 0,0438\Delta - 0,111; \quad (7a)$$

для лиственницы

$$Q_{6л} = 0,0348\Delta - 0,076. \quad (7б)$$

Анализ формул (6) и (7) показывает, что первый их член представляет собой усилие резания от обжима  $P_n$  или  $Q_n$ , а второй — без обжима  $P_n$  или  $Q_n$ , то есть

$$P_{6л} = P_n + P_n; \quad (8)$$

$$Q_{6л} = Q_n - Q_n. \quad (9)$$

Усилия резания на прижиме (от обжима) для разных степеней обжима и различных подач выражаются следующими уравнениями:  
дополнительная касательная сила (кГ/мм)

для дуба

$$P_n = 0,0030 (\Delta U_i)^{1,73}; \quad (10)$$

для березы

$$P_n = 0,0115 (\Delta U_i)^{1,30}; \quad (10a)$$

для лиственницы

$$P_n = 0,0019 (\Delta U_i)^{1,78}; \quad (10б)$$

дополнительная нормальная сила (кГ/мм)  
для дуба

$$Q_n = 0,0765\Delta U_i; \quad (11)$$

для березы

$$Q_n = 0,0541\Delta U_i; \quad (11a)$$

для лиственницы

$$Q_n = 0,0427\Delta U_i. \quad (11б)$$

Результирующие уравнения для определения сил резания древесины на станках роторного типа имеют следующий вид:

суммарная касательная сила (кГ/мм)

для дуба

$$P_{6л} = [0,0030 (\Delta U_i)^{1,73} + 0,539 U_i^{0,424}] K_\psi K_t K_w; \quad (12)$$

для березы

$$P_{6л} = [0,0115 (\Delta U_i)^{1,30} + 0,396 U_i^{0,610}] K_\psi K_t K_w; \quad (12a)$$

для лиственницы

$$P_{6л} = [0,0019 (\Delta U_i)^{1,78} + 0,312 U_i^{0,660}] K_\psi K_t K_w; \quad (12б)$$

суммарная нормальная сила (кГ/мм)

для дуба

$$Q_{6л} = (0,0765\Delta U_i + 0,554 U_i^{0,328} - 0,291) K_\psi K_t K_w; \quad (13)$$

для березы

$$Q_{\text{бл}} = (0,0541\Delta U_i + 0,315U_i^{0,526} - 0,112) K_{\psi} K_i K_W; \quad (13a)$$

для лиственницы

$$Q_{\text{бл}} = (0,0427\Delta U_i + 0,323U_i^{0,351} - 0,181) K_{\psi} K_i K_W, \quad (13b)$$

где  $K_{\psi}$ ,  $K_i$ ,  $K_W$  — поправочные коэффициенты на угол встречи вектора скорости резания с направлением волокон древесины, на температуру и влажность древесины.

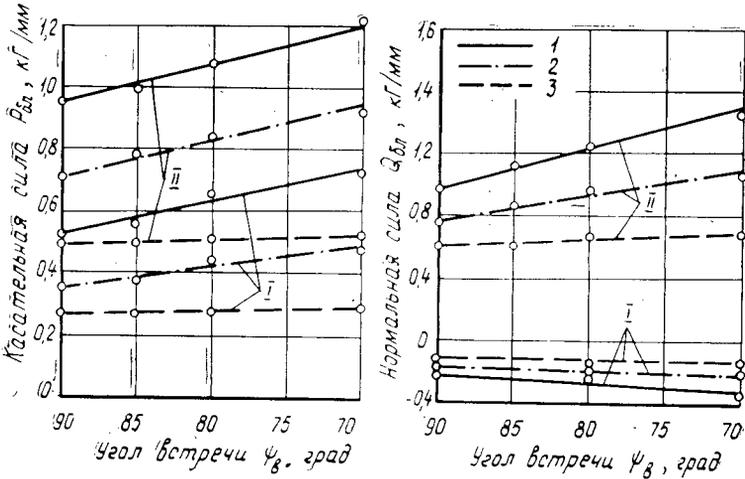


Рис. 2.

I — степень обжима  $\Delta=0$ ; II — степень обжима  $\Delta=20\%$ ; 1 — для дуба; 2 — для березы; 3 — для лиственницы.

Таблица I

Порода древесины	Усилие	Значения коэффициентов $K_{\psi}$ при углах встречи $\psi_{\text{в}}$ , град			
		90	85	80	70
Дуб	Касательное	$\frac{1,00}{1,00}$	$\frac{1,11}{1,06}$	$\frac{1,22}{1,13}$	$\frac{1,44}{1,26}$
		$\frac{1,00}{1,00}$	$\frac{1,11}{1,09}$	$\frac{1,22}{1,29}$	$\frac{1,44}{1,37}$
Береза	Касательное	$\frac{1,00}{1,00}$	$\frac{1,09}{1,07}$	$\frac{1,18}{1,16}$	$\frac{1,37}{1,32}$
		$\frac{1,00}{1,00}$	$\frac{1,03}{1,11}$	$\frac{1,06}{1,21}$	$\frac{1,02}{1,43}$
Лиственница	Касательное	$\frac{1,00}{1,00}$	$\frac{1,02}{1,02}$	$\frac{1,06}{1,04}$	$\frac{1,08}{1,08}$
		$\frac{1,00}{1,00}$	$\frac{1,03}{1,04}$	$\frac{1,07}{1,08}$	$\frac{1,13}{1,16}$

Примечание. В числителе данные при резании без обжима; в знаменателе — с обжимом.

Для определения величины  $K_{\psi}$  исследован процесс резания древесины с различными углами встречи. Переменный угол встречи  $\psi_{в} = 90, 85, 80, 70^{\circ}$  обеспечивался наклонной установкой образцов. Зависимость сил резания от угла встречи вектора скорости резания с направлением волокон древесины (рис. 2) выражается прямыми линиями с различным углом наклона.

Значения поправочных коэффициентов на угол встречи вектора скорости резания с направлением волокон древесины приведены в табл. 1. Поправочный коэффициент на температуру древесины при резании по обобщенным данным В. И. Любченко [2] и В. Н. Фелещука [4] принимают по табл. 2. Поправочный коэффициент на влажность древесины  $K_w$  находят по данным А. Л. Бершадского [1].

Таблица 2

Порода древесины	Усилие	Значения поправочных коэффициентов $K_t$ при температуре древесины, $^{\circ}\text{C}$					
		10	20	30	40	50	60
Дуб	Касательное . .	1,09	1,00	0,95	0,90	0,86	0,78
	Нормальное . .	1,11	1,00	0,89	0,73	0,58	0,48
Береза	Касательное . .	1,09	1,00	0,94	0,90	0,84	0,76
	Нормальное . .	1,12	1,00	0,83	0,65	0,52	0,46
Лиственница	Касательное . .	1,07	1,00	0,97	0,93	0,89	0,82
	Нормальное . .	1,10	1,00	0,89	0,79	0,65	0,55

Использование формул (12) и (13) позволяет определить силы резания древесины и рассчитать необходимые мощности приводов станка роторного типа.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. Л. Бершадский. Резание древесины. Гослесбуиздат, 1962.  
 [2]. В. И. Любченко. Исследование прижима как средства управления процессом стружкообразования в процессе строгания шпона. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, М., 1965. [3]. А. С. Симонов. Расчет основных размеров и конструкция фрезы для поперечного фрезерования. «Механическая обработка древесины» № 12, 1966. [4]. В. Н. Фелещук. Исследование сопротивляемости древесины обработке лущением. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, М., 1965.

Поступила 15 мая 1968 г.

УДК 621.914.1

## К РАСЧЕТУ ПРОЦЕССА ВЫБОРКИ ГНИЛИ ИЗ ПОЛЕНЬЕВ ПРОДОЛЬНЫМ ФРЕЗЕРОВАНИЕМ

Л. Е. ЧИВИКСИН

(Архангельский лесотехнический институт)

Ранее нами [2] было исследовано плоское цилиндрическое фрезерование гнилой древесины. Однако при выборке гнили из поленьев в зависимости от профиля взаимодействующих элементов различают следующие три случая резания, имеющие ряд особенностей по сравнению с обычным цилиндрическим фрезерованием. В первом случае

треугольный профиль гнили срезают ножами с прямолинейной режущей кромкой, во втором и третьем случаях слой гнили соответственно в виде сегмента и сектора срезают ножами с криволинейным лезвием.

В настоящей статье даны обоснованные формулы и методика расчета названных случаев выборки гнили из поленьев продольным фрезерованием. При цилиндрическом фрезеровании прямоугольного профиля гнили глубина фрезерования  $H$ , угол контакта  $\varphi$  и толщина стружки  $e$  по длине лезвия ножа — величины постоянные

$$e = c \sin \varphi = c \sqrt{\frac{H}{D}}, \quad (1)$$

где  $c$  — подача на один нож;

$D$  — диаметр окружности резания.

При фрезеровании треугольного профиля гнили (рис. 1) каждая точка лезвия ножа работает со своей глубиной фрезерования  $H_x$ .

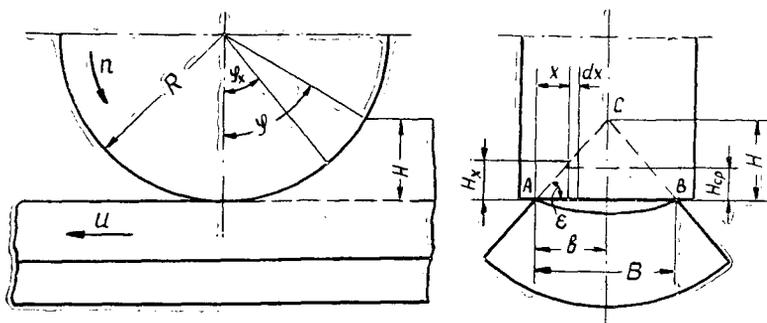


Рис. 1.

углом контакта  $\varphi_x$  и толщиной стружки  $e_x$ . При этом средний угол контакта  $\varphi_{\text{ср.}x}$  отдельных точек лезвия ножа определяется с помощью уравнения

$$\sin \varphi_{\text{ср.}x} = \sqrt{\frac{H_x}{D}}, \quad (2)$$

а средний угол контакта  $\varphi_{\text{ср}}$  для всей длины профиля ножа  $AB$  можно выразить через отношение интеграла мгновенных значений  $\varphi_{\text{ср.}x}$  по длине  $AC$  к длине  $AC$

$$\sin \varphi_{\text{ср}} = \frac{1}{b} \int_0^b \sqrt{\frac{H_x}{D}} dx. \quad (3)$$

При решении интеграла, входящего в выражение (3), получим следующие расчетные формулы для среднего угла контакта, средней глубины фрезерования и средней толщины стружки, характеризующих в целом процесс фрезерования треугольного профиля гнили

$$\sin \varphi_{\text{ср}} = 0,67 \sqrt{\frac{H}{D}}; \quad (4)$$

$$H_{\text{ср}} = 0,44H; \quad (5)$$

$$e_{\text{ср}} = 0,67c \sqrt{\frac{H}{D}}. \quad (6)$$

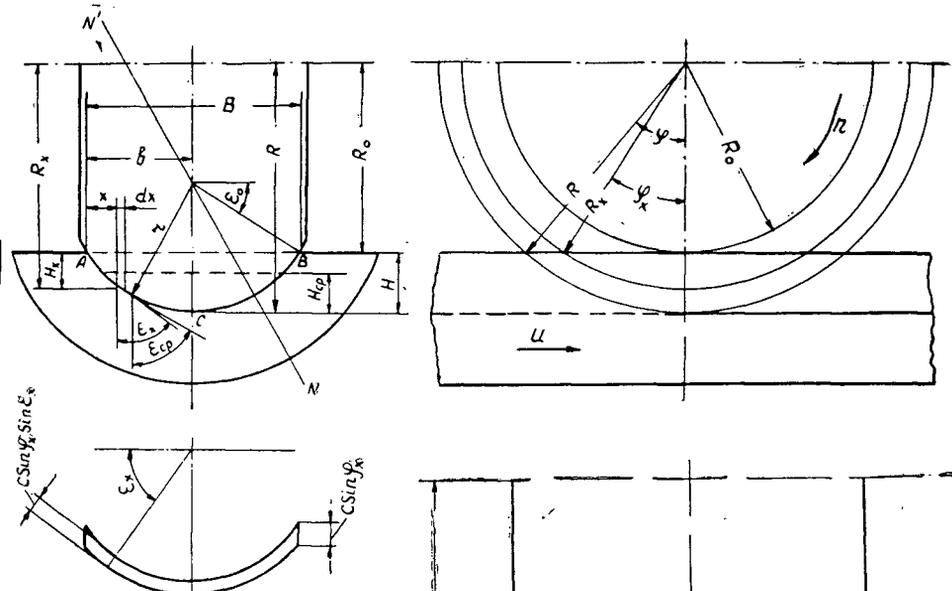


Рис. 2.

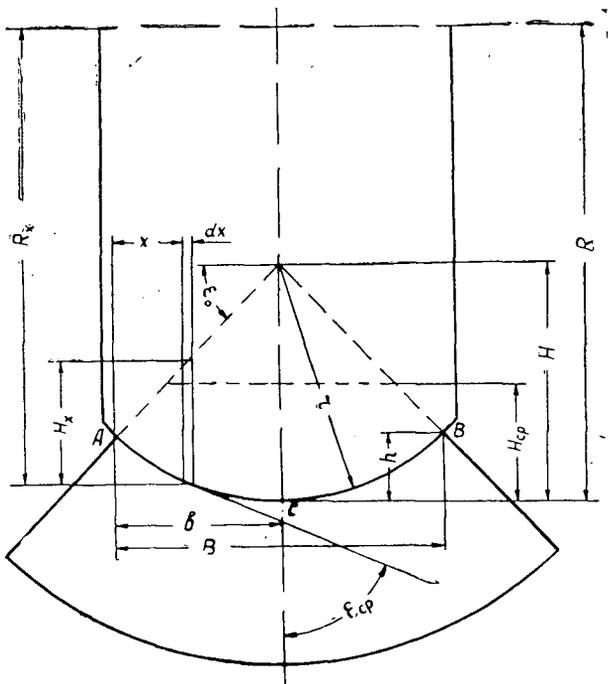


Рис. 3.

При выборке гнили вращающимися ножами, лезвия которых имеют криволинейные очертания с некоторым радиусом закругления  $r$  (соответствующим среднему радиусу профиля гнили), условия стружкообразования приближаются к цилиндрическому фрезерованию. Поэтому к фрезерованию слоя гнили в виде сегмента (рис. 2) и сектора (рис. 3) с определенными допущениями можно применять законы цилиндрического фрезерования, что дает право рассматривать лезвие криволинейного ножа состоящим из ряда бесконечно узких участков  $dx$ , имеющих прямолинейную режущую кромку, располагающуюся по профилю лезвия ножа. Каждый из таких участков имеет свой радиус резания  $R_x$  и глубину фрезерования  $H_x$ , работает со своими углами резания и углом контакта  $\varphi_x$ . При этом толщина стружки  $e_x$ , соот-

ветствующая данному участку лезвия ножа и измеряемая в плоскости, нормальной к режущей кромке, является также переменной величиной

$$e_x = c \sin \varphi_x \sin \varepsilon_x, \quad (7)$$

где  $\varepsilon_x$  — угол профиля лезвия ножа в рассматриваемой точке.

Аналогично предыдущему для всей длины лезвия  $ACB$  в рассматриваемых случаях резания средний угол контакта можно выразить интегралом

$$\sin \varphi_{cp} = \frac{1}{b} \int_0^b \sqrt{\frac{H_x}{D_x}} dx. \quad (8)$$

Решение интеграла (8) приводит к следующим расчетным формулам

при фрезеровании сегментного профиля гнили

$$\sin \varphi_{cp} = 0,86 \sqrt{\frac{H}{D}}; \quad (9)$$

$$H_{cp} = 0,71H; \quad (10)$$

$$e_{cp} = 0,86c \sqrt{\frac{H}{D}} \sin \varepsilon_{cp}; \quad (11)$$

при фрезеровании секторного профиля гнили

$$\sin \varphi_{cp} = 0,73 \sqrt{\frac{H}{D}}; \quad (12)$$

$$H_{cp} = 0,53H; \quad (13)$$

$$e_{cp} = 0,73c \sqrt{\frac{H}{D}} \sin \varepsilon_{cp}. \quad (14)$$

Средний угол профиля лезвия ножа  $\varepsilon_{cp}$  определяют из выражения

$$\varepsilon_{cp} = \frac{90^\circ + \varepsilon_0}{2}, \quad (15)$$

где

$$\varepsilon_0 = \arcsin \frac{r-H}{r} \text{ для сегмента};$$

$$\varepsilon_0 = \arcsin \frac{r-h}{r} \text{ для сектора.}$$

В отличие от цилиндрического при криволинейном фрезеровании углы резания по длине режущей кромки ножа — величины переменные. Передние углы резания, измеряемые в плоскости  $NN'$ , нормальной к режущей кромке ножа, и характеризующие условия резания на отдельных участках лезвия, находят по формуле [1]

$$\operatorname{tg} \gamma'_x = \frac{R}{R_x} \operatorname{tg} \gamma \sin \varepsilon_x, \quad (16)$$

где  $\gamma$  — угол наклона передней грани ножа.

Подставив в выражение (16) вместо величин  $R_x$  и  $\varepsilon_x$  их средние значения и выполнив ряд математических преобразований, получим следующие расчетные формулы для среднего угла резания:

при сегментном профиле срезаемого слоя гнили

$$\operatorname{tg} \gamma_{\text{ср}} = \frac{R(D - 1,42H)}{D(R - H)} \operatorname{tg} \gamma \sin \epsilon_{\text{ср}}; \quad (17)$$

при секторном профиле срезаемого слоя гнили

$$\operatorname{tg} \gamma'_{\text{ср}} = \frac{R(D - 1,06H)}{D(R - h)} \operatorname{tg} \gamma \sin \epsilon_{\text{ср}}. \quad (18)$$

Зная величину угла  $\gamma'_{\text{ср}}$ , нетрудно определить средний угол резания

$$\delta'_{\text{ср}} = 90 - \gamma'_{\text{ср}}. \quad (19)$$

Формулы (4) — (6), (9) — (14), (17) — (19) позволяют найти, в зависимости от профиля срезаемого слоя гнили и режущей кромки ножа, расчетные средние величины: глубину фрезерования, угол контакта, равный при продольном фрезеровании углу перерезания волокон, толщину стружки и угловые параметры резания.

Для средних режимов фрезерования гнилой древесины осины и ели объемным весом 0,33—0,35 г/см<sup>3</sup> при  $\delta'_{\text{ср}} = 50$ —60°,  $H_{\text{ср}} = 5$ —30 мм,  $c = 0,51$ —1,27 мм/нож, влажности гнили 25—30% и при острых резах удельную работу или удельное сопротивление резанию  $K$  в зависимости от расчетной толщины стружки  $e_{\text{ср}}$  и угла перерезания волокон  $\psi_{\text{ср}}$  с учетом скорости резания  $V$  (в пределах 7,40—18,40 м/сек) аналитически можно вычислить по следующим эмпирическим формулам, которые аналогичны приведенным нами ранее [2]:

$$K_{\text{ос}} = 0,281 - 0,010V + 0,0105\psi_{\text{ср}} + \frac{0,074 + 0,0014\psi_{\text{ср}}}{e_{\text{ср}}}; \quad (20)$$

$$K_{\text{елн}} = 0,318 - 0,016V + 0,0114\psi_{\text{ср}} + \frac{0,086 + 0,0018\psi_{\text{ср}}}{e_{\text{ср}}}. \quad (21)$$

Расхождение между расчетной величиной  $K$ , вычисленной по формулам (20) и (21), и опытными данными, полученными при названных условиях фрезерования треугольного, сегментного и секторного профиля гнили на экспериментальной установке [2], не превышает 9%. Мощность, необходимая на резание гнили, и окружное усилие резания можно определить по известным объемным формулам теории резания древесины.

Таким образом, приведенные выше формулы, установленные на основании теоретических и экспериментальных исследований, наряду с другими общеизвестными соотношениями позволяют обоснованно рассчитывать процесс фрезерования для наиболее характерных случаев выборки гнили из поленьев.

В качестве примера определим окружное усилие резания  $P$  при фрезеровании сегментного профиля гнилой древесины осины. Высота сегмента  $H = 30$  мм, площадь поперечного сечения  $F = 2180$  мм<sup>2</sup>, диаметр резания  $D = 200$  мм, скорость резания  $V = 15,70$  м/сек, скорость подачи  $U = 7,5$  м/мин, величина подачи на нож  $c = 0,82$  мм, радиус закругления ножей  $r = 85$  мм, контурный передний угол резания  $\gamma = 35^\circ$ .

В соответствии с формулой (15) определим средний угол профиля лезвия ножей.

$$\epsilon_{\text{ср}} = 65^\circ 10'; \quad \sin \epsilon_{\text{ср}} = 0,91.$$

По формулам (9) и (11) находим угол контакта или угол перерезания волокон и толщину стружки

$$\operatorname{arc} \sin \varphi_{\text{ср}} = 0,38; \quad \varphi_{\text{ср}} = \psi_{\text{ср}} = 22^\circ 40'; \quad e_{\text{ср}} = 0,25 \text{ мм}.$$

В соответствии с выражениями (17) и (19) углы резания

$$\gamma'_{\text{ср}} = 38^\circ; \quad \delta'_{\text{ср}} = 52^\circ.$$

По формуле (20) удельное сопротивление резанию  $K = 0,80 \text{ кг/мм}^2$ ; окружное усилие резания

$$P = \frac{KFU}{60V} = 13,85 \text{ кг.}$$

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. Э. Грубе. Древообрабатывающие инструменты. Гослесбумиздат, 1958.  
[2]. Л. Е. Чивиксин. Исследование энергоемкости и силовых параметров процесса выборки гнили продольным фрезерованием. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1969.

Поступила 23 мая 1969 г.

УДК 634.0.812

## ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДРЕВЕСИНЫ В ДИНАМИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ НАГРУЖЕНИЯ

**Б. П. ЕРЫХОВ, Н. Л. ПЕРФИЛЬЕВА**

(Ленинградская лесотехническая академия)

В полимерных системах, к которым относится и древесина, механическое поведение, в основном, определяется вязкоупругими свойствами. Применительно к линейной вязкоупругости достаточно глубоко разработан математический аппарат феноменологической релаксационной теории [1], [2], [7], [8], позволяющей из экспериментальных данных находить реологические параметры материала. Чтобы представить любое вязкоупругое тело в виде так называемых обобщенных моделей Кельвина или Максвелла, необходимо из эксперимента определить вид функций  $\eta(\omega)$  и  $G(\omega)$ , здесь  $\eta$  и  $G$  — вязкость и модуль сдвига материала;  $\omega$  — угловая частота используемых колебаний ( $\omega = 2\pi\nu$ ).

В данной статье при нахождении вида этих функций для различных пород древесины использован динамический режим нагружения: в методе крутильных колебаний образца [3], ориентированного волокнами перпендикулярно направлению поперечных колебаний.

### *Теоретические основы определения реологических параметров*

«Специфическая демпфирующая способность», или «специфическое рассеяние»  $\frac{\Delta W}{W}$  [4] — мера внутреннего трения материала; ее можно измерить безотносительно к каким-либо предположениям о природе внутреннего трения, то есть независимо от реологической модели материала ( $\Delta W$  — энергия, рассеянная рассматриваемым образцом в течение одного цикла напряжений;  $W$  — упругая энергия, накопленная образцом в момент достижения им наибольшей деформации).

Если предположить, что восстанавливающие силы пропорциональны амплитуде колебаний, а диссипативные — пропорциональны скорости, то при этих условиях и малом демпфировании

$$\frac{\Delta W}{W} = 2\delta, \quad (1)$$

где  $\delta$  — логарифмический декремент затухания, представляющий собой натуральный логарифм отношения двух последующих амплитуд свободных колебаний образца.

При использовании резонансного метода возбуждения образца можно показать, что

$$\delta = \pi \frac{\Delta\nu}{\nu}, \quad (2)$$

где  $\nu$  — резонансная циклическая частота;

$\Delta\nu$  — ширина резонансной кривой, соответствующая амплитуде колебаний  $\frac{\sqrt{3}}{2}$  от резонансной амплитуды.

В предлагаемой работе использован метод затухающих крутильных колебаний призматического образца [3]. В общем случае амплитуда затухающих крутильных колебаний меняется по закону

$$A = A_0 e^{-\beta(t)}, \quad (3)$$

где  $\beta = \delta\nu$  — коэффициент затухания;

$A_0$  — начальная амплитуда колебаний.

Нетрудно показать, что

$$\operatorname{tg} \Theta = \frac{\Delta W}{W} = 2\delta, \quad (4)$$

где  $\Theta$  — угол сдвига фаз между напряжением и деформацией вследствие несовершенной упругости данного материала.

Таким образом, определив из эксперимента модуль упругости (или сдвига) на данной частоте и логарифмический декремент затухания, можно, пользуясь определенной реологической моделью, рассчитать все остальные реологические параметры [6]. Но на практике приходится решать обратную задачу: находить реологическую модель. Для этого необходимы методы непосредственного измерения вязкости и модулей упругости в зависимости от частоты.

Известно, что для волн с направлением колебаний, перпендикулярным направлению распространения волны, затухание обусловлено только одной вязкостью [4]. К этим случаям относится также и затухание крутильных колебаний в стержнях. Коэффициент затухания  $\beta$  и вязкость  $\eta$  связаны следующим соотношением:

$$\beta = \frac{\eta\omega^2}{2\rho v_t^2}, \quad (5)$$

где  $\omega$  — угловая частота крутильных колебаний ( $\omega = 2\pi\nu$ );

$\rho$  — плотность твердого тела;

$v_t$  — скорость поперечных волн.

Таким образом, по формуле (5) определяют зависимость вязкости твердого тела от частоты.

Вариацию частоты достигают путем изменения геометрии исследуемого образца или путем перехода на более высокие гармоники при резонансном методе возбуждения.

Уравнение движения при крутильных колебаниях стержня вокруг его оси инерции имеет вид

$$C \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} = \rho I \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2}, \quad (6)$$

где  $\sqrt{\frac{C}{\rho I}} = v_r$  — скорость крутильных волн;

$C$  — крутильная жесткость стержня, определяемая его геометрией;

$I$  — момент инерции сечения стержня относительно оси инерции.

Ниже приведены формулы для расчета крутильной жесткости и скорости поперечных волн стержня с сечением в виде прямоугольника со сторонами  $A \leq B$

$$C = k_1 GA^3 B; \quad (7)$$

$$v_t = \sqrt{\frac{G}{\rho}}, \quad (8)$$

где  $G$  — модуль сдвига материала стержня;

$k_1$  — коэффициент формы, определяемый отношением сторон [5],

$$k_1 = f \left( \frac{B}{A} \right).$$

Динамический модуль сдвига рассчитывали по формуле [3]

$$G = \frac{4\pi^2 I_c h \nu^2}{k_1 A^3 B}, \quad (9)$$

где  $I_c$  — момент инерции колеблющейся системы относительно вертикальной оси;

$h$  — высота скручиваемой части образца;

$\nu$  — циклическая частота крутильных колебаний, соответствующая первой гармонике.

Найдя выражение для вязкости из равенства (5) и подставив значения  $\beta$ ,  $v_t$  и  $G$  из формул (3), (8) и (9), получим окончательное уравнение для расчета вязкости

$$\eta = \frac{2I_c h \delta \nu}{k_1 A^3 B}. \quad (10)$$

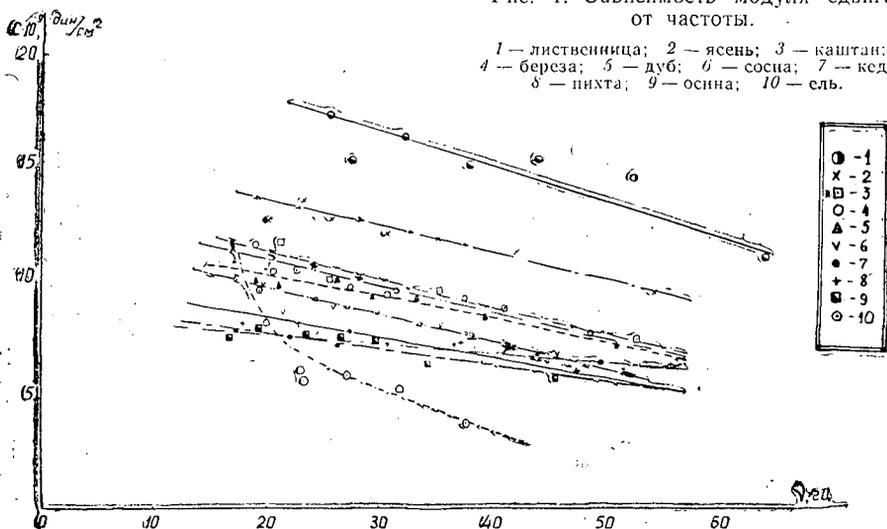
В используемом приборе  $I_c = 3,5 \cdot 10^4 \text{ г} \cdot \text{см}^2$ . Моментом инерции самого образца  $I_0$  можно пренебречь, так как  $I_0 \approx 1\% I_c$ .

### Результаты наблюдений

Исследовано 10 пород древесины, выдержанной при комнатной температуре. Размеры образцов  $400 \times 20 \times 20 \text{ мм}$ . Вариацию частоты

Рис. 1. Зависимость модуля сдвига от частоты.

1 — лиственница; 2 — ясень; 3 — каштан;  
4 — береза; 5 — дуб; 6 — сосна; 7 — кедр;  
8 — пихта; 9 — осина; 10 — ель.



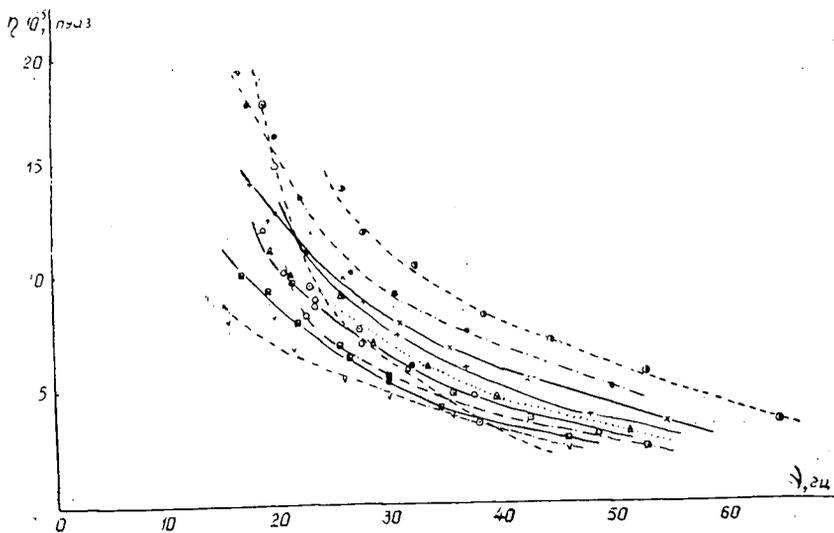


Рис. 2. Зависимость вязкости от частоты.

1 — лиственница; 2 — ясень; 3 — каштан; 4 — береза; 5 — дуб; 6 — сосна;  
7 — кедр; 8 — пихта; 9 — осина; 10 — ель.

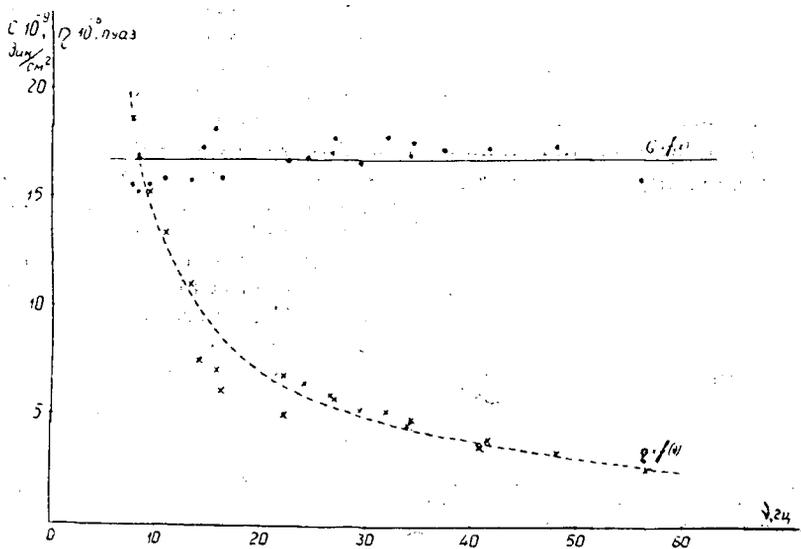


Рис. 3. Зависимость модуля сдвига и вязкости от частоты для органического стекла.

достигали изменением высоты рабочей части образца. Незначительное изменение параметров сечения учитывали формулы (9) и (10).

Сводные экспериментальные и расчетные данные по всем образцам представлены на рис. 1 и 2. Величины  $\eta_k$  и  $\eta_m$ , рассчитанные в предположении, что исследуемые породы древесины подчиняются популярным реологическим моделям Кельвина — Фогта и Максвелла, превышают истинное значение вязкости на порядок и более.

В качестве сравнительного методического опыта в используемом частотном диапазоне были определены реологические параметры

$G(\nu)$  и  $\eta(\nu)$  для органического стекла. Эти зависимости представлены на рис. 3, из которого видно, что для органического стекла модуль сдвига в этом диапазоне частот практически не изменяется, а относительная погрешность его определения не превышает 4%.

Вследствие сравнительной узости используемого частотного диапазона логарифмический декремент затухания осредняли по всем частотам и в расчете коэффициента вязкости использовали его среднее значение для каждой породы древесины.

### Выводы

1. Разработан динамический метод исследования реологических параметров древесины на основе затухающих крутильных колебаний призматического образца. Динамический модуль сдвига и вязкость определяли на одном и том же приборе [3].

2. Показано, что даже для узкого исследованного диапазона частот (15—60 гц) модуль сдвига и вязкость сильно зависят от частоты; пренебрегать этой зависимостью не следует даже применительно к чисто практическим задачам, когда элементы конструкций работают в динамическом режиме. Ряд зарубежных ученых [9], [10] вычисляют осредненные значения модулей упругости древесины для всего весьма широкого частотного диапазона. К сожалению, эти авторы в своих работах не приводят модулей упругости древесины, измеренных на разных частотах.

3. Показано, что популярные реологические модели Кельвина—Фогта и Максвелла для всех десяти исследованных пород абсолютно не годятся, так как вязкости  $\eta_k$  и  $\eta_m$  по данным моделям отличаются от истинной вязкости на порядок и больше. Особенно далека от реального поведения древесного материала модель Максвелла.

4. Для применения аппарата феноменологической релаксационной теории необходимо существенно расширить частотный диапазон и тогда, ограничив исследование реологических параметров разумными границами по частоте, можно будет получить спектры времени релаксации или запаздывания; что существенно приблизит нас к отысканию реологической модели различных пород древесины и позволит предсказывать их поведение под действием различных внешних факторов.

С учетом того обстоятельства, что древесный материал анизотропен, реализация этой программы потребует дальнейших исследований.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Т. Алфрей. Механические свойства высокополимеров. М., 1952.  
 [2]. Д. Бленд. Теория линейной вязкоупругости. Изд-во «Мир», М., 1965. [3]. Б. П. Ерыхов. Прибор для определения модуля сдвига древесных материалов. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1968. [4]. Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. Теория упругости. М., 1965, 197. [5]. Л. С. Лейбензон. Курс теории упругости. М.—Л., 1947, 259. [6]. И. Г. Михайлов, В. А. Соколов, Ю. П. Сырников. Основы молекулярной акустики. М., 1964. [7]. М. Рейнер. Реология. Изд-во «Наука», М., 1965. [8]. Дж. Ферри. Вязкоупругие свойства полимеров. М., 1963, 13. [9] R. F. S. Hearmon. Some application of physics to wood. British Journal of Applied physics, vol. 8, 1957. [10]. F. Kollmann, H. Kresch. Dynamische Messungen elastischen Holzigenschaften und der Dämpfung. Holz als Roh- und Werkstoff, v. 18, Heft 2, 1960.

Поступила 12 мая 1968 г.

УДК 674.02

## ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ СКОРОСТЕЙ РЕЗАНИЯ И ПОДАЧИ ПРИ ШЛИФОВАНИИ ДРЕВЕСИНЫ ХВОЙНЫХ ПОРОД АБРАЗИВНЫМИ КРУГАМИ\*

И. М. ЗАЯЦ

(Львовский лесотехнический институт)

При шлифовании древесины хвойных пород шлифшкуркой последняя быстро теряет свою режущую способность из-за наличия в древесине смолистых веществ. Проведенные нами исследования процесса шлифования древесины сосны абразивным кругом [1] дали положительные результаты.

Опыты выполняли на установке, позволяющей бесступенчато изменять скорость резания в пределах 7—45 м/сек и скорость подачи от 2 до 35 м/мин. Использовали образцы древесины влажностью 8—10%. Шлифование проводили вдоль волокон в радиальной плоскости кругами зернистостью 50 (ГОСТ 3647—59) при толщине снимаемого слоя 0,2 мм. Твердость кругов для принятой при шлифовании толщины снимаемого слоя (по результатам проведенных нами ранее исследований) подбирали оптимальную.

В процессе исследования измеряли: износ круга индикатором с ценой деления 0,01 мм, чистоту поверхности древесины при помощи микроскопа МИС-11, а также длину шлифования за период стойкости круга. Стойкость круга — это время его работы от правки, в течение которого увеличивается высота микронеровностей шлифованной поверхности до заданной величины (в данном случае до 50 мк).

На рис. 1 представлена зависимость длины шлифования за период стойкости от подачи на оборот круга при постоянных скоростях. Из рисунка видно, что с увеличением подачи на оборот круга при постоянных скоростях резания длина шлифования за период его стойкости повышается до определенного максимального значения, затем на некотором участке остается практически постоянной и в дальнейшем резко снижается.

По характеру явлений, происходящих при шлифовании, каждую из этих кривых можно разделить на три участка, отметив при этом, что абразивный круг в процессе работы обладает свойством самозатачивания и изнашивается соответственно из-за истирания зерен, откалывания от них кусочков и выкрашивания целых зерен из связки.

На участке 1—2 кривых режимов шлифования (рис. 1) происходит сравнительно малое самозатачивание круга. Объясняется это тем, что при подаче от 1,70 до 2,84 мм на 1 оборот круга толщина стружки, снимаемая одним зерном, незначительна. Зерно круга работает небольшим участком режущей кромки, и возникающие при этом условия резания недостаточны для его разрушения (самозатачивания). В данном случае происходит интенсивное истирание зерен (пригупление режущих кромок) и частичное откалывание отдельных кусочков. Истирание зерен увеличивает работу трения с выделением большого количества тепла, идущего на нагревание обрабатываемого материала и абразивного круга, а также частично распространяющегося в окружающую среду.

\* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук А. И. Яцюка.

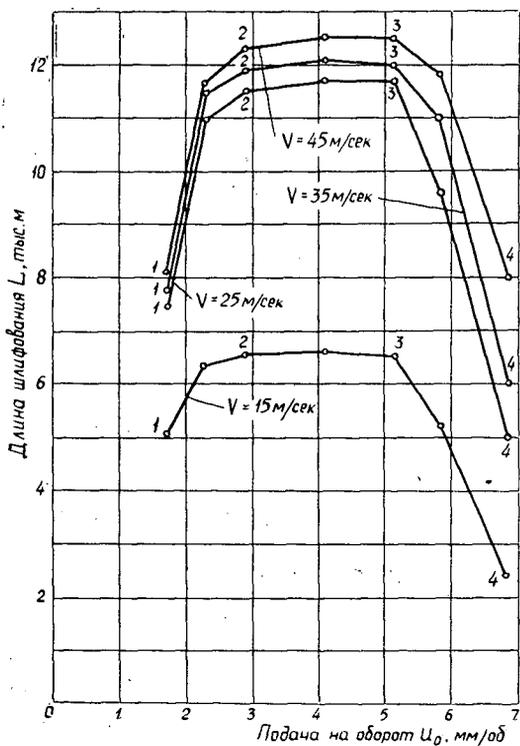


Рис. 1.

ности резания 35 м/сек и подаче 1,7 мм/об, среднее время первого исчезновения подгара составляет 300 мин; при подаче 2,84 мм/об и при той же скорости резания оно равняется 50 мин.

На участке 2—3 при подаче от 2,84 до 5,11 мм/об за период стойкости круга происходит несколько больший его износ по сравнению с участком 1—2.

В данном случае с увеличением подачи на оборот толщина стружки, снимаемая одним активно работающим зерном, возрастает, и, следовательно, становятся большими усилия резания, создающие условия для непрерывного самозатачивания круга вследствие откалывания от зерен отдельных кусочков и выкрашивания целых зерен. Здесь также имеет место истирание зерен. В процессе работы круга интенсивность их истирания неодинакова. С приближением к точке 2 кривых режимов шлифования, то есть с уменьшением подачи на оборот, постепенно увеличивается износ круга из-за истирания зерен и, наоборот, с приближением к точке 3 интенсивность истирания уменьшается и при этом постепенно возрастает износ круга вследствие выкрашивания целых зерен из связки и откалывания от них кусочков.

На участке кривых 3—4 происходит наиболее интенсивный износ круга. Это объясняется тем, что с увеличением подачи от 5,11 до 6,82 мм/об возрастает толщина стружки, снимаемой одним зерном, и, следовательно, усилия резания значительно увеличиваются. Объем стружки, снятый при этих режимах, большой, и стружка, помещаясь в межзерненное пространство, уплотняется, вызывая дополнительное давление на зерно, что, вероятно, создает благоприятные условия для непрерывного интенсивного самозатачивания (износа) круга (в связи

Значительная часть тепла уносится вместе со стружкой. Ввиду малого объема снимаемой стружки, низкой теплопроводности древесины и инструмента большое количество тепла аккумулируется в зоне контакта круга с древесиной, вызывая ее подгар и выделение из нее смолистых веществ, содействующих засаливанию на круге межзерненных промежутков. На рассматриваемом участке кривых степень подгара древесины различна и за период стойкости круга непрерывно изменяется. В начале шлифования подгар значительный, особенно на образцах с косослоем и повышенным содержанием смолы; далее он уменьшается и через некоторое время почти полностью исчезает. В дальнейшем подгар снова возрастает. Для каждого из принятых режимов время работы круга до первого исчезновения подгара неодинаково. Так, для участка кривой, соответствующей скорости

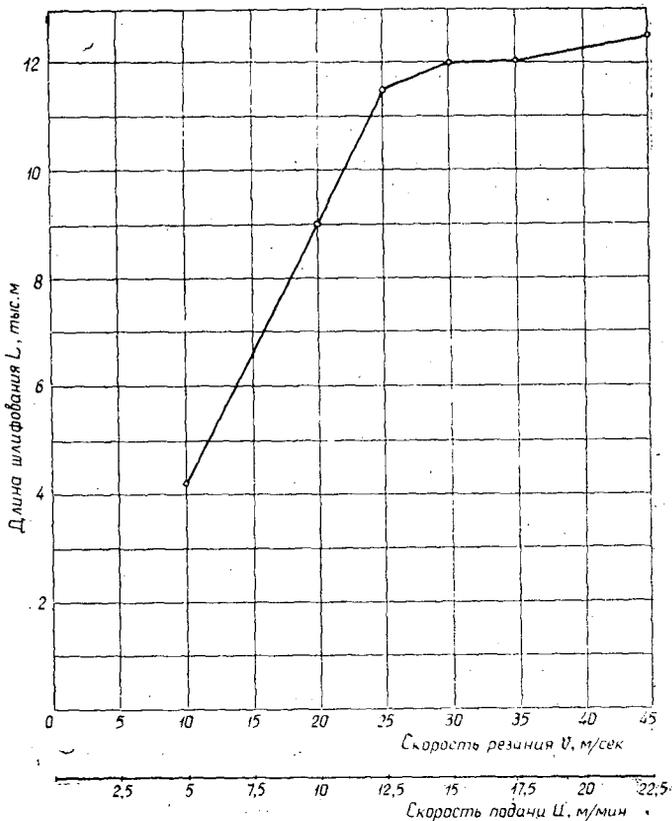


Рис. 2. Зависимость длины шлифования от скорости резания и подачи при постоянной подаче на оборот круга.

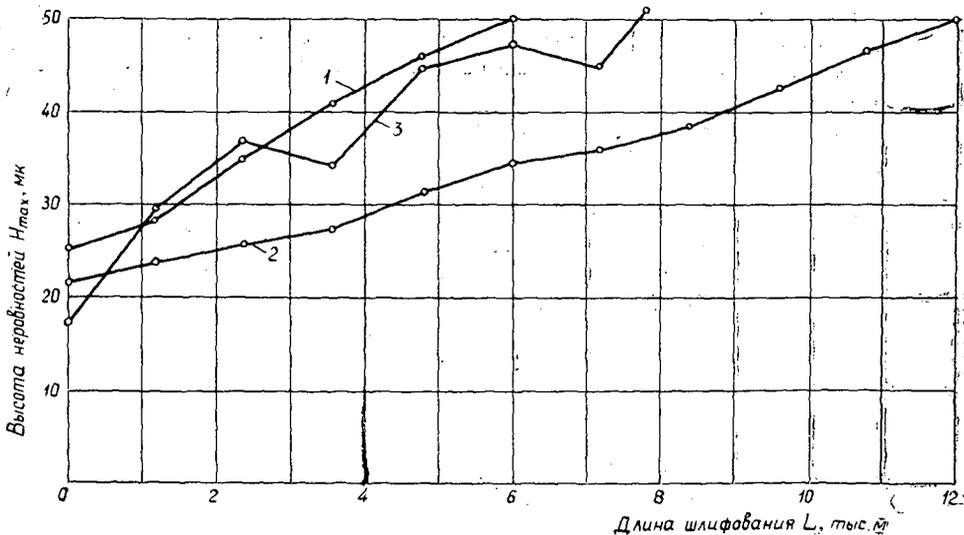


Рис. 3. Зависимость высоты микронеровностей от длины шлифования при скорости резания 35 м/сек и следующих подачах: 6,82 (кривая 1), 5,11 (кривая 2), 1,70 мм/об (кривая 3).

с выкрашиванием отдельных зерен из связки и откалыванием от них кусочков).

Таким образом, в зависимости от величины подачи на оборот абразивный круг может работать в режимах периодического самозатачивания с засаливанием, нормального и интенсивного самозатачивания [1].

В исследуемых режимах износ круга за период стойкости находится в пределах 0,19—0,246 мм на диаметр. При подаче от 1,7 до 2,84 мм/об износ круга составляет 0,203 мм на диаметр; при 2,84—5,11 мм/об — 0,225 мм на диаметр; при 5,11—6,82 мм/об — 0,240 мм на диаметр. Отсюда следует, что с возрастанием подачи на оборот износ круга увеличивается. Это подтверждает наши предположения о том, что при работе круга в режимах, соответствующих периодическому самозатачиванию с засаливанием (участок 1—2), его износ незначительный, в режиме нормального самозатачивания (участок 2—3) — несколько больший и в режиме интенсивного самозатачивания (участок 3—4) — наибольший.

Из рис. 1 также видно, что за период стойкости круга при скоростях резания 25, 35 и 45 м/сек и подаче от 2,84 до 5,11 мм/об длина шлифования имеет почти одинаковое значение, а при скорости резания 15 м/сек и тех же подачах она в среднем на 46% ниже. Подобное уменьшение длины шлифования наблюдается и при подачах от 1,7 до 2,84 мм/об (участок 1—2). При подачах 5,81 и 6,82 мм/об и при принятых скоростях резания (участок 3—4) длина шлифования за период стойкости круга имеет различные значения. Эти явления были проверены путем дополнительных исследований, в процессе которых определяли зависимость длины шлифования от скорости резания и от скорости подачи при постоянной подаче на оборот круга (5,11 мм/об).

Из рис. 2 видно, что с повышением скорости резания и подачи длина шлифования за период стойкости круга увеличивается. При скорости резания 25 м/сек длина шлифования достигает своего максимального значения и в дальнейшем остается практически постоянной. Следовательно, скорость резания оказывает влияние на стойкость круга.

Изменение чистоты шлифованной поверхности за период стойкости круга при скорости резания 35 м/сек и подачах 1,7; 5,11 и 6,82 мм/об показано на рис. 3. При подачах 6,82 и 5,11 мм/об (кривые 1 и 2) высота микронеровностей от длины шлифования имеет зависимость, близкую к линейной, а при подаче 1,7 мм/об (кривая 3) — нелинейную.

Следовательно, работа круга в режимах, соответствующих периодическому самозатачиванию с засаливанием (при подачах от 1,7 до 2,84 мм/об), не дает хороших показателей как с точки зрения стойкости и производительности круга, так и качества шлифованной поверхности (имеет место подгар). Шлифование же в режимах, соответствующих нормальному самозатачиванию (при подачах от 2,84 до 5,11 мм/об), дает наилучшие показатели как по чистоте шлифованной поверхности и производительности, так и по стойкости круга. Работа круга в режимах, соответствующих интенсивному самозатачиванию (при подачах от 5,11 до 6,82 мм/об), нерациональна с точки зрения его стойкости, но при подачах 5,11 и 5,81 мм/об она рациональна с точки зрения производительности. Поэтому режимы, соответствующие подачам от 3,40 до 6,00 мм/об, то есть соответствующие нормальному и частично интенсивному самозатачиванию круга, следует считать оптимальными для принятой толщины снимаемого слоя.

Минимальная скорость резания должна быть не менее 25 м/сек, максимальная определяется допустимой скоростью вращения круга,

исключающей его разрыв под действием центробежных сил; она не должна превышать 50 м/сек. По оптимальным подачам на оборот круга и по предельным значениям скорости резания можно определить скорость подачи.

Названные режимы пригодны не только для шлифования древесины сосны, но также по результатам предварительных исследований для шлифования пихты и ели. Наблюдения показали, что рабочая поверхность круга покрывается стружкой, цвет которой изменяется от темно-коричневого до коричневого при режиме периодического самозатачивания с засаливанием; от коричневого до светло-коричневого при режиме нормального самозатачивания; от светло-коричневого до естественного цвета шлифуемой древесины при режиме интенсивного самозатачивания.

Таким образом, при шлифовании древесины хвойных пород о правильности выбора режима можно судить не только по подаче на оборот круга и по скорости резания, но и по цвету стружки на его рабочей поверхности.

Результаты исследований дают основание утверждать, что абразивный круг — эффективный инструмент и его широкое применение для шлифования древесины хвойных пород даст большой экономический эффект.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Е. Н. Маслов. Основы теории шлифования металлов. Машгиз, М., 1951.  
 [2]. А. И. Яцюк. Новый абразивный инструмент для шлифования древесины. ДАН УССР, № 11, 1961.

Поступила 3 января 1969 г.

УДК 674.023

## КОЭФФИЦИЕНТ ТРЕНИЯ ПРИ РЕЗАНИИ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ И ДУБА

**В. И. ЧУПРИН**

(Каунасский политехнический институт)

В настоящей статье приведены некоторые данные о коэффициенте трения на фаске износа задней поверхности резца, установленные автором путем экспериментов по резанию.

При постоянстве работы стружкообразования и увеличении только ширины фаски по задней поверхности резца силы резания (касательная  $P_k$  и нормальная  $P_n$ ) возрастают вследствие роста сил, действующих на задней поверхности [1]. Следовательно, если при определенных условиях опыта достичь постоянства сил стружкообразования при изменении ширины фаски, то коэффициент трения можно подсчитать по формуле

$$\mu = \frac{F}{N} = \frac{P_{kH_3} - P_k}{P_{nH_3} - P_n}, \quad (1)$$

где  $F$  — удельная сила трения на фаске износа, кН/м;  
 $N$  — удельная сила нормального давления на фаске износа, кН/м;

$P_{kh_3}$ ,  $P_{nh_3}$  — составляющие сил резания, соответственно касательная и нормальная, измеренные динамометром для резца с фаской,  $кН/м$ .

Для определения сил стружкообразования использованы следующие уравнения:

$$P_{п} = P_{к} - P_{з}, \quad (2)$$

$$P_{п_1} = P_{н} - P_{о}, \quad (3)$$

где  $P_{п}$ ,  $P_{п_1}$  — силы стружкообразования, действующие на передней поверхности резца параллельно и перпендикулярно к скорости резания,  $кН/м$ ;

$P_{з}$ ,  $P_{о}$  — силы, действующие на задней поверхности (лезвии, фаске износа и задней грани), соответственно параллельно и перпендикулярно к скорости резания,  $кН/м$ .

Силы  $P_{з}$  и  $P_{о}$  устанавливали измерением по осциллограммам [2] и методом экстраполяции экспериментальной зависимости  $P_{к}$  и  $P_{н}$  от толщины стружки на нулевое значение толщины среза.

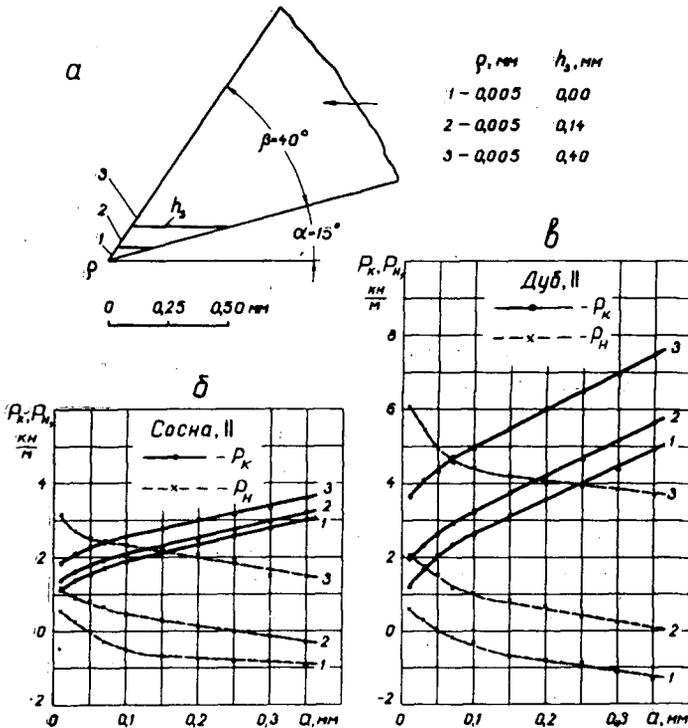


Рис. 1. Опытные резцы (а) и зависимость составляющих сил резания  $P_{к}$  и  $P_{н}$  от толщины стружки  $a$  для различных значений ширины фаски износа  $h_3$  при продольном резании древесины сосны (б) и дуба (в) —  $\delta = 55^\circ$ ;  $V = 3,06$  м/сек.

Эксперименты были проведены на специальной установке, оснащенной тензометрической аппаратурой [2]. В опытах использовали резцы, микрогеометрия которых показана на рис. 1, а. Для всех резцов были постоянными угол резания  $55^\circ$ , задний угол  $\alpha = 15^\circ$ , радиус затупления  $\rho = 0,005$  мм и шероховатость поверхности граней. Фаска на задней поверхности резца была переменной ( $h_3 = 0,14$  и  $0,40$  мм) и

создавалась искусственно. Угол наклона фаски к направлению движения режущего инструмента равнялся  $0^{\circ}25'$ .

Исследование проводили на образцах, изготовленных из древесины сосны и дуба, влажностью 8% при резании вдоль волокон. Ширина образцов 10 мм, диаметр окружности резания 130 мм, скорость резания 3,06 м/сек, число рабочих резцов на ножевой головке 1, резание — прямоугольное и открытое, материал резца — сталь марки 9Х5ВФ. Средние силы резания измеряли для 10 значений толщины стружки:  $a = 0,01; 0,03; 0,05; 0,07; 0,10; 0,15; 0,20; 0,25; 0,30; 0,35$  мм. Число наблюдений в опыте 6—12.

Средние арифметические значения составляющих сил резания  $P_k$  и  $P_n$  в зависимости от толщины стружки и ширины фаски, полученные в результате экспериментов, приведены на рис. 1, б, в.

Из рисунков видно, что между линиями, выражающими зависимости сил резания от толщины стружки для различных значений ширины фаски, сохраняется достаточно строгая параллельность. Поэтому прирост сил в данном случае вызван увеличением сил по задней поверхности резца. Силы же стружкообразования остаются практически постоянными.

В табл. 1 даны средние значения касательной силы стружкообразования  $P_{11}$ .

Таблица 1

Порода	Касательная сила стружкообразования, кн/м, при толщине стружки, мм									
	0,01	0,03	0,05	0,07	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35
Сосна . . . . .	0,14	0,38	0,57	0,70	0,84	1,08	1,30	1,53	1,74	1,97
Дуб . . . . .	0,18	0,60	0,91	1,24	1,48	2,04	2,47	2,92	3,39	3,93

Отклонение фактических сил  $P_n$  от их средних значений по табл. 1 составляет  $\pm 6\%$ . Некоторые значения  $P_n$  (13% от всех фактических сил) отклоняются на  $\pm 17\%$ .

По формуле (1) из всех 30 частных значений среднее арифметическое значение коэффициента трения  $\mu$  для древесины сосны равняется  $0,26 \pm 0,01$ ; для дуба  $\mu = 0,49 \pm 0,01$ , где  $\pm 0,01$  — вероятная погрешность среднего арифметического, которая, как показывает статистическая обработка наблюдений, не превышает 3,84% (табл. 2).

Таблица 2

Порода	Статистические величины коэффициента трения					
	$n$	$M$	$\pm \sigma$	$\pm m$	$\sigma, \%$	$\mu, \%$
Сосна . . . . .	30	0,26	0,056	0,01	21,5	3,84
Дуб . . . . .	30	0,49	0,052	0,01	10,6	2,04

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. Н. Зорев. Вопросы механики процесса резания металлов. Машгиз, 1956.  
 [2]. В. И. Чуприн. Влияние затупления резца на силу резания и приведенный коэффициент трения. «Лесная промышленность» № 7, М., 1966.

УДК 667.64/65

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЛАЖНОСТИ И УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА СВОЙСТВА ЛАКОВЫХ ПЛЕНОК

В. Ф. ЧЕСНОКОВ, М. П. ГОРЕНЬКОВ

(Архангельский лесотехнический институт)

Основное декоративное свойство лаковых пленок, определяющее качество отделки мебели, — прозрачность. Однако под действием температуры и влажности воздуха, а также ультрафиолетовых лучей пленки теряют прозрачность, белеют и разрушаются. Опубликованные в технической литературе [1] исследования лакокрасочных пленок касаются, главным образом, их физико-механических свойств; прозрачность пленок изучали субъективно-визуальным методом [2]. Поэтому представляет большой интерес объективно оценить прозрачность лаков в зависимости от толщины пленки и от действия на пленку таких факторов как высокая влажность, температура и ультрафиолетовое излучение.

Для исследования мы выбрали спектрофотометрический метод; при этом определяли процент пропускания образцов. Изучали отечественные нитроцеллюлозные лаки НЦ-218 и НЦ-221, импортные № 1008 и Ш3031; для сравнения использовали масляный лак 4с. Лаки наносили на стеклянные пластинки размером  $40 \times 50$  мм. Для уменьшения потерь света вследствие рассеяния взяли стекло от спектральных фотографических пластинок, не имеющих воздушных пузырей и неровностей. Перед нанесением лака стекло промывали ацетоном для удаления следов грязи и жира. Толщину лаковой пленки измеряли микрометром. Один и тот же образец наносили на три стекла. Полученные результаты находили как среднеарифметическое из трех определений.

Пленки высушивали в течение 24 час при температуре  $18-20^{\circ}\text{C}$ . Общее число наносимых слоев лака равнялось пяти и в конце соответствовало толщине пленки  $180-200$  мк, принятой при отделке мебели по первому классу. После сушки каждого нанесенного слоя производили фотометрическую запись\*.

Спектры пропускания регистрировали на двухлучевом спектрофотометре марки СФ-10 со стеклянной оптикой в области  $400-750$  мк. Образцы с исследуемой пленкой помещали в рабочий луч спектрофотометра. Чтобы учесть поглощение стекла, в луч сравнения помещали чистое стекло. Спектры пропускания записывали на ленте потенциометра, смонтированного в прибор.

Спектрофотометрические записи процента пропускания пленок различных лаков приведены на рис. 1—5. Для сопоставления прозрачности лаков мы выбрали такую длину волны в спектре ( $460$  мк), при которой результаты между отдельными измерениями были достаточно большими. Влияние толщины покрытия на прозрачность пленок лаков показано на рис. 6. Полученные результаты свидетельствуют о том, что прозрачность линейно уменьшается в зависимости от толщины пленки. Нитроцеллюлозный лак НЦ-218 образует более светлые прозрачные пленки, чем лаки НЦ-221 и масляный 4с. Пленки импортных лаков № 1008 и Ш3031 имеют самый большой процент пропускания.

\* В исследованиях принимали участие студенты В. Е. Кушков и О. В. Нилов, за что авторы выражают им благодарность.

Влияние температурно-влажностных условий на прозрачность пленок изучено нами на образцах, полученных в предыдущем случае. Образцы с пленками помещали в гидростат Г-4 и удерживали специальными держателями, обеспечивающими свободный доступ влажного воздуха к поверхности пленки. Режим воздействия был принят согласно РТМ-35—61 [2]: температура в гидростате 45°C, относительная влажность воздуха 95%. В гидростате образцы выдерживали в течение 500 час. Изменение процента пропускания лаковых пленок регистрировали через каждые 100 час после предварительной их просушки. Спектрофотометрические записи приведены на рис. 1—5.

На рис. 7 показано влияние времени воздействия ультрафиолетовых лучей и влажности воздуха на прозрачность пленок лаков. Из рис. 7 видно, что пленки лаков НЦ-218 и НЦ-221 быстро мутнеют. Уже через 70 час воздействия высокой влажности и температуры прозрачность пленок этих лаков снижается почти на 50%, а через 200 час пленки разрушаются полностью. Лучшие спектрофотометрические характеристики имеют лак 4с, а также импортные лаки, у которых процент пропускания за это же время снижается всего на 10—15%.

Партию образцов толщиной 200 мк подвергали действию ультрафиолетовых лучей. В качестве источника излучения использовали ртутно-кварцевую лампу ПРК-2. Температуру на поверхности облучаемой пленки (по ОСТу 10086—39 МИ-29) [3] выдерживали в пределах 45—50°C. Спектрофотометрические характеристики пленок каждого лака записывали через 100 час воздействия лучей (рис. 1—5).

Данные влияния времени воздействия ультрафиолетовых лучей на прозрачность пленок лаков (рис. 7) свидетельствуют о том, что в первые 200 час прозрачность пленок всех лаков, особенно отечественных, интенсивно уменьшается от воздействия облучения. При дальнейшем воздействии процент пропускания изменяется незначительно, и кривые идут почти параллельно оси времени. Наиболее устойчив к действию ультрафиолетовых лучей масляный лак 4с, у которого после 400 час облучения пропускание уменьшается всего на 25%, в то время как для всех остальных лаков пропускание снижается на 60%.

### Выводы

1. Спектрофотометрический метод исследования позволяет объективно оценить прозрачность пленок.
2. Прозрачность исследованных лаковых пленок в зависимости от увеличения их толщины изменяется линейно.
3. Ультрафиолетовое излучение вызывает значительное потемнение пленок нитроцеллюлозных лаков в течение первых 200 час воздействия.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. И. А. Дрынова, Г. Л. Мищенко. Отделка древесины. ЦНИИТЭИЛеспром, М., 1964. [2]. Покрyтия лакокрасочные. Основные методы ускоренных климатических испытаний. РТМ-35—61, М., 1962. [3]. Сб. «Лаки и краски». Технические условия. Методы испытаний. М., 1961.

## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 634.0.813.13

ВЛИЯНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО РАЗМОЛА В ВОДЕ  
НА РЕАКЦИОННУЮ СПОСОБНОСТЬ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ  
К АЦЕТИЛИРОВАНИЮ

В. И. ШАРКОВ, Е. Г. ЗАЙОНЦ

(Ленинградская лесотехническая академия)

Ранее [3] мы обнаружили влияние некоторых способов механической обработки целлюлозы на повышение ее способности к растворению. Для обработки целлюлозы был выбран мокрый размол, так как известно [4], [5], [6], что одновременно с набуханием волокна наблюдается его продольное расщепление и фибрилляция, способствующие увеличению поверхности; эти процессы сопровождаются гидратацией целлюлозы.

Доказательством образования дополнительной активной поверхности при этой обработке служат наблюдения Х. Эмертона [2], согласно которым волокна сульфитной целлюлозы увеличивают свою внешнюю поверхность в 2 раза при размоле от 14 до 28° ШР, более чем в 4 раза — при размоле до 42° ШР и более чем в 10 раз — при размоле до 72° ШР.

Сведения, приведенные в ряде работ [2] — [6], позволили предположить, что мокрый размол целлюлозы в определенных условиях может привести к повышению ее реакционной способности при ацетилировании.

Мы исследовали обычную беленую еловую сульфитную целлюлозу. В качестве размалывающей аппаратуры была выбрана мельница Лампена, так как она обеспечивает наиболее жирный помол, при котором волокно не подвергается резанию. Для размола брали навеску целлюлозы 40 г в 1 л воды и размалывали в течение 5; 12,5; 20; 50 и 100 мин до степени жирности 20, 35, 50, 65 и 82° ШР. Размолотую целлюлозу высушивали при 105° до постоянного веса. Реакционную способность контролировали по глубине ацетилирования, скорости этанолиза и плотности целлюлозы.

Ацетилирование проводили в гетерогенных условиях смесью из 25 мл уксусного ангидрида и 75 мл бензола на 1 г абс. сухой целлюлозы в течение 16 час при 45°. К этой смеси в качестве катализатора прибавляли моногидрат серной кислоты (10% от веса целлюлозы). Количество связанных ацетильных групп определяли по методу Кнорвенегеля — Кенига [7]. Этанализ осуществляли в запаянных стеклянных ампулах, опущенных в кипящую водную баню, 10%-ным раствором моногидрата серной кислоты в абсолютном этаноле. Модуль при этанолизе равнялся 40, время 3 часа достаточно для достижения предельной степени полимеризации. Остатки целлюлозы после этанолиза промывали водой и высушивали при 105°.

Плотность проверяли флотационным методом в четыреххлористом углероде. Боковой порядок целлюлозы оценивали методом фракционного растворения в медиоаммиачном растворе [3].

Из данных, приведенных на рис. 1, видно, что способность сульфитной целлюлозы к ацетилированию и растворению после размола ее в воде падает, а способность к этанолизу возрастает. Таким образом, поведение целлюлозы после размола в воде такое же, как после холодного облагораживания [8]. Применительно к мерсеризованной целлюлозе это явление объясняется следующим образом [1]. При внесении кусочка такой целлюлозы в растворитель, способный вызвать

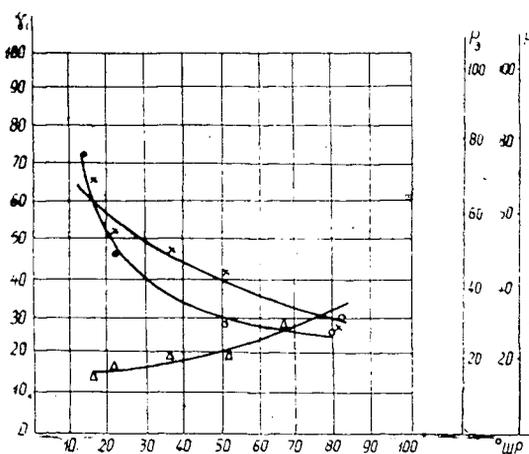


Рис. 1. Результаты анализа целлюлозы после размола в воде.

1 — этанолиз; 2 — ацетилирование;  
3 — растворимость в медноаммиачном растворе при  $C_{Cu} = 1\%$ .

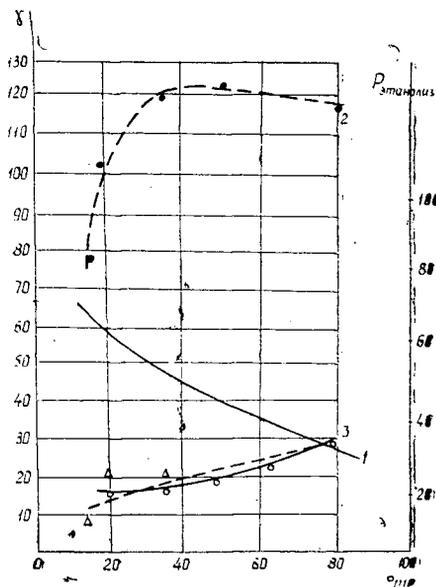


Рис. 2. Результаты исследования сульфитной целлюлозы после размола в воде и легкого гидролиза.

1 — ацетилирование после размола в воде; 2 — то же после гидролиза;  
3 — этанолиз после размола в воде;  
4 — то же после гидролиза.

сильное набухание, на поверхности быстро возникает набухшая пленка. Она препятствует дальнейшему проникновению растворителя или ацетилирующей смеси в толщу целлюлозы, вследствие чего растворение и ацетилирование мерсеризованной целлюлозы замедляются по сравнению с исходной. После мерсеризации плотность целлюлозы падает, в то время как при размоле она не меняется. Возможно, что на понижение способности размолотой целлюлозы к растворению и ацетилированию влияет наружная коллоидная пленка, образующаяся при гидратации волокон целлюлозы во время размола [5].

Для удаления этой пленки целлюлозу после размола и последующей сушки подвергали легкому гидролизу  $0,2\text{ N H}_2\text{SO}_4$  в течение 15 мин; при этом потери целлюлозного материала не превышали 4%. Данные по реакционной способности целлюлозы после такой обработки представлены на рис. 2 (для сравнения здесь приведены показатели по ацетилированию и этанолизу размолотой негидролизованной целлюлозы).

Из сравнения кривых 1 и 2 на рис. 2 видно, что после легкого гидролиза реакционная способность размолотой целлюлозы к ацетилированию повысилась. Гидролиз, по всей вероятности, способствовал освобождению волокон от легко набухающей пленки, препятствующей проникновению ацетилирующего агента, и эффект размола обнаружился гораздо ярче, чем при ацетилировании размолотой целлюлозы, не подвергавшейся гидролизу.

Для подтверждения этого вывода были исследованы следующие препараты, различающиеся по количеству рыхлой фракции: природная хлопковая целлюлоза; хлопковая гидроцеллюлоза, полученная гидролизом целлюлозы в течение 5 час 10%-ной  $\text{H}_2\text{SO}_4$  при  $100^\circ\text{C}$ ; хлопковая гидроцеллюлоза, размолотая в воде при небольшом модуле

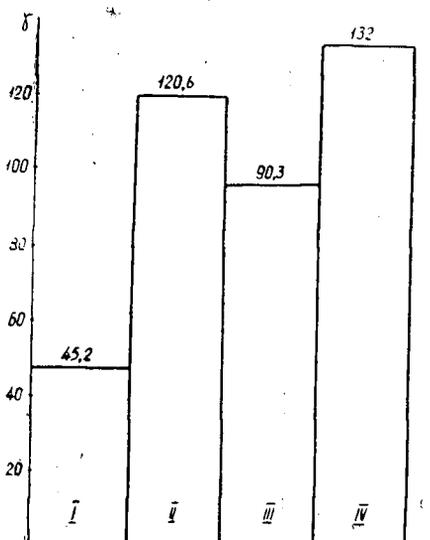


Рис. 3. Результаты ацетилирования хлопковой гидроцеллюлозы после размола в воде и гидролиза.

I — хлопковая целлюлоза; II — хлопковая гидроцеллюлоза; III — то же после размола в воде; IV — то же, что и III после гидролиза.

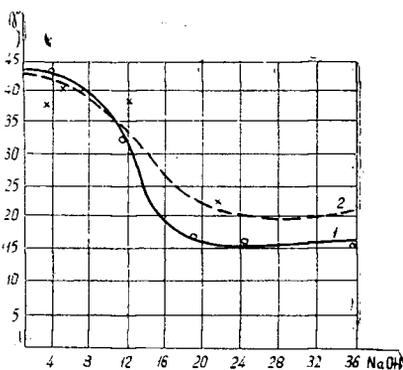


Рис. 4. Результаты ацетилирования хлопковой целлюлозы после холодного облагораживания.

1 — без последующего гидролиза; 2 — после гидролиза.

в течение 2 час (до консистенции сметаны) и высушенная при  $105^{\circ}\text{C}$ ; хлопковая гидроцеллюлоза после размола в воде, сушки и гидролиза  $0,2\text{ N H}_2\text{SO}_4$  в течение 15 мин при  $100^{\circ}\text{C}$ .

Как видно из рис. 3, пятичасовой гидролиз хлопковой целлюлозы произвел в ее структуре изменения, которыми обусловлено резкое повышение ее реакционной способности (препарат II). Вследствие мокрого размола в воде эта способность снизилась (препарат III). Однако после слабого гидролиза  $0,2\text{ N H}_2\text{SO}_4$  в течение 15 мин целлюлоза снова ацетируется заметно лучше (препарат IV). Таким образом, с изменением количества рыхлой фракции соответственно меняется и ее реакционная способность при ацетилировании.

Можно предполагать, что слабый гидролиз способствовал удалению рыхлой фракции, образовавшейся в результате размола целлюлозы в воде и препятствующей прохождению ацетилирующего агента в толщину целлюлозы. После удаления этой фракции реакционная способность целлюлозы не только восстанавливалась, но и повысилась, то есть сказалось положительное действие размола.

Учитывая замеченную аналогию в поведении размолотой и мерсеризованной целлюлоз, мы проверяли наличие этого эффекта при холодном облагораживании. Для этого был проведен слабый гидролиз ( $0,2\text{ N H}_2\text{SO}_4$  в течение 15 мин) хлопковых целлюлоз, обработанных водными растворами едкого натра с концентрацией от 3 до 36% (объемных).

Полученные препараты были проацетилированы в указанных выше условиях. Данные по реакционной способности этих целлюлоз приведены на рис. 4. Для сравнения там же приведены результаты ацетилирования хлопковых целлюлоз холодного облагораживания без последующего гидролиза. Из рис. 4 видно, что легкий гидролиз несколь-

ко повысил реакционную способность целлюлозы после холодного облагораживания, но эффект этот настолько незначителен, что мерсеризованная целлюлоза ацетируется все же хуже исходной хлопковой.

### Выводы

1. После размола целлюлоза по ряду свойств ведет себя подобно мерсеризованной, то есть способность ее к этанолизу повышается, а способность к ацетилованию и растворению понижается. Слабый гидролиз размолотой целлюлозы резко повышает ее реакционную способность к ацетилованию.

2. В результате опытов по ацетилованию размолотой хлопковой гидроцеллюлозы подтвердилось предположение о способности слабого гидролиза устранять действие коллоидной пленки, препятствующей ацетилованию.

3. Слабый гидролиз мерсеризованной целлюлозы несколько повышает ее реакционную способность к ацетилованию.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Л. П. Выродова, В. И. Шарков. Сборник трудов ВНИИГСа, 13, 6, 1965. [2]. Д. С. Добровольский. «Бумажная промышленность» 4, 3, 1962. [3]. Е. Г. Зайонц, В. И. Шарков. Материалы научно-технической конференции, вып. IV, изд. ЛТА, 1966, стр. 45. [4]. С. Н. Иванов. «Бумажная промышленность» 3, 4, 1952. [5]. С. Н. Иванов. Технология бумаги, ГЛБИ, 1960. [6]. Джемс П. Кейси. Производство полуфабрикатов и бумаги. Изд. ГЛБИ, т. I, книга II, 1958. [7]. Д. Крюгер. Ацетилцеллюлоза и другие органические эфиры целлюлозы. ГОНТИ НКТП, 1938, стр. 295. [8]. В. И. Шарков, В. С. Муромцева, Г. Ф. Парамонова. ЖПХ, 21, 107, 1937; З. А. Роговин, М. С. Свердлин. ЖПХ, 12, 1870, 1939.

Поступила 3 марта 1969 г.

УДК 634.0.813

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИВИТОЙ СОПОЛИМЕРИЗАЦИИ НА ДРЕВЕСНОЙ МАССЕ

### РОЛЬ ДРЕВЕСНЫХ КОМПОНЕНТОВ В РЕАКЦИИ ПРИВИВКИ ПММА НА БЕРЕЗОВУЮ ДЕФИБРАТОРНУЮ ДРЕВЕСНУЮ МАССУ\*

Г. С. МИХАЙЛОВ, Р. М. ЛИВШИЦ

(Московский текстильный институт)

Один из основных методов модификации целлюлозных материалов — прививка к ним синтетических полимеров. Этим методом удастся придать целлюлозе ряд практически ценных свойств, таких как устойчивость к действию микроорганизмов, свето- и термостойкость, а также улучшить эластические свойства изделий из целлюлозы.

Представляет существенный научный интерес разработанные для целлюлозы методы использовать и для модификации древесины, так как древесный комплекс наряду с целлюлозой содержит значительное количество ее спутников (экстрагируемые органическими растворителями вещества, гемицеллюлозы, лигнин); при этом большое значение

\* Выражаем благодарность проф. З. А. Роговину за предоставленную возможность провести исследования и за ценные советы, данные при обсуждении результатов работы.

имеет выяснение влияния отдельных компонентов древесного комплекса на механизм реакции привитой сополимеризации.

В ряде работ [7], [8], [10], [11], [12], [14], [15] полимеризацию введенных в древесину мономеров инициировали радиационным методом. Облучению подвергали предварительно пропитанные мономерами материалы. Использование методов привитой сополимеризации [2], [3], [4], не связанных с необходимостью пропитки мономерами, значительно упрощает аппаратное оформление процесса. Возможность прививки полиметилметакрилата (ПММА) к древесным материалам при использовании химического метода инициирования была показана ранее [5].

Цель настоящей работы — выявить влияние отдельных компонентов древесного комплекса на привитую сополимеризацию.

### Экспериментальная часть

Из исходной древесной массы путем последовательных химических обработок удаляли отдельные составляющие древесного комплекса и на оставшуюся часть прививали ПММА. Результаты оценивали по привесу обработанных образцов после исчерпывающей их экстракции ацетоном.

В качестве объекта использовали березовую дефибраторную массу (12° ШР). Компоненты древесной массы выделяли по общепринятым методикам [6]. Прививку проводили на окислительно-восстановительной системе  $\text{Fe}^{2+} - \text{H}_2\text{O}_2$  в описанных ранее условиях [5] — водный раствор ММА;  $[\text{H}_2\text{O}_2] = 0,01\%$ ; температура  $60^\circ\text{C}$ ; время 60 мин; модуль 25.

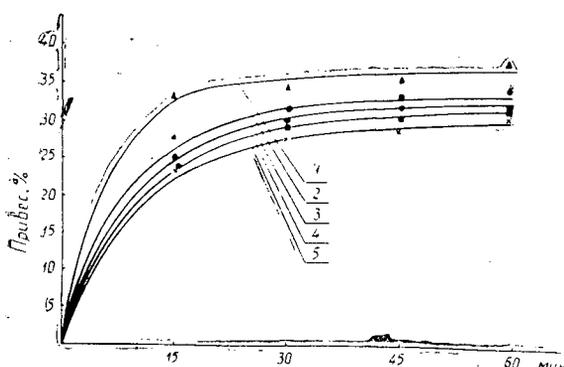


Рис. 1. Сравнение привитой сополимеризации на различных древесных материалах.  
1 — холоцеллюлоза; 2 — древесная масса без экстрактивных;  
3 — исходная древесная масса;  
4 — древесная масса без экстрактивных и гемицеллюлоз;  
5 —  $\alpha$ -целлюлоза.

Результаты исследования привитой сополимеризации на препаратах различного химического состава приведены на рис. 1, из которого следует, что количества ПММА, прививаемого на исходную древесную массу и на массу, не содержащую экстрактивных веществ, а также на массу после удаления из нее гемицеллюлоз, несколько различаются между собой, однако не в такой степени, чтобы эту разницу принимать в расчет при сравнении скоростей прививки ПММА на указанные материалы.

При удалении лигнина из древесной массы скорость привитой сополимеризации заметно повышается, что может быть связано с участием, возможно, фенольных гидроксильных групп лигнина в реакции обрыва цепи, так как известно, что соединения, содержащие гидроксильные группы фенольного типа, — сильные ингибиторы полимеризации. Для проверки предположения об участии лигнина в обрыве цепи мы исследовали влияние содержания лигнина в древесной массе на количество и молекулярный вес (МВ) ПММА, привитого на полисахаридную часть древесины. Результаты (табл. 1) подтверждают сде-

ланное предположение. МВ привитого ПММА закономерно снижается с возрастанием содержания лигнина в модифицируемых образцах.

Таблица 1

Содержание лигнина, % от веса абс. сухой древесной массы	Привес, % от веса абс. сухой древесной массы	МВ привитого ПММА
1,9	29,3	228 000
4,6	26,1	144 100
8,6	18,8	84 140
14,9	17,3	54 950

Из кривой 5 рис. 1 видно, что на препараты чистой целлюлозы (альфа-целлюлозы) прививается меньшее количество ПММА. Причина, по-видимому, — в снижении скорости диффузии реагентов вследствие повышения плотности выделенных волокон при удалении из них гемицеллюлоз и лигнина и (как это было установлено отдельным определением) вследствие уменьшения обменной емкости материала, ответственной за сорбцию ионов железа.

Прививка ПММА на гемицеллюлозы, высаженные из подкисленных щелочных растворов, и на ксилан Сальковского сопровождалась значительным привесом — 186%. (Условия опыта такие же, как в предыдущем случае; модуль 200.)

Прививка ПММА на лигнин возможна только в случае присутствия его в древесном комплексе. В опытах на образцах сернокислотного лигнина и диоксанлигнина, являющегося, как принято считать, частью протолигнина древесины, не обнаружено увеличения выхода. Это было подтверждено также ИК-спектрами.

Отсутствие прививки ПММА на диоксан-лигнин, по-видимому, следует объяснить ингибирующим действием стабильных радикалов семихинонного типа, которые, как было показано рядом исследователей, всегда возникают при выделении лигнинов из растительного сырья в мягких условиях [1], [9], [13], [16]. В случае прививки ПММА на сернокислотный лигнин эту функцию, вероятно, выполняют видоизмененные продукты взаимодействия этих радикалов между собой [1].

Изучение влияния отдельных компонентов древесного комплекса на длину и количество прививаемых цепей было проведено на ПММА, выделенном из модифицированных продуктов описанного выше состава. Характеристика полученных в одинаковых условиях продуктов привитой сополимеризации (водный раствор ММА,  $[H_2O_2] = 0,01\%$ ,  $t^0 = 60^\circ C$ , продолжительность 60 мин, модуль 25) приведена в табл. 2.

Таблица 2

Состав материала	Количество прививаемого ПММА, % от веса исходного материала	Молекулярный вес ПММА, привитого на древесные полисахариды	Число прививаемых цепей ПММА ( $\times 10^{-17}$ ) на 1 г древесной массы
Исходная древесная масса	31,2	64570	29,1
Древесная масса, не содержащая экстрактивных веществ	32,5	64830	29,8
Древесная масса без гемицеллюлоз	30,0	79430	22,8
Холоцеллюлоза	36,5	218800	10,1
Альфа-целлюлоза	29,8	588000	3,1

Из приведенных данных следует, что МВ привитых цепей ПММА не зависит от наличия в древесной массе экстрактивных веществ и увеличивается при удалении из нее гемицеллюлоз и особенно лигнина; соответственно уменьшается длина и число прививаемых цепей. Молекулярный вес ПММА, привитого на лигнин, выделенный из модифицированной древесной массы, значительно выше, чем ПММА, привитого на полисахариды, и составлял 197 000. Легкость, с которой происходит прививка ПММА на различные древесные препараты, в том числе и на чистые полимеры древесины, и отсутствие прививки на диоксанлигнин позволяют с определенной степенью достоверности предположить следующий механизм привитой сополимеризации на древесной массе.

Перекись водорода, взаимодействуя с катионами  $Fe^{2+}$ , локализованными в древесных волокнах за счет сил хемосорбции, инициирует прививку находящегося внутри клеточной структуры мономера непосредственно на клетчатке и других полиозах древесины. Контакт активных центров растущих цепей ПММА с ароматической частью структурных единиц лигнина приводит к прекращению роста прививаемых на полисахариды цепей ПММА. В то же время кинетическая цепь не исчезает, а переносится на макромолекулы лигнина. При этом в реакции передачи цепи, видимо, участвует, в основном, лигнин, находящийся в первичном и вторичном слоях клеточной стенки, и не затрагивается лигнин срединной пластинки. Об этом свидетельствует тот факт, что с инкрустами связана лишь небольшая часть ПММА от общего количества полимера, введенного в древесину.

Кинетическая цепь обрывается либо из-за реакции рекомбинации растущих макрорадикалов между собой, либо путем диспропорционирования их с химическими группами макромолекул древесных полимеров, но наиболее вероятен обрыв цепи подвижными ОН-радикалами.

Таким образом, в результате работы выяснена роль древесных компонентов в реакции прививки ПММА на березовую дефибраторную древесную массу. Выдвинуто предположение, что структурные единицы лигнина участвуют в реакции обрыва и передачи цепи, прививаемой на древесные полисахариды.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. Е. Бронвицкий, М. И. Чудаков, Л. Л. Калининская. «Узбекский химический журнал» № 3, 63, 1967. [2]. А. А. Гулина, Р. М. Лившиц, З. А. Роговин. Высокомолекулярные соединения, 7, 9, 1529, 1965. [3]. А. А. Гулина, Р. М. Лившиц, З. А. Роговин. «Химические волокна» № 3, 29, 1965. [4]. Р. М. Лившиц, З. А. Роговин. Успехи химии, 34, 1088, 1965. [5]. Г. С. Михайлов, Н. Я. Солечник. «Лесной журнал» № 1, 117, 1968. [6]. А. В. Оболенская, В. П. Щеголев, Г. Л. Аким, Э. Л. Аким, Н. Л. Коссович, И. З. Емельянова. Практические работы по химии древесины и целлюлозы. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1965. [7]. Патенты США № 3 077 417 — 3 077 419. [8]. А. С. Фрейдлин. Действие ионизирующей радиации на древесину и ее компоненты. Гослесбумиздат, М.—Л., 1961. [9]. М. И. Чудаков, А. В. Милованов. «Гидролизная и лесохимическая промышленность» № 4, 13, 17, 1966. [10]. E. J. Gibson, R. A. Laidlaw, G. A. Smith. J. Appl. Chem., 16, № 2, 58—64, 1966. [11]. L. Harmison, J. Kent. Nuclear News, 20, № 3, 94, 1962. [12]. E. Keller. Ind. and Eng. Chem., 56, № 3, 11—12, 1964. [13]. F. N. Kleinert, J. R. Morton. Nature, 196, 334, 1962. [14]. J. A. Meyer. Forest-Prod. J., № 9, 15, 1965. [15]. K. V. Ramalingam, G. N. Werezak, J. W. Hodgins. J. Polym. Sci., c, № 2, 153—167, 1963. [16]. R. N. Rex. Nature, 188, 1185, 1961.

Поступила 8 апреля 1969 г.

УДК 541.1

## ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ФУРФУРОЛА С ДВУХАТОМНЫМИ ФЕНОЛАМИ

И. М. БОХОВКИН, Б. К. СЕМЕНОВ

(Архангельский лесотехнический институт)

В одной из наших работ [2] проведено физико-химическое исследование фурфурола с фенолом и его нитропроизводными. При этом установлено, что фурфурол образует в твердой фазе комплексы следующего состава: с фенолом  $C_5H_4O_2 \cdot C_6H_5OH$ , с изомерами нитрофенола  $C_5H_4O_2 \cdot m \cdot C_6H_5NO_3$ ,  $C_5H_4O_2 \cdot p \cdot C_6H_5NO_3$  и пикриновой кислотой  $3 C_5H_4O_2 \cdot C_6H_3O_7N_3$ . С о-нитрофенолом фурфурол не образует комплексов. В жидкой фазе данные соединения проявляются в незначительной степени. В другой работе [1] проведено физико-химическое исследование фурфурола с крезолом и установлено, что фурфурол с м-, о- и п-крезолами химических соединений не образует. Представляло интерес изучить взаимодействие фурфурола с двухатомными фенолами и установить влияние второй гидроксильной группы, введенной в молекулу фенола в о-, м- и п-положение. В этих целях исследованы бинарные системы, образованные фурфуролом с пирокатехином, резорцином и гидрохиноном по плавкости, удельной электропроводности, вязкости и плотности.

### Экспериментальная часть

Фурфурол перед опытом перегоняли с дефлегматором в вакууме,  $T_{пл} = 36,5^\circ$ . Пирокатехин марки ХЧ после перекристаллизации из воды имел  $T_{пл} = 105^\circ$ . После перекристаллизации из воды резорцин той же марки имел  $T_{пл} = 110^\circ$ , гидрохинон —  $T_{пл} = 171^\circ$ . Таким образом, полученные данные о температуре плавления близки к литературным [3].

Плавкость определяли визуально-политермическим методом путем наблюдения за температурой исчезновения последних кристаллов, плотность — пикнометрическим методом, вязкость — с помощью вискозиметра Оствальда (*с-пуазы*), удельную электропроводность — по методу Кольрауша в закрытом сосуде с гладкими платиновыми электродами. В качестве источника тока применяли ламповый генератор звуковой частоты с усилителем. Плотность, вязкость и электропроводность измеряли при трех температурах. Концентрации рассчитывали в молярных процентах.

Система фурфурол — пирокатехин. Диаграмма плавкости представлена на рис. 1. В системе установлено инконгруэнтно плавящееся соединение состава  $C_5H_4O_2 \cdot o \cdot C_6H_4(OH)_2$ . Эвтектическая точка соответствует 15 мол. % пирокатехина и  $-45^\circ$ , переходная точка соответствует 41 мол. % пирокатехина и  $12^\circ$ . Жидкая фаза этой системы исследована путем определения вязкости, плотности и удельной электропроводности при 60, 70 и  $80^\circ$  (рис. 1), а также определена приве-

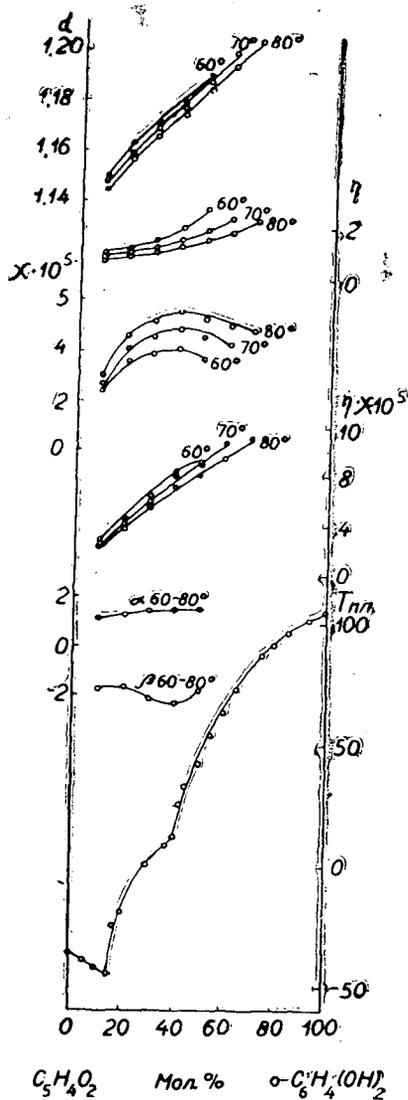


Рис. 1.

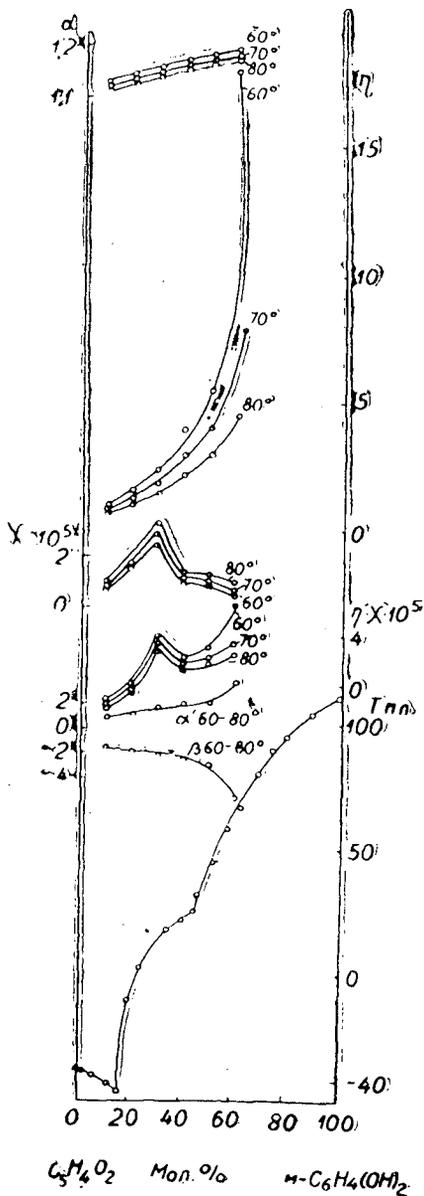


Рис. 2.

денная электропроводность и рассчитаны температурные коэффициенты удельной электропроводности и вязкости (рис. 1). Изотермы при этой температуре сняты неполностью ввиду кристаллизации пирокатехина.

Изотермы вязкости слегка выпуклы к оси состава, а изотермы плотности представляют собой слегка вогнутые к оси состава кривые и не дают указаний на взаимодействие компонентов в расплавленной гомогенной среде. Изотермы удельной электропроводности выпуклы от оси состава и имеют максимум при 40 мол. % пирокатехина. Изотермы приведенной электропроводности слегка выпуклы от оси состава, что указывает на сильное влияние вязкости.

Рассчитанные температурные коэффициенты удельной электропроводности слегка выпуклы от оси состава, а кривые температурных коэффициентов вязкости имеют выпуклость к оси состава. Таким образом, соединение в системе фурфурол — пирокатехин  $C_5H_4O_2 \cdot o-C_6H_4(OH)_2$ , обнаруженное на диаграмме плавкости, не проявляется в жидкой гомогенной среде при данных температурах.

Система фурфурол — резорцин (рис. 2) характеризуется инконгруэнтно плавящимся соединением состава  $C_5H_4O_2 \cdot m-C_6H_4(OH)_2$ . Эвтектическая точка соответствует 17 мол. % резорцина и —  $47^\circ$ , переходная точка — 46 мол. % резорцина и  $25^\circ$ .

Гомогенную жидкую фазу изучали путем измерения вязкости, плотности и удельной электропроводности при 60, 70 и  $80^\circ$  (рис. 2). Плотность смесей возрастает почти по аддитивной прямой от фурфурола к резорцину и не дает указаний на взаимодействие компонентов в расплавленной гомогенной среде. По мере увеличения содержания резорцина вязкость смесей сначала плавно возрастает, а с 50 мол. % резорцина значительно увеличивается. Изотермы электропроводности имеют явно выраженный максимум при 30 мол. % резорцина. Кривые приведенной электропроводности имеют максимум при 30 мол. % резорцина и минимум — при 40 мол. % резорцина. Кривые рассчитанных температурных коэффициентов удельной электропроводности не имеют максимума и выпуклы к оси состава, а кривые температурных коэффициентов вязкости имеют антибатный характер. Таким образом, на существование соединения в некоторой степени указывает только удельная электропроводность системы. По-видимому, соединение, обнаруженное на диаграмме плавкости, в жидкой гомогенной среде сильно диссоциировано.

Система фурфурол — гидрохинон (рис. 3) образует инконгруэнтно плавящееся соединение состава  $3C_5H_4O_2 \cdot p-C_6H_4(OH)_2$ . Эвтектическая точка находится при 5 мол. % гидрохинона и —  $41^\circ$ , переходная точка при 20 мол. % гидрохинона и  $42^\circ$ . В жидкой фазе исследованы вязкость, плотность и удельная электропроводность при 70, 80 и  $90^\circ$ . Ввиду кристаллизации гидрохинона изотермы при этих температурах сняты только до 30 мол. % гидрохинона. Изотермы этих свойств, а также кривые приведенной электропроводности и вязкости указывают на отсутствие химического взаимодействия в гомогенной жидкой среде при данных температурах.

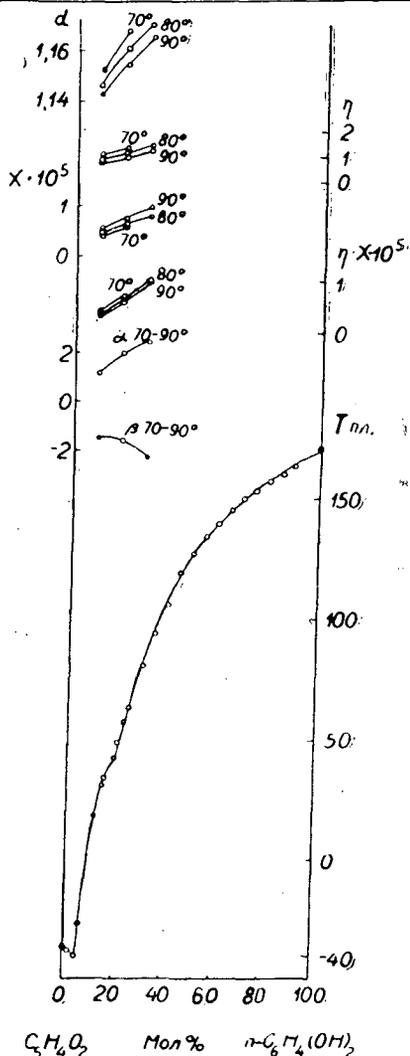


Рис. 3.

Таким образом, изучение плавкости бинарных систем, образованных фурфуролом с изомерами двухатомных фенолов, показало, что все три изомера образуют с фурфуролом инконгруэнтно плавящееся соединение. Фурфурол с пирокатехином и резорцином образует соединения 1:1, а с гидрохиноном — 3:1. В жидкой гомогенной среде соединения, обнаруженные на диаграммах плавкости, не проявляются на изотермах плотности и вязкости. Изотермы удельной электропроводности дают некоторое указание на существование соединений в расплаве. На основании сопоставления свойств плавкости, вязкости, плотности и удельной электропроводности можно отметить, что склонность к взаимодействию возрастает в направлении гидрохинон, пирокатехин, резорцин. При сопоставлении свойств данных бинарных систем со свойствами бинарной системы, образованной фурфуролом с фенолом [2], вытекает, что введение второй гидроксильной группы в молекулу фенола уменьшает устойчивость соединений.

### Выводы

1. Исследованы диаграммы плавкости систем фурфурол — пирокатехин, фурфурол — резорцин и фурфурол — гидрохинон. Установлено, что фурфурол образует в твердой фазе комплексы следующего состава:  $C_5H_4O_2 \cdot o-C_6H_4(OH)_2$ ,  $C_5H_4O_2 \cdot m-C_6H_4(OH)_2$  и  $3 \cdot C_5H_4O_2 \cdot p-C_6H_4(OH)_2$ .

2. В указанных системах измерены плотность, вязкость и удельная электропроводность с целью изучения взаимодействия фурфурола с двухатомными фенолами в расплавленной гомогенной фазе. Изотермы этих свойств не дали явных указаний на существование соединений в расплаве.

3. Рассчитаны приведенная электропроводность и температурные коэффициенты электропроводности и вязкости. Они не подтвердили существования соединений в расплавленной гомогенной среде.

4. Показано, что склонность фурфурола к взаимодействию с двухатомными фенолами возрастает в направлении гидрохинон, пирокатехин, резорцин.

### ЛИТЕРАТУРА

[1]. И. М. Боховкин, Е. О. Витман. ЖОХ 33, 2083, 1963. [2]. И. М. Боховкин, Б. К. Семенов. Физико-химическое исследование фурфурола с фенолом и его нитропроизводными. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1969. [3]. Справочник химика, т. 2, ГХИ, 1963.

УДК 634.0.813

## ВЛИЯНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ГИДРОЛИЗА НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ НЕБЕЛЕННОЙ СУЛЬФАТНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ИЗ ТОПОЛЕВОЙ ДРЕВЕСИНЫ

Л. Е. АКИМ, Т. С. БРЮЗГИНА

(Ленинградский технологический институт)

Роль предварительного гидролиза лиственной древесины перед сульфатной варкой описана многими исследователями [2] — [5]. Цель данной работы — изучить влияние условий предварительного гидро-

лиза на качественные показатели сульфатной целлюлозы из тополевой древесины.

В качестве исходного материала мы использовали древесину тополя, выращенного в Ленинградской области. Для варок брали тополевую щепу лабораторного приготовления. Результаты химического анализа опилок из тополевой древесины приведены в табл. 1.

Таблица 1

Компоненты	Содержание, % по отношению к абс. сухой древесине
Целлюлоза (по Кюршнеру) . . . . .	48,5
Лигнин . . . . .	21,0
Пентозаны . . . . .	18,5
Смолы и жиры (по дихлорэтану)	1,12
Зола . . . . .	0,52

Для предгидролиза и сульфатных варок использовали автоклав емкостью 10 л, изготовленный из кислотоупорной стали, с электрообогревателем без принудительной циркуляции. Режим варки подбирали таким образом, чтобы во всех случаях были обеспечены условия для получения равномерно проваренной небеленой целлюлозы, имеющей высокую вязкость и низкое содержание пентозанов. Условия сульфатной варки следующие: модуль 1:5; расход активной щелочи 25% (ед. NaOH); сульфидность 25%; продолжительность заварки до 165°C — 5 час; продолжительность варки при 165°C — 2 часа.

Вначале изучали влияние температуры водного предгидролиза на качественные показатели целлюлозы. Температуру изменяли от 160 до 175°C. Подъем температуры до конечной в течение 1 часа.

Качественные показатели небеленых целлюлоз приведены в табл. 2.

Таблица 2

№ варки	Условия предгидролиза		Жесткость целлюлозы, перманганатные единицы	Содержание альфа-целлюлозы, %	Содержание пентозанов, %	Вязкость 1%-ного медно-аммиачного раствора, млз	Выход целлюлозы, % от веса древесины
	температура, °C	продолжительность, час					
1	160	2	59	95,7	3,2	665	39,3
5	160	3	55	97,3	2,3	770	37,5
2	165	2	57	96,8	2,1	775	39,0
6	165	3	48	97,4	1,4	613	35,0
7	170	1	58	97,2	1,85	715	39,0
8	170	2	47	97,4	1,6	675	34,0
4	175	2	43	97,0	0,85	415	33,0

Из данных табл. 2 видно, что наиболее подходящая температура водного предгидролиза 165°C. При более высоких температурах снижаются выход и вязкость получаемой целлюлозы. Увеличение продолжительности предварительного гидролиза благоприятно сказывается на повышении содержания альфа-целлюлозы и понижении пентозанов, но приводит к уменьшению вязкости и выхода целлюлозы. Оптимальной продолжительностью следует считать 3 часа при 165°C и 2 часа при 170°C. При этих условиях содержание альфа-целлюлозы около 97%, пентозанов 1,4—1,6%, однако вязкость 1%-ного медно-аммиачного раствора низкая. Вязкость небеленой целлюлозы можно повысить путем сокращения продолжительности варки (табл. 3).

Таблица 3

№ варки	Условия сульфатной варки			Жесткость целлюлозы, п. е.	Содержание альфа-целлюлозы, %	Содержание пентозанов, %	Вязкость 1%-ного медно-аммиачного раствора, мПа	Выход целлюлозы, % от веса древесины	СП
	температура, °С	продолжительность заварки, час	продолжительность варки, час						
6	165	5	2	48	97,4	1,4	613	35,0	800
9	165	5	1	52	97,0	1,6	900	38,0	1164
8	165	5	2	47	97,4	1,6	675	34,0	850
10	165	5	1	56	97,0	1,65	1000	38,0	1162

Примечание. Режим водного предгидролиза для варок № 6 и 9 — при температуре 165°C 3 часа, модуль 1:5; для варок № 8 и 10 — при температуре 170°C 2 часа, модуль 1:5.

Из данных табл. 3 видно, что сокращение времени варки повышает выход небеленой целлюлозы и вязкость; остальные показатели не изменяются.

Образец варки № 9 был подвергнут многоступенчатой отбелке, которую проводили по следующей схеме: двухступенчатое хлорирование с промежуточной нейтрализацией — двухступенчатая отбелка двуокисью хлора с промежуточной нейтрализацией — кислотка. После каждой степени отбелки целлюлозу промывали дистиллированной водой. Для сравнения один из образцов отбеливали с включением степени холодно-горячего облагораживания, которая следовала после второй степени хлорирования.

Основные условия отбелки приведены в табл. 4.

Таблица 4

Степени обработки целлюлозы	Концентрация массы, %	Реагент	Расход реагента, % к весу волокна	Продолжительность, мин	Температура, °С
I степень хлорирования*	3,0	Cl <sub>2</sub>	0,75	30	15
Щелочная промывка	10,0	NaOH	1,5	60	70
II степень хлорирования*	3,0	Cl <sub>2</sub>	0,75	30	15
Щелочная промывка	10,0	NaOH	1,5	60	70
Холодное облагораживание	10,0	NaOH	80,0	30	15
Горячее облагораживание	10,0	NaOH	2,0	120	120
I степень (в ед. ClO <sub>2</sub> )	10,0	ClO <sub>2</sub>	0,30	60	70
Щелочная промывка	10,0	NaOH	1,5	60	70
II степень (в ед. ClO <sub>2</sub> )	10,0	ClO <sub>2</sub>	0,30	60	70
Кисловка	7,0	SO <sub>2</sub>	1,5	60	15

\* Для сохранения вязкости при хлорировании вводили 0,1% ClO<sub>2</sub> от веса волокна.

№ целлюлозы	Вид целлюлозы (беленая сульфатная с водным предгидролизом)	Содержание,		
		альфа-целлюлозы	бета-целлюлозы	гамма-целлюлозы
1	С холодно-горячим облагораживанием	97,0	1,17	0,86
2	Без холодно-горячего облагораживания	96,4	0,96	1,84
3	Технические требования, предъявляемые к целлюлозе	Не менее 95,6	Не более 2—2,5	Не более 2,0
4	Американская целлюлоза марки „Крафтацета“	97,5	1,68	0,85

Показатели качества беленой целлюлозы из тополевой древесины приведены в табл. 5.

Для сопоставления в этой таблице представлены качественные показатели американской целлюлозы марки «Крафтацета» и технические требования, предъявляемые к древесной целлюлозе для ацелирования [1].

Из данных табл. 5 видно, что сульфатная целлюлоза, полученная с водным предгидролизом, не требует дополнительного холодно-горячего облагораживания, которое не только повышает химическую чистоту, но и значительно снижает вязкость беленой целлюлозы. Это отрицательно сказывается на вязкости триацетатных сиропов.

Для определения пригодности данных беленой целлюлоз к ацелированию было проведено пробное ацелирование по гомогенному методу в сосуде Дьюара.

Полученные триацетатные сиропы исследовали в отношении фильтруемости, вязкости и показателя качества.

Прозрачность триацетатных сиропов определяли по стандартному методу.

Результаты пробного ацелирования приведены в табл. 6. Для сравнения представлены данные ацелирования американской целлюлозы марки «Крафтацета».

Таблица 6

№ целлюлозы	Условия ацелирования			Свойства триацетатных сиропов			
	начальная температура, °С	конечная температура, °С	продолжительность, мин	прозрачность, мм	вязкость, пуаз	фильтруемость	ПК*
1	25	60	15	100	135	1000	13,5
2	25	61	18	50	210	600	12,6
3 („Крафтацета“)	25	60	17	120	135	1000	13,5

\* ПК — показатель качества триацетатных сиропов.

Из данных табл. 6 видно, что целлюлоза холодно-горячего облагораживания и «Крафтацета» при ацелировании дают низковязкие триацетатные сиропы, отличающиеся хорошей фильтруемостью. Сироп из целлюлозы, отбеленной без ступени холодно-горячего облагораживания, менее прозрачен.

Таблица 5

%			СП беленой целлюлозы	Вязкость 1%-ного медно-аммиачного раствора, мПз	Белизна, % белого	Выход, % от веса древесины
смола и жиров	пентозанов	зола				
0,15	0,88	0,02	670	234	90,5	31,5
0,27	2,0	0,04	800	388	90,0	33,6
Не более 0,04	Не более 2,1	Не более 0,08	700—1400	400—500	Не менее 94,0	—
0,22	0,60	—	700	300	90,3	—

### Выводы

1. Проведено лабораторное исследование влияния условий водного предгидролиза на качественные показатели сульфатной целлюлозы. Установлено, что можно получить сульфатную целлюлозу с высоким содержанием  $\alpha$ -целлюлозы, высокой вязкостью и низким содержанием пентозанов.

2. Проведена многоступенчатая отбелка полученного образца сульфатной предгидролизной целлюлозы. Установлено, что показатели беленой целлюлозы отвечают техническим требованиям на целлюлозу для ацелирования.

3. Установлено, что триацетатные сиропы, полученные из сульфатной беленой целлюлозы, обладают хорошей реакционной способностью, фильтруемостью и вязкостью, но по прозрачности уступают американской целлюлозе «Крафтацета».

### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Э. Л. Аким, Л. П. Перепечкии. Целлюлоза, ацетилцеллюлоза, ацетатное волокно. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1964. [2]. Г. С. Косая. Производство сульфатной вискозной целлюлозы. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1966. [3]. Ю. Н. Непенин. Технология целлюлозы. Т. II, Гослесбумиздат, 1963. [4]. J. Gaidos. VUPC, Sbornik, vyskumpuch prac z alborn cellulösy a papiera, В-4, 1959, 133—134. [5]. С. F. Gones. «Canadian Pulp and Paper Industry», № 8, 1959.

Поступила 14 февраля 1969 г.

УДК 674.815-41

## ИЗМЕНЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ 180°C В УСЛОВИЯХ ПРЕССОВАНИЯ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

**Г. Ф. ПОТУТКИН, Г. Л. ДРАНИШНИКОВ**

(Архангельский лесотехнический институт)

Ряд авторов указывает, что заметные химические изменения отдельных компонентов древесины происходят при нагревании ее даже без приложения давления уже при температурах 100—200°C [1], [2], [3], [7], [8], [15], [16], [19], [20]. Наши исследования показали, что при прессовании древесностружечных плит происходят не только существенные изменения отдельных компонентов древесины, но и их химическое взаимодействие со связующим [10]. Можно полагать, что синтетическое связующее взаимодействует как с нативными компонентами древесины, так и с продуктами, которые образуются при химических превращениях нативных веществ под действием тепла, давления и других факторов. Степень химических изменений нативных веществ древесины, вероятно, определяет их активность при взаимодействии с синтетическим связующим и влияет на качество древесностружечных плит.

Однако в литературе мы не нашли данных об одновременном воздействии тепла и давления на древесину при определенной влажности, что обычно имеет место в условиях изготовления древесностружечных плит. Поэтому представляет интерес более детально изучить поведение древесины при нагревании без связующего в условиях прессования плит и выяснить, какие из компонентов древесины претерпевают наибольшие изменения.

Как известно, скорость прессования плит определяется прежде всего скоростью отверждения связующего и увеличивается с повышением температуры. Однако существует предел повышения температуры, ограниченный примерно 180°C, выше которого начинается заметное разложение карбамидного связующего, и выбранная нами для исследования температура 180°C интересна в том отношении, что является максимально допустимой при прессовании плит на карбамидных смолах.

Для опытов брали сосновую стружку, полученную на станках ДС-2, с влажностью 6%. Для сохранения условий влажности, при которой обычно прессуют древесностружечные плиты, вместо связующего на стружку напыляли воду из расчета 7,5% к весу абс. сухой стружки в смесителе периодического действия конструкции ЦНИИМОДа. Стружечный ковер формовали в формующей рамке и прессовали на прессе ПГЛ-60 при удельном давлении 16 кг/см<sup>2</sup>, температуре прессования 180°C и выдержке под давлением 19 мин из расчета 1 мин на 1 мм толщины готовой плиты. Размеры готовых плит 500×400×19 мм. Из-за их малой прочности физико-механических испытаний не производили. Для получения более однородного материала кромки плит шириной по 100 мм отбрасывали. Всего было проведено в одинаковых условиях 7 запрессовок.

Для химических исследований из плит получали средние пробы опилок, проходящих через сито с диаметром отверстий 1,0 мм и задерживающихся на сите с диаметром отверстий 0,5 мм. Получение опилок и их химический анализ производили по методике, описанной нами ранее [10].

Результаты анализа (в процентах к абс. сухой необессмоленной древесине) приведены в табл. 1.

Таблица 1

Показатели	Исходная стружка	Стружка, за-прессованная при 180 °С
Влажность . . . . .	5,18	4,70
Вещества, экстрагируемые горячей водой . . . . .	3,00	3,60
Вещества, экстрагируемые эфиром . . . . .	3,07	3,58
Потеря абс. сухой древесины в весе . . . . .	—	4,00
Холоцеллюлоза . . . . .	71,60	59,34
Целлюлоза . . . . .	51,28	44,70
Пентозаны в древесине . . . . .	9,10	6,80
Лигнин . . . . .	28,00	29,05
Метоксильные группы в лигнине . . . . .	14,55	12,87
Содержание углерода . . . . .	63,75	67,80
Содержание водорода . . . . .	6,72	5,80
pH водной вытяжки древесины . . . . .	4,65	3,80

Из данных табл. 1 видно, что нагревание древесины при 180°C в течение 19 мин приводит к значительной потере в весе, что можно объяснить разрушением компонентов древесины с образованием летучих продуктов.

Наибольшие изменения наблюдаются в углеводной части: значительно уменьшается количество холоцеллюлозы, целлюлозы и пентозанов в древесине. Вероятно, одна из основных причин этого — гидролитическое и термическое разрушение углеводной части древесины с выделением кислых продуктов, ускоряющих процессы. Можно полагать, что при гидролизе происходит омыление сложных эфиров углеводов с уксусной и муравьиной кислотами; на это указывает и Н. Я. Солечник [11]. Это, кстати, подтверждается в наших опытах и увеличением активной кислотности (уменьшение pH) водной вытяжки из древесины после прессования.

В изученных условиях из углеводной части древесины наиболее существенным изменениям подвержены пентозаны, количество кото-

рых уменьшается приблизительно на 25%; содержание целлюлозы уменьшается на 13%. Если принять, что холоцеллюлоза состоит, в основном, из целлюлозы и гемицеллюлоз, то содержание гемицеллюлоз в исходной стружке составляет 20,32%, а в стружке, подвергнутой прессованию, уменьшается до 14,64%.

В литературе имеется ряд указаний о том, что химические изменения отдельных компонентов древесины оказывают сильное влияние на физико-механические свойства материалов, получаемых из нее. Сопоставление этих данных с результатами проведенных нами экспериментов позволяет высказать некоторые предположения относительно влияния изменений отдельных компонентов древесины на свойства древесностружечных плит. Так, известно, что разрушение целлюлозы при нагревании древесины снижает механические свойства древесины [3], [4], а в условиях прессования древесностружечных плит это может привести к уменьшению их прочности. Полагают, что снижение количества пентозанов и гемицеллюлоз при нагревании древесины не сказывается на ее механических свойствах [3].

В условиях прессования древесностружечных плит значительное разрушение гемицеллюлоз нежелательно, так как гемицеллюлозы, содержащие карбоксильные группы, способствуют удержанию смолы [17]. М. Файнмен [14] отмечает, что мочевино-формальдегидная смола при склеивании целлюлоз, не содержащих гемицеллюлоз, не обеспечивает прочности во влажном состоянии.

В условиях наших опытов при нагревании древесины количество веществ, определяемых как лигнин, увеличивается на 9,6%. Лигнин из исходной стружки и из запрессованной при 180°C значительно различается по элементарному составу: при прессовании стружки количество углерода в лигнине увеличивается, а содержание водорода уменьшается. Такие изменения в элементарном составе лигнина можно объяснить как результат процессов конденсации нативного лигнина древесины. С повышением температуры прессования уменьшается количество метоксильных групп, что может быть вызвано деметоксилированием лигнина или конденсацией его с другими компонентами древесины. Расчеты, приведенные ниже, показывают, что в данном случае преобладает деметоксилирование лигнина. Так, увеличение количества лигнина на 1,05% вследствие реакций конденсации должно бы уменьшить содержание метоксильных групп только на 0,49%. На самом деле количество метоксильных групп снижается на 1,68%. Согласно литературным данным по гидролизу лигнина, в течение 1 часа при температуре 175°C происходит полное расщепление фенол-эфирных связей и высказано предположение, что такое разрушение может происходить даже в более мягких условиях [18].

Установлено, что лигнин — компонент, от которого зависят свойства древесных пластиков, запрессованных в закрытой прессформе [13]: с уменьшением количества лигнина их прочность на изгиб повышается, но одновременно увеличивается водопоглощение и набухание. При прессовании древесной стружки количество веществ, экстрагируемых горячей водой и эфиром, увеличивается по сравнению с исходной стружкой. И. П. Лосев [6], В. Н. Козлов и В. Н. Гуляев [5], В. М. Никишин [9] отмечают, что растворимые в воде вещества обладают склеивающими свойствами. Показано [12], [13], что экстрактивные вещества играют роль пластификатора, а с уменьшением количества водорастворимых веществ прочность плит на изгиб понижается. Таким образом, увеличение количества веществ, экстрагируемых горячей водой и эфиром, при прессовании в условиях изготовления древесностружечных плит можно рассматривать как положительное явление.

Разумеется, наши выводы, вытекающие из экспериментов на чистой древесине, нельзя в полной мере отнести к древесностружечным плитам, где химическое изменение компонентов древесины происходит не только под влиянием тепла и давления, но и под действием синтетического клея. Однако полученные нами данные позволяют оценить относительную химическую изменяемость и активность отдельных компонентов древесины в температурных условиях прессования древесностружечных плит.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. А. Баум. Труды ЦНИЛХИ. «Облагораживание древесины», вып. 6, 1936, 13—31. [2]. И. О. Зиединьш. Труды Института лесохозяйственных проблем и химии древесины, вып. 26, 1963, 133—141, 142—156. [3]. Б. Т. Ив, П. А. Иссинский. «Лесохимическая промышленность» № 1—2, 1934. [4]. Б. Т. Ив. «Механическая обработка древесины» № 8, 1934. [5]. В. Н. Козлов, В. Н. Гуляев. Труды Института химии и металлургии, вып. 2, изд. АН СССР, Уральский филиал, 117, 1955. [6]. И. П. Лосев, Л. В. Гордон. Сборник трудов ЦНИЛХИ, вып. 9, 1954. [7]. В. Е. Москалева. Строение древесины и ее изменения при физических и химических воздействиях. Изд. АН СССР, М., 1957, 103—104. [8]. Н. И. Никитин. Химия древесины, 1951, 429. [9]. В. М. Никитин. Химия древесины и целлюлозы. ГЛБИ, 1960. [10]. Г. Ф. Потуткин, Г. Л. Дранишников. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4 и 6, 1965. [11]. Н. Я. Солечник. Производство древесноволокнистых плит. ГЛБИ, 1963. [12]. Н. Я. Солечник, Л. И. Наткина. «Деревообрабатывающая промышленность» № 3, 1963. [13]. Н. Я. Солечник, К. Хамар, В. М. Анчикева. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4—6, 1964. [14]. M. N. Feinpen. «Tappi», 35, № 7, 320, 1952. [15]. R. J. Kennedy. «Tappi», 45, № 9, 1962, 738—741. [16]. F. Kollman. Holz als Roh- und Werkstoff, 18, № 6, 193—200, 1960. [17]. F. Kollman, H. H. Dietrich. Holz als Roh- und Werkstoff, 23, № 12, 1965, 461. [18]. K. Kratzl und and. «Holz als Roh- und Werkstoff», 18, № 9, 1960, 359. [19]. W. Sander mann, H. H. Dietrich. «Holz als Roh- und Werkstoff», 17, № 11, 1959, 433. [20]. H. Winter, Brennstoff. «Chemie — Bd.» 7, 1962, 117—123.

Поступила 12 ноября 1968 г.

УДК 634.0.813

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГЛОЩЕНИЯ КИСЛОРОДА ТЕХНИЧЕСКИМИ ЛИГНИНАМИ В РАСТВОРЕ ЩЕЛОЧИ

Г. Ф. ПРОКШИН, Л. Ф. ТУШИНА

(Архангельский лесотехнический институт)

Процесс окисления технических лигнинов газообразным кислородом в щелочной среде изучали неоднократно [1]. Однако не было установлено корреляции между кинетикой поглощения кислорода щелочными растворами лигнинов, механизмом реакций окисления и количественной оценкой реакционной способности функциональных групп, ответственных за поглощение кислорода.

Ранее одним из нас было показано [2], что в гидролизном лигнине (ГЛ) и сульфатном щелочном лигнине (СЛТ) содержатся пирокатехиновые (о-диоксибензолные) структурные группы (ПЕ). При одинаковой степени деметилирования большее количество их обнаружено в гидролизном лигнине. Особенно значительным оказалось содержание ПЕ в деметилированном лигнине (ДМЛ), полученном при нагревании гидролизного лигнина с водными растворами сульфида натрия.

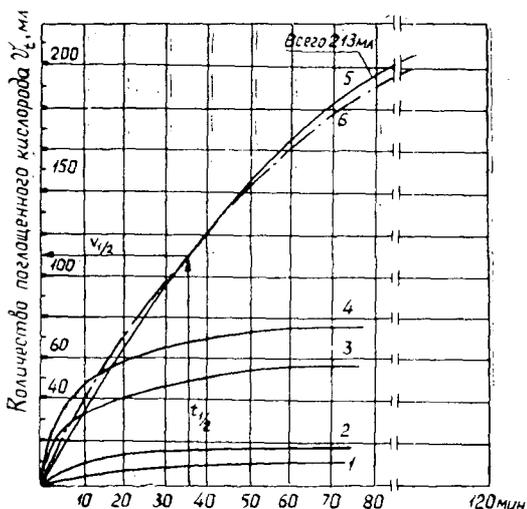


Рис. 1. Кривые поглощения кислорода лигнинами и пирокатехином в растворе щелочи.

1 — ГЛ; 2 — СЛТ; 3 — ДМЛ1; 4 — ДМЛ2;  
5 и 6 — пирокатехин.

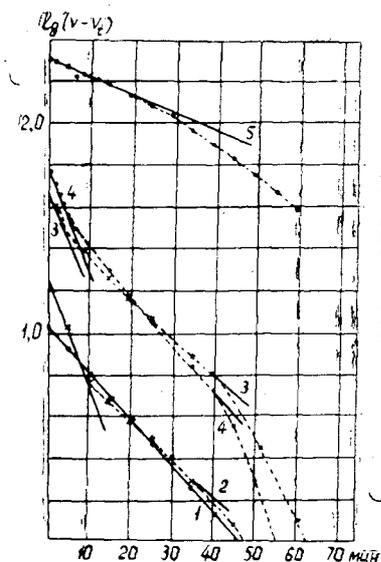
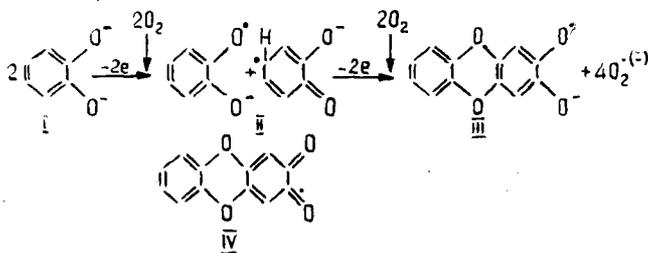


Рис. 2. Кривые поглощения кислорода в полулогарифмических координатах.

1 — ГЛ; 2 — СЛТ; 3 — ДМЛ1;  
4 — ДМЛ2; 5 — пирокатехин.

Известно, что *o*- и *p*-диоксифенолы в щелочной среде энергично поглощают кислород. Этот процесс, в том числе его кинетика, хорошо изучен, так как имеет большое теоретическое и практическое значение [3], [4]. Согласно Уотерсу [3] окисление протекает по следующей схеме, упрощенной для наглядности:



При этом установлено, что быстрая абсорбция кислорода анионом пирокатехина I связана с образованием семихинона II, который еще быстрее окисляется в димерный радикал III с общим поглощением 2 молей кислорода на 1 моль пирокатехина. Дальнейшее поглощение кислорода протекает медленно с образованием *o*-хинона типа IV. Поскольку в лигнине содержатся пирокатехиновые единицы, можно предполагать, что именно они ответственны за быструю фазу поглощения кислорода щелочными растворами лигнина и что их окисление протекает по приведенному выше механизму. Результаты работы, изложенной в настоящей статье, подтверждают высказанное предположение. Кроме того, изучение кинетики поглощения кислорода лигнинами и пирокатехином в растворе щелочи позволило сравнить и оценить реакционную способность ПЕ лигнина в данной реакции.

Результаты экспериментов по изучению скорости поглощения кислорода щелочными растворами лигнинов и пирокатехина приведены на рис. 1. С целью расчета кинетических констант эти же данные представлены на рис. 2 в полулогарифмических координатах.

Как видно из рис. 1, максимальное количество кислорода, поглощенное пирокатехином, составило 213—214 мл, что в пересчете на 1 моль пирокатехина составляет около 2 молей и показывает, что быстрая фаза окисления пирокатехина в условиях проведения эксперимента соответствует окислению пирокатехина в димерный радикал III. Несомненно, что быстрая фаза окисления лигнинов, обнаруживаемая по быстрому поглощению кислорода в первые минуты процесса, также обуславливается окислением пирокатехиновых единиц лигнина. Химический анализ потенциометрическим титрованием [2] окисленной смеси и выделенного лигнина указывает на отсутствие в них пирокатехиновых единиц, а в ИК-спектрах выделенных образцов окисленных лигнинов обнаружена интенсивная полоса карбониллов ( $1700\text{--}1720\text{ см}^{-1}$ ), относящаяся к хинонным группам полимерных хинонов [6]. Это является подтверждением того, что при поглощении кислорода имеет место окисление ПЕ с образованием хинонов.

Из рис. 2 видно, что при поглощении кислорода пирокатехином и лигнином начальные точки укладываются на прямой, показывающей, что в начальный период поглощение кислорода описывается уравнением кинетики реакций первого порядка. Построение кривых поглощения в полулогарифмических координатах и установление порядка реакции дает возможность определить кинетические константы реакции и содержание ПЕ в лигнине.

Для построения кривых в полулогарифмических координатах принято, что исходное количество пирокатехиновых единиц в лигнине соответствует количеству кислорода  $V$  (мл), поглощенному за период активного протекания реакции (65 мин). Тогда разница между этим количеством кислорода и текущим его потреблением  $V_t$  соответствует текущей концентрации ПЕ. По данным, представленным на рис. 1, исходное количество ПЕ соответствует 11 мл для ГЛ, 18 мл для СЛТ, 58 мл для ДМЛ1, 76 мл для ДМЛ2, 204 мл для пирокатехина (согласно стехиометрическим соотношениям). Рассчитанные величины константы скорости реакции  $K$ , времени полураспада  $t_{1/2}$  и соответствующего объема кислорода  $V_{1/2}$ , найденного по величине времени полураспада (рис. 1), представлены в табл. 1.

Таблица I

Окисляемое вещество	Определяемые величины					Количество ПЕ. ммоль · эквиг	
	$\text{tg } \alpha \cdot 10^2$	$K \cdot 10^2$	$t_{1/2}$ , мин	$V_{1/2}$ , мл	$V$ , мл	рассчитанное	по химическим данным [2]
ГЛ . . . . .	2,04	4,70	14,7	6,0	12,0	0,545	0,78—1,14
СЛТ . . . . .	4,75	10,9	6,45	8,0	16,0	0,715	0,36—0,54
ДМЛ1 . . . . .	5,65	13,0	5,30	26,5	53,0	2,38	~3,0
ДМЛ2 . . . . .	5,75	13,2	5,25	37,5	74,0	3,30	~3,0
Пирокатехин .	0,84	1,94	35,6	109	213	9,75	—

Характер кривых в полулогарифмических координатах для всех лигнинов и пирокатехина, за исключением гидролизного лигнина, показывает, что с течением времени скорость реакции меняется так,

что для лигнинов она уменьшается, а для пирокатехина увеличивается. Об этом можно судить по уменьшению или увеличению угла наклона кривых к оси абсцисс, тангенс которого определяет константу реакции. Очевидно, отклонение для окисления пирокатехина объясняется наложением влияния более быстрой фазы (согласно Уотерсу) окисления семихинона в димерный семихинон III. По этой причине уменьшение скорости окисления лигнина с течением времени, фиксируемое на кривых, не относится к окислению пирокатехиновых единиц. Здесь накладываются более медленные реакции дальнейшего окисления лигнина. Окисление ПЕ, следовательно, можно выделить отрезком прямой, проведенной через начальные точки. Для гидролизного лигнина — это прямая линия на всем отрезке времени. Такое явление можно объяснить лишь тем, что гидролизный лигнин представляет в растворе щелочи взвесь и, следовательно, прямая поглощения кислорода характеризует не процесс окисления, а процесс диффузии.

Исходя из сказанного выше, реакционную способность ПЕ можно оценить величиной константы реакции, определяемой по величине тангенса угла наклона прямой, проведенной через начальные точки на кривой, характеризующей кинетику поглощения кислорода.

Данные, приведенные в табл. 1, показывают, что, судя по величине  $K$ , реакционная способность ПЕ лигнина в 5—6 раз выше, чем реакционная способность о-диоксибензольных групп в пирокатехине. При этом обнаружена некоторая тенденция в увеличении значения  $K$  и, следовательно, реакционной способности ПЕ в лигнине в следующем порядке: СЛТ < ДМЛ1 < ДМЛ2. Такой порядок соответствует усилению жесткости условий нагревания лигнинов с водными растворами щелочи и сульфида натрия при получении названных образцов лигнина. Известно, что повышение реакционной способности при окислении гидрохинонов молекулярным кислородом в щелочной среде вызывает наличие заместителей в о-положении к фенольному гидроксилу [5]. По-видимому, есть все основания считать, что повышение реакционной способности ПЕ в лигнине по сравнению с пирокатехином и другими лигнинами — также следствие наличия в ПЕ лигнина о-заместителей по отношению к фенольному гидроксилу.

Поскольку путем построения кривых поглощения в полулогарифмических координатах удается выделить и охарактеризовать кинетически окисление только ПЕ лигнина, это дает основание подсчитать количество пирокатехиновых единиц в лигнине по константе скорости реакции, времени полураспада и найденному по нему расходу кислорода (рис. 1) на окисление только пирокатехиновых единиц. Формула для расчета приведена в экспериментальной части. Сравнение полученных результатов с данными химических анализов, выполненных ранее [2], показывает, что при доработке кинетический метод может быть применен для определения содержания ПЕ в лигнине.

### Экспериментальная часть

Навеску лигнина и пирокатехина (0,500 г) смешивали с 50 мл 20%-ного водного раствора едкого калия. Окисление проводили при комнатной температуре в качающемся стеклянном сосуде, соединенном гибким шлангом с газовой бюреткой, заполненной кислородом.

ГЛ и СЛТ — технические продукты, выделенные из хвойных пород древесины, — охарактеризованы нами ранее [2]. Пирокатехин брали квалификации «чистый», ДМЛ получены при нагревании гидролизного лигнина с водными растворами сульфида натрия при 280°C в течение 20 мин (ДМЛ1) и 60 мин (ДМЛ2). Время подогрева до 280°C составляло 30 мин, гидромодуль при нагревании 10:1, концентрация сульфида натрия 5%.

Константу скорости реакции находили по уравнению

$$K = 2,3(3 \operatorname{tg} \alpha,$$

где  $\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta \lg (V - V_f)}{\Delta t}$  ( $\Delta t$  выражали в минутах).

Время полураспада вычисляли по формуле

$$t_{1/2} = \frac{0,693}{K}.$$

Количество пирокатехиновых единиц рассчитывали по уравнению

$$\text{ПЕ} = \frac{2V_{1/2}}{44,8b} \text{ моль} \cdot \text{экв}^2,$$

где 44,8 — расход кислорода, мл, (2 ммоль) на окисление 1 ммоль ПЕ;  
b — навеска лигнина, г.

### Выводы

1. Показано, что быстрая фаза поглощения кислорода лигнинами в щелочном растворе связана с окислением пирокатехиновых единиц. Реакционная способность пирокатехиновых единиц лигнина, оцениваемая по поглощению кислорода, выше, чем реакционная способность о-диоксибензольных групп в пирокатехине.
2. Высказано предположение, что повышение реакционной способности пирокатехиновых единиц в лигнине является следствием влияния о-заместителей к фенольным гидроксилам пирокатехиновых структурных единиц лигнина.
3. Предложен кинетический метод определения содержания пирокатехиновых единиц в лигнине.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. М. Никитин. Лигнин. ГЛБИ, 1961, 44—51. [2]. Г. Ф. Прокшин. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1967. [3]. У. Уотерс. Механизм окисления органических соединений. «Мир», 1966, 169. [4]. М. А. Joslin, G. E. K. Branch. J. Amer. Chem. Soc., 57, 1935, 1179. [5]. M. Musso, M. Döpp. Chem. Ber., 100, 1967, 3627. [6]. H. J. Teuber, G. Staiger. Chem. Ber., 88, 1955, 802.

Поступила 28 марта 1969 г.

КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ  
И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

УДК 65.011.56

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ  
ГАЗОВОЙ БАРАБАННОЙ СУШИЛКИ КАК ОБЪЕКТА  
АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ  
АГЕНТА СУШКИ

А. А. СМЕРНОВ

(Ленинградская лесотехническая академия)

В производстве древесностружечных плит для сушки измельченной древесины широко применяются барабанные сушилки. Агент сушки в них — топочные газы, получаемые от сжигания природного газа, мазута или древесного топлива.

Поступление тепла с агентом сушки в барабанную сушилку  $Q_{сущ}$  в установившемся состоянии определяется уравнением теплового баланса сушильного процесса

$$Q_{сущ} = Q_{исп} + Q_{пр} + Q_{пот} \frac{\text{ккал}}{\text{час}}, \quad (1)$$

где  $Q_{исп}$  — расход тепла на испарение влаги из измельченной высушиваемой древесины, *ккал/час*;

$Q_{пр}$  — расход тепла на прогрев измельченной древесины от начальной температуры  $t_{др1}$  до температуры  $t_{др2}$ , *ккал/час*;

$Q_{пот}$  — расход тепла на потери, *ккал/час*.

Установившемуся тепловому состоянию отвечает определенная в данных условиях процесса температура агента сушки  $t_c$ . При изменении какого-либо из указанных расходов тепла или одновременно нескольких температура агента сушки меняется со скоростью, зависящей не только от знака и величины рассогласования между поступлением и расходом тепла (возмущающего воздействия), но также от величины коэффициента тепловой емкости барабанной сушилки.

В случае положительного ступенчатого возмущающего воздействия со стороны прихода тепла в барабанную сушилку уравнение переходного режима имеет вид

$$A \frac{d}{d\tau} (t_{c1} - t_{c0}) = \Delta Q_{сущ} - \Delta Q_{исп} - \Delta Q_{пр} - \Delta Q_{пот}, \quad (2)$$

где  $A$  — коэффициент тепловой емкости в целом барабанной сушилки или ее части в зависимости от места расположения воспринимающего элемента регулятора, *ккал/град*;

$\tau$  — время, *час*;

$t_{c0}$  и  $t_{c1}$  — температура агента сушки соответственно до и после возмущения,  $^{\circ}\text{C}$ .

Из-за непродолжительности переходного процесса расход тепла на потери в окружающую среду через теплоизоляционное покрытие

барабана не успевают заметно измениться и на этом отрезке времени  $\Delta Q_{\text{пот}} = 0$ .

Коэффициент тепловой емкости  $A$  представляет собой количество тепловой энергии, необходимое для изменения температуры агента сушки на  $1^\circ\text{C}$ . При положительном возмущении часть тепловой энергии аккумулируется в металле барабана и лопаток сушилки, а также в древесине. При отрицательном возмущении, то есть при ступенчатом уменьшении поступления тепла на сушку, аккумулированное в металле и древесине тепло расходуется на испарение влаги и нагревание агента сушки.

Для вычисления коэффициента тепловой емкости высушиваемого материала С. М. Смирнов [6] рекомендует уравнение

$$A = G_0 (c_0 + u) \frac{\text{ккал}}{\text{град}}, \quad (3)$$

где  $G_0$  — масса (вес) высушиваемого материала, находящегося в абс. сухом состоянии, кг;

$c_0$  — удельная теплоемкость абс. сухого материала, ккал/кг·град;  
 $u$  — относительная избыточная влажность.

Как показали расчеты, уравнение (3) применительно к древесине дает заметную погрешность. Поскольку С. М. Смирнов принимает  $c_0 = 0,38$  ккал/кг·град, то при влажности  $u = 0,6$  величина  $c_0 + u$  равна 0,98 ккал/кг·град. В действительности теплоемкость древесины зависит не только от влажности, но и от температуры. При  $u = 0,6$  и температуре древесины  $t_{\text{др.вл}} = 80^\circ\text{C}$  по Н. М. Кириллову [1] имеем  $c_{\text{др.вл}} = 0,709$  ккал/кг·град, то есть по уравнению (3) погрешность расчета достигает 33% и использовать это уравнение нельзя.

М. Ю. Лурье [3] полагает, что если теплоемкость абс. сухого вещества  $c_0$  известна, то при влажности  $W$  теплоемкость древесины

$$c_{\text{др.вл}} = \left( c_0 \frac{100 - W}{100} + \frac{W}{100} \right) \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{град}}. \quad (4)$$

Очевидно, это уравнение, не учитывающее температуру древесины, в данном случае также не может быть использовано.

Для вычисления теплоемкости древесины с учетом ее влажности и температуры Н. С. Селюгин [5] и И. В. Кречетов [2] рекомендуют уравнение

$$c_{\text{др.вл}} = \frac{0,266 + 0,00116 t_{\text{др.вл}} + u}{1 + u} \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{град}}. \quad (5)$$

На основании экспериментальных данных Н. М. Кириллов [1] показал, что уравнение (5), устанавливающее прямолинейную зависимость между теплоемкостью сухой древесины и теплоемкостью находящейся в ней воды, неточное. Н. М. Кириллов предложил следующее эмпирическое уравнение для определения удельной теплоемкости влажной древесины:

$$c_{\text{др.вл}} = 0,28 \left[ W \left( 1 + \frac{t_{\text{др.вл}}}{100} \right) \right]^{0,2} \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{град}}. \quad (6)$$

Расчеты по уравнению (6) показывают, что в пределах незначительного изменения температуры древесины (достигаемого в результате действия возмущения на сушилку), обычно не превышающего  $2^\circ\text{C}$ , изменение удельной теплоемкости ничтожно мало и в этих условиях величину  $c_{\text{др.вл}}$  можно принять за постоянную (согласно расчету по уравнению Н. М. Кириллова). Так, при влажности древесины

$u = 0,6$  и температурах  $80$  и  $82^\circ\text{C}$  теплоемкость  $c_{\text{др.вл}}$  равна одной и той же величине  $0,720$  ккал/кг·град. Следовательно, достаточно указать величину  $c_{\text{др.вл}}$  по начальным условиям.

Итак, для расчета коэффициента тепловой емкости древесины с учетом равенства (6) имеем

$$A_{\text{др}} = 0,28G_0(1+u) \left[ W \left( 1 + \frac{t_{\text{др.вл}}}{100} \right) \right]^{0,2} \frac{\text{ккал}}{\text{град}}. \quad (7)$$

В уравнение (7) подставляют фактическое количество абс. сухой древесины  $G_0$ , в которой аккумулируется тепло за время переходного процесса при движении потока измельченной древесины в барабанной сушилке.

Коэффициент тепловой емкости металла барабана и лопаток сушилки имеет вид

$$A_{\text{бар}} = G_{\text{бар}} \cdot c_m \frac{\text{ккал}}{\text{град}}, \quad (8)$$

где  $G_{\text{бар}}$  — масса (вес) металлических частей барабана и лопаток, подверженных нагреванию теплом агента сушки, кг;  
 $c_m$  — удельная теплоемкость металла барабана и лопаток, ккал/кг·град.

За время одного оборота металл лопаток и барабана примерно в течение половины времени отдает тепло древесине, а в течение второй половины времени воспринимает тепло от агента сушки. Условия теплообмена между агентом сушки, древесиной, лопатками и барабаном неодинаковые: при избытке тепла в агенте сушки металл нагревается. По Н. М. Михайлову [4] за один оборот барабана металл может нагреться не более чем на  $2,5\%$  разности температур между агентом сушки и поверхностью лопаток и барабана.

Для получения эффективного значения коэффициента  $A_{\text{бар}}$  в выражение (8) необходимо ввести поправочный коэффициент  $k_e$ , вследствие чего уравнение примет вид

$$A_{\text{бар}} = k_e G_{\text{бар}} c_m \frac{\text{ккал}}{\text{град}}. \quad (9)$$

Приращение расхода тепла на испарение влаги  $\Delta Q_{\text{исп}}$  и на прогрев древесины  $\Delta Q_{\text{про}}$  (в данном случае включая прогрев металлических частей барабана и лопаток)

$$\Delta Q_{\text{исп}} + \Delta Q_{\text{про}} = G_{\text{а.с}} \cdot c_{\text{а.с}} (t_{c_1} - t_{c_0}) \frac{\text{ккал}}{\text{час}}, \quad (10)$$

где  $G_{\text{а.с}}$  — часовой расход агента сушки, необходимый для поглощения паров испаряющейся из древесины влаги;  
 $c_{\text{а.с}}$  — теплоемкость агента сушки.

$$G_{\text{а.с}} = V_{\text{час}} \frac{1000}{d_2 - d_1} \frac{\text{кг сухого воздуха}}{\text{час}}, \quad (11)$$

где  $V_{\text{час}}$  — количество удаляемой влаги из древесины при сушке от начальной до конечной влажности, кг/час;  
 $d_1$  и  $d_2$  — влагосодержание агента сушки соответственно в состояниях перед входом в сушилку и после нее, г/кг сухого воздуха.

$$c_{\text{а.с}} = 0,47 \frac{0,001d_{\text{ср}}}{1 + 0,001d_{\text{ср}}} + 0,24 \left( 1 - \frac{0,001d_{\text{ср}}}{1 + 0,001d_{\text{ср}}} \right) \frac{\text{ккал}}{\text{кг·град}}, \quad (12)$$

где  $d_{cp}$  — среднее влагосодержание агента сушки, г/кг сухого воздуха ( $d_{cp} = \frac{d_1 + d_2}{2}$ );

0,47 и 0,24 — теплоемкость соответственно водяных паров и сухого воздуха, ккал/кг·град.

С учетом равенства (10) уравнение (2) примет вид

$$(A_{др} + A_{бар}) \frac{d}{d\tau} (t_{c_1} - t_{c_0}) + G_{a.c} c_{a.c} (t_{c_1} - t_{c_0}) = \Delta Q_{суш_0}. \quad (13)$$

Левую часть уравнения (13) умножим и разделим почленно на  $t_{c_0}$ , а правую — на  $Q_{суш_0}$ , тогда получим

$$\frac{t_{c_0}}{Q_{суш_0}} (A_{др} + A_{бар}) \frac{d}{d\tau} \left( \frac{t_{c_1} - t_{c_0}}{t_{c_0}} \right) + \frac{G_{a.c} c_{a.c} t_{c_0}}{Q_{суш_0}} \left( \frac{t_{c_1} - t_{c_0}}{t_{c_0}} \right) = \frac{\Delta Q_{суш_0}}{Q_{суш_0}}. \quad (14)$$

Чтобы привести дифференциальное уравнение (14) к канонической форме уравнения одноемкостного объекта с самовыравниванием и запаздыванием, обозначим:

постоянную времени емкости

$$T' = \frac{t_{c_0}}{Q_{суш_0}} (A_{др} + A_{бар}) \text{ час}; \quad (15)$$

коэффициент самовыравнивания

$$\rho = \frac{G_{a.c} c_{a.c} t_{c_0}}{Q_{суш_0}}; \quad (16)$$

относительное отклонение температуры агента сушки

$$\varphi = \frac{t_{c_1} - t_{c_0}}{t_{c_0}}; \quad (17)$$

относительную величину возмущающего воздействия

$$\mu = \frac{\Delta Q_{суш_0}}{Q_{суш_0}}. \quad (18)$$

Согласно уравнению (15) постоянная времени емкости барабанной сушилки по температуре агента сушки определяется величинами коэффициентов тепловой емкости высушиваемой измельченной древесины и металла барабана и лопаток, температуры агента сушки в состоянии перед нанесением возмущения и расхода тепла на сушку. Постоянная времени емкости тем выше, чем больше загружено в сушилку измельченной древесины (характеризуется массой абс. сухой древесины  $G_0$ , влажностью  $W$  и теплоемкостью  $C_{др.вл}$ ), и тем меньше, чем больше подводится тепла на сушку.

Коэффициент самовыравнивания барабанной сушилки тем выше, чем больше тепловая емкость агента сушки в условиях стационарного режима (до нанесения возмущения) по отношению к величине расхода тепла на сушку.

Подставив уравнения (15) — (18) в равенство (14) и учтя величину запаздывания  $\tau_0$ , получим

$$T' \frac{d\varphi}{d\tau} + \rho\varphi = \mu_{\tau-\tau_0}. \quad (19)$$

Разделив уравнение (19) на величину  $\rho$ , получим

$$T \frac{d\varphi}{d\tau} + \varphi = k_{об} \cdot \mu_{\tau-\tau_0}, \quad (20)$$

где  $T$  — постоянная времени;  
 $k_{об}$  — коэффициент передачи объекта.

$$T = \frac{T'}{\rho} = \frac{A_{др} + A_{бар}}{G_{a.c} \cdot c_{a.c}} \text{ час}; \quad (21)$$

$$k_{об} = \frac{1}{\rho} = \frac{Q_{суш}}{G_{a.c} \cdot c_{a.c} \cdot t_{c_0}}. \quad (22)$$

Решение дифференциального уравнения (20) имеет вид

$$\varphi = k_{об} \left( 1 - e^{-\frac{\tau - \tau_0}{T}} \right), \quad (23)$$

то есть под влиянием ступенчатого возмущающего воздействия со стороны прихода тепла температура агента сушки в барабанной сушилке изменяется по экспоненте.

Кривую разгона можно построить по опорным точкам, вычисленным по уравнению

$$t_{ck} = t_{c_0} (1 + \varphi) \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (24)$$

Предлагаемую приближенную аппроксимацию барабанной сушилки по сушильному агенту можно применить в случае, когда автоматическое регулирование ведется по обобщенной координате текущей температуры газов в сушилке в процессе сушки измельченной древесины.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. М. Кириллов. Расчет процессов тепловой обработки древесины при интенсивном теплообмене. Гослесбумиздат, 1959. [2]. И. В. Кречетов. Сушка древесины. Гослесбумиздат, 1949. [3]. М. Ю. Лурье. Сушильное дело. Госэнергоиздат, 1948. [4]. Н. М. Михайлов. Вопросы сушки топлива на электростанциях. Госэнергоиздат, 1957. [5]. Н. С. Селюгин. Сушка древесины. Гослесбумиздат, 1949. [6]. С. М. Смирнов. Автоматизация сушильных установок легкой промышленности. Ростехиздат, 1962.

Поступила 29 сентября 1969 г.

УДК 65.011.56

## О РАСЧЕТЕ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ ЦИЛИНДРОВ ОДНОСТОРОННЕГО ДЕЙСТВИЯ

Ю. А. ВАРФОЛОМЕЕВ

(Архангельский лесотехнический институт)

Математическое выражение процессов, протекающих в пневматических цилиндрах, приводит к системам дифференциальных уравнений, интегральное решение которых в общем случае невозможно, а применение приближенных численных методов расчета требует очень громоздких вычислений [1], [4], [5], [6].

В настоящей статье даны результаты расчетов динамических характеристик пневматических цилиндров одностороннего действия применительно к приводу механизма подачи торцовочного станка типа ЦКБ-3. Расчеты проведены на электронной вычислительной машине «Минск-22», использование которой в большой степени снижает трудоемкость работы и повышает точность решения, так как шаг интегрирования на машине может быть выбран значительно меньше.

Для составления алгоритма и программы вычислений мы использовали следующие уравнения [1], [5], [6]:

$$m_{\text{пр}} \frac{d^2x}{dt^2} = F(p - p_a) - P_{\text{пр}} - P_{\text{тр}}; \quad (1)$$

$$\frac{dp}{dt} = \frac{nRT_M}{F(x + x_0)} G - \frac{pn}{(x + x_0)} \cdot \frac{dx}{dt}. \quad (2)$$

Поскольку реальные условия теплообмена между сжатым воздухом в цилиндре и окружающей средой неизвестны, для оценки их проведены расчеты при крайних условиях теплообмена.

1. Если считать, что процесс протекает по закону теплового баланса, то есть сжатый воздух в цилиндре не обменивается теплотой с окружающей средой, то в уравнении (2) коэффициент  $n = k = 1,4$  и расход воздуха

$$G = \mu_f p_M V \sqrt{\frac{2k}{RT_M(k-1)}} \varphi(y).$$

2. Если считать, что процесс протекает по изотермическому закону, то есть при абсолютном теплообмене с окружающей средой, то в уравнении (2) коэффициент  $n = 1,0$  и расход воздуха

$$G_t = \mu_t f p_M V \sqrt{\frac{2}{RT_M}} \varphi_t(y).$$

В работе приняты следующие обозначения:

$m_{\text{пр}}$  — масса всех движущихся частей, приведенная к штоку;

$x$  — текущее перемещение поршня;

$t$  — текущее время движения поршня;

$F$  — площадь сечения цилиндра;

$p$  — текущее давление воздуха в цилиндре;

$p_a = 0,98 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2$  — атмосферное давление воздуха;

$P_{\text{пр}}$  — сумма всех сил сопротивления, приведенных к штоку;

$P_{\text{тр}}$  — сила трения между поршнем и стенками цилиндра;

$R = 287 \text{ нм/кг} \cdot \text{град}$  — газовая постоянная воздуха;

$T_M$  — температура воздуха в магистрали (принято  $T_M = 290^\circ\text{K}$ );

$x_0$  — начальная координата перемещения поршня;

$\mu$  и  $\mu_t$  — коэффициенты расхода соответственно при условиях теплового баланса и изотермических;

$f$  — площадь сечения дросселя на входе в цилиндр;

$p_M$  — давление воздуха в магистрали;

$$\varphi(y) = \sqrt{y^{\frac{2}{k}} - y^{\frac{k-1}{k}}} \quad \text{при } 1,0 > y > 0,528;$$

$$\varphi(y) = 0,259 \quad \text{при } 0,528 \geq y > 0;$$

$$\varphi_t(y) = y \sqrt{\ln \frac{1}{y}} \quad \text{при } 1,0 > y > 0,607;$$

$$\varphi_t(y) = 0,429 \quad \text{при } 0,607 \geq y > 0.$$

Исходные данные для расчетов приняты в соответствии с показателями (табл. 1), при которых проведены экспериментальные исследования механизма подачи торцовочного станка ЦКБ-3 [3].

$D, \text{ м.м}$	$F \cdot 10^{-2}, \text{ м}^2$	$L, \text{ м}$	$x_0 \cdot 10^{-2}, \text{ м}$	$x_k \cdot 10^{-2}, \text{ м}$	$P_{\text{пр}}, \text{ н}$	$P_{\text{тр}}, \text{ н}$	$m_{\text{пр}}, \text{ кг}$
82,5	0,535	0,32	2,9	11,7	1073—339x	$7,5(p-p_a)10^{-4}$	165—109x
56,5	0,251	0,68	4,6	25,0	503	$5,14(p-p_a)10^{-4}$	36,2

Примечание.  $L$  — расстояние точки подключения цилиндра к рамке станка от оси качания рамки;  $x_k$  — конечное перемещение поршня.

Выражения для  $P_{\text{пр}}$ ,  $P_{\text{тр}}$ ,  $m_{\text{пр}}$  найдены при помощи тарировочных опытов и расчетов [4]. Значения коэффициентов расхода  $\mu$  и  $\mu_t$  принимали по нашим экспериментальным данным (рис. 1) в зависимости от величин  $f$  и  $y$  [4] и вкладывали в память машины в табличном виде.

Процессы рассчитаны в системе единиц СИ при следующих значениях площади сечения дросселя на входе в цилиндр:  $f = 0,785 \cdot 10^{-4}$ ;

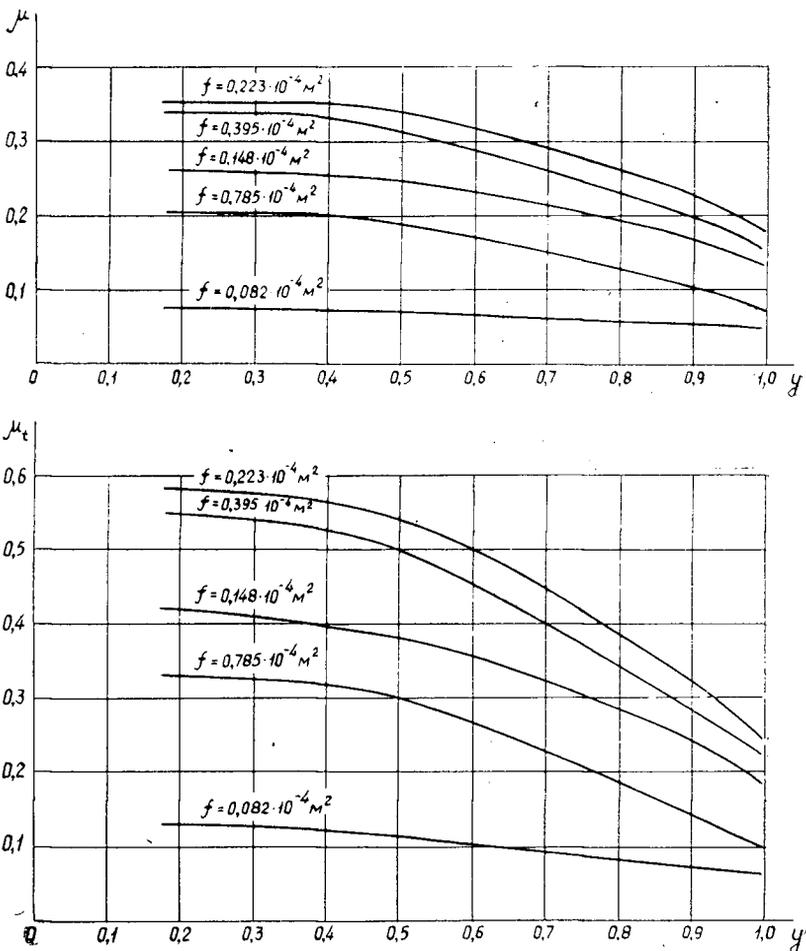


Рис. 1. Кривые зависимости коэффициентов расхода  $\mu$  и  $\mu_t$  от  $y = \frac{P}{P_M}$  при различных сечениях дросселя.

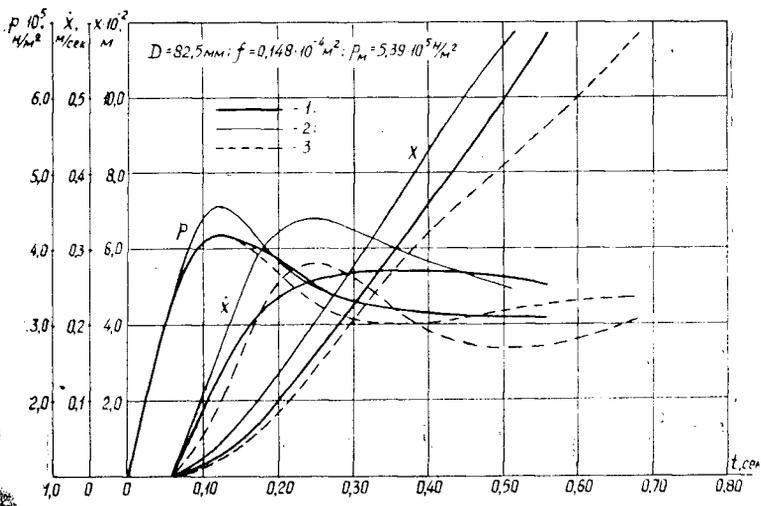
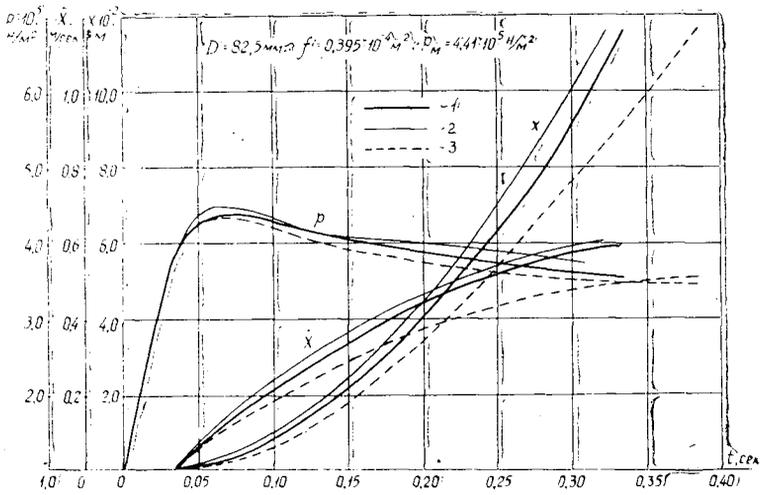


Рис. 2 и 3. Кривые процессов в пневматическом цилиндре одностороннего действия.

1 — экспериментальные; 2 — расчетные по уравнениям изотерми;  
3 — расчетные по уравнениям теплового баланса.

$0,395 \cdot 10^{-4}$ ;  $0,223 \cdot 10^{-4}$ ;  $0,148 \cdot 10^{-4}$  и  $0,082 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$  и следующих значениях давления воздуха в магистрали:  $p_m = 3,43 \cdot 10^5$ ;  $3,92 \cdot 10^5$ ;  $4,41 \cdot 10^5$ ;  $4,9 \cdot 10^5$ ;  $5,39 \cdot 10^5$  и  $5,88 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2$  (соответственно 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5 и 5,0  $\text{кг/см}^2$  по манометру). Противодействие воздуха, возникающее в штоковой полости цилиндра, и силы отжима при резании не учитывали. Результаты расчетов и экспериментов представлены на рис. 2 и 3, где  $x = x(t)$  — график перемещения поршня;  $\dot{x} = \dot{x}(t)$  — график скорости движения поршня;  $p = p(t)$  — график давления воздуха в рабочей полости цилиндра.

Количественные расхождения показателей продолжительности цикла и скорости движения штока между расчетными и экспериментальными данными в среднем составили:

при расчетах по уравнениям теплового баланса

по продолжительности цикла  $+19 \pm 2,2\%$ ;  
по текущей скорости движения  $-19 \pm 2,5\%$ ;

при расчетах по изотермическим уравнениям

по продолжительности цикла  $-6 \pm 1,3\%$ ;  
по текущей скорости движения  $+8 \pm 0,8\%$ .

Текущее давление воздуха в рабочей полости цилиндра по данным опытов почти в любой момент движения больше, чем по данным расчетов при условиях теплового баланса (рис. 2, 3). Это явление можно объяснить тем, что значения расхода воздуха в расчетах занижены, или тем, что давление воздуха при экспериментах увеличивалось против расчетного в результате теплообмена с окружающей средой. Но значения расхода воздуха (коэффициентов  $\mu$  и  $\mu_f$ ) в расчетах принимали по предварительным экспериментальным данным [4], и первая причина не могла иметь места.

Следовательно, при движении поршня давление воздуха в рабочей полости цилиндра увеличивалось по сравнению с расчетным в результате дополнительного теплообмена, то есть сжатый воздух получал дополнительную тепловую энергию от поршня и стенок цилиндра. Температура воздуха в питающей магистрали при опытах была близка к температуре окружающей среды ( $T = 290^\circ\text{K}$ ), что часто наблюдается в практике. При расширении воздуха в рабочей полости цилиндра температура его становилась ниже температуры окружающей среды; этот перепад и обеспечивал получение тепловой энергии от внешней среды. Воздух в цилиндре находился в движении, поэтому теплообмен проходил с большой интенсивностью. Однако полного выравнивания температур не происходило, так как давление воздуха по экспериментальным данным почти в любой момент движения ниже, чем расчетное давление при изотермических условиях. Давление воздуха в цилиндре — определяющий фактор движения, поэтому экспериментальные значения скорости штока выше, чем расчетные при условиях теплового баланса, и ниже, чем при изотермических условиях. (рис. 2, 3).

Можно предположить, что подобные условия теплообмена имеют место, когда температура воздуха в магистрали близка к внешней; если же температура сжатого воздуха значительно выше, чем окружающей среды, то условия теплообмена в цилиндре изменятся.

Из наших исследований вытекает, что данные, наиболее близкие к экспериментальным, дают расчеты при изотермических условиях

Таблица 2

$D, \text{мм}$	$L, \text{м}$	$f \cdot 10^{-4}, \text{м}^2$	$p_M \cdot 10^3, \text{кг/м}^2$
75,0	0,32	0,148	5,39
82,5	0,32	0,148	5,39
100,0	0,32	0,223	3,43
50,0	0,68	0,148	5,88
56,5	0,68	0,148	5,39
65,0	0,68	0,223	3,43

Примечание. Значения  $f$  приведены при коэффициентах расхода  $\mu_f$  согласно рис. 1; если реальные коэффициенты  $\mu_f$  отличаются от данных, то следует воспользоваться понятием эффективной площади сечения дросселя  $f_{\text{э}} = \mu_f f$ .

теплообмена, поэтому в дальнейшем пневматические цилиндры применительно к торцовочному станку ЦКБ-3 рассчитаны по уравнениям изотермического процесса.

Результаты расчетов и анализа полученных данных показали, что пневматические цилиндры одностороннего действия, конструкции которых разработаны согласно МН 2936-62, могут обеспечивать наиболее рациональные по скорости и производительности циклы движения механизма подачи торцовочного станка ЦКБ-3 [2] при начальных параметрах, приведенных в табл. 2.

В случае необходимости дальнейшего регулирования процесса движения поршня пневматического цилиндра осуществимо методами, приведенными в ряде работ [3], [5]. Подобные расчеты и исследования можно провести для различных пневматических механизмов деревообрабатывающих станков с целью выявления оптимальных параметров, обеспечивающих циклы движения, близкие к заданным.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Б. Н. Бежанов. Пневматические механизмы. Машгиз, 1957. [2]. Ю. А. Варфоломеев. Анализ пневмопривода торцовочного станка ЦКБ-3. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 6, 1967. [3]. Ю. А. Варфоломеев. К исследованию пневматического цилиндра одностороннего действия. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 1969. [4]. Ю. А. Варфоломеев. К расчету пневматического цилиндра одностороннего действия. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1969. [5]. Е. В. Герц, Г. В. Крейнин. Динамика пневматических приводов машин-автоматов. «Машиностроение», 1964. [6]. Е. В. Герц, Г. В. Крейнин, М. А. Полякова. Исследование динамики пневматических исполнительных устройств при различных режимах движения. Сб. «Теория машин и механизмов». Вып. 100, изд. АН СССР, 1964.

Поступила 5 марта 1969 г.

## ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 634.0.78

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ  
И ФОНДОУДАЧА ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ

С. А. КРАСАВИН

(Центральная лаборатория экономики и организации производства  
«Архангельсклеспрома»)

Удельный вес стоимости лесовозных дорог в некоторых леспромах достигает 60% стоимости основных промышленно-производственных фондов, что отражается на эффективности работы предприятия. Отчетные данные леспромов Архангельской области, имеющих максимальную и минимальную фондоотдачу основных промышленно-производственных фондов, показывают, что фондоотдача находится в тесной зависимости от эффективности работы лесовозных дорог. Низкая фондоотдача, как правило, связана с низкой эффективностью лесовозных дорог.

Анализ работы 183 лесовозных дорог объединения «Архангельсклеспром» за 1967 г. показал, что грузонапряженность или производительность пути ( $m^3$  на 1 км пути) зависит от грузооборота (годового объема вывозки), типа лесовозной дороги, разветвленности дорожной сети, сезонности эксплуатации, вида транспортных средств, применяемых для вывозки древесины, скорости движения и продолжительности эксплуатации. Изменение грузонапряженности в зависимости от годового объема вывозки приведено в табл. 1.

Таблица 1

Объем вывозки древесины в год, тыс. $m^3$	Средняя протяженность путей, км		Средняя грузонапряжен- ность, тыс. $m^3/км$	
	ужд	автомобиль- ных дорог	ужд	автомобиль- ных дорог
До 50 . . . . .	17,1	15,7	1,94	2,45
51—100 . . . . .	29,1	25,4	2,59	2,96
101—150 . . . . .	37,4	30,5	3,48	3,77
151—200 . . . . .	44,7	37,0	3,95	4,54
Более 200 . . . . .	69,5	—	3,68	—
Среднее . . . . .	36,8	25,3	3,33	3,19

При объеме вывозки свыше 150 тыс.  $m^3$ , несмотря на рост протяженности путей, их производительность увеличивается вдвое.

Грузооборот дороги устанавливают в зависимости от ликвидного запаса лесного массива и срока его эксплуатации. Он определен проектом. Действующие лесовозные дороги в Архангельской области в основном начали вывозку древесины до 1957 г. (около 70% всех дорог), и их проектные мощности соответствуют уровню техники того времени. Только у 36% ужд проектный грузооборот составляет свыше 200 тыс.  $m^3$ , и только у 10% автомобильных дорог годовой объем вывозки предусмотрен свыше 150 тыс.  $m^3$ .

Наблюдается различный уровень грузонапряженности дорог различных типов. Если для лежневых автомобильных дорог ее принять за 100%, то грузонапряженность гравийных дорог составит 122, грунтовых — 79 и ужд — 97%. Преимущество автомобильных дорог несомненно. Улучшая покрытие проезжей части, можно постепенно наращивать мощность дороги, осуществлять вывозку древесины при больших значениях уклонов и с меньшими затратами. Но вместе с тем с увеличением расстояния себестоимость вывозки по автомобильным дорогам возрастает быстрее, чем при вывозке по ужд. Оптимальное значение расстояния вывозки, а вместе с тем и уровня грузонапряженности, для автомобильных дорог ниже, чем для ужд.

На грузонапряженность влияет разветвленность дорожной сети или отношение протяженности пути к среднему расстоянию вывозки. Этот показатель характеризует использование лесотранспортной сети, загруженность дороги и приближение последней к лесосеке. Чем более соответствует среднему расстоянию вывозки протяженность путей, тем эффективнее используются основные фонды лесовозных дорог. В связи со специфическими условиями работы лесовозных дорог, коэффициент разветвленности дорожной сети довольно высок. Это вызвано тем, что наши дороги представляют собой собирательную сеть, а также тем, что леспромхозам необходимо иметь подъездные пути в зимние и летние лесосеки. Сезонные колебания среднего расстояния вывозки довольно велики. Так, по комбинатам Архангельской области отношение максимальных и минимальных значений среднего расстояния вывозки составляет в «Архангельсклесе» — 1,42, в «Онеголесе» — 1,09, в «Котласлесе» — 1,18 и «Вельсклесе» — 1,21. По различным видам дорог отношение средней протяженности путей к среднему расстоянию вывозки составило: ужд — 1,34, автомобильные дороги — 1,18, из них лежневые — 1,14, грунтовые — 1,31, гравийные — 1,22, железобетонные — 1,26.

Пункт примыкания сам по себе не влияет на грузонапряженность лесовозных дорог. Но разница в грузообороте, протяженности путей и другие условия вызывают изменения в эффективности дорог. Так, при вывозке на приречные склады по ужд грузонапряженность составляет 3,11 тыс. м<sup>3</sup> на 1 км, а при вывозке к линии железной дороги МПС — 4,62 тыс. м<sup>3</sup>, или на 48,6% больше. Это объясняется условиями работы лесовозных дорог. Узкоколейные железные дороги с примыканием к прирельсовым складам имеют меньшую протяженность путей (26,6 вместо 42,6 км), что компенсирует некоторое снижение среднего грузооборота дороги (123,1 вместо 132,3 тыс. м<sup>3</sup>). Грузонапряженность автомобильных дорог выше на 4,2% при вывозке на приречные склады (в среднем 3,71 и 3,56 тыс. м<sup>3</sup>) вследствие уменьшения протяженности путей (21,1 и 29,5 км).

Применение высокопроизводительных машин при полном использовании их мощности и грузоподъемности увеличивает грузонапряженность дорог. Но это может быть только в том случае, если состояние лесовозных путей позволяет наилучшим образом использовать технические возможности машин. Независимо от объема грузооборота, во всех случаях применение тепловозов на ужд повышает производительность.

Данные, полученные по 54 узкоколейным железным дорогам, показали, что при использовании паровозов грузонапряженность составила 3,45 тыс. м<sup>3</sup> на 1 км; тепловозов — 4,35; мотовозов — 3,47; смешанного транспорта — 3,26 тыс. м<sup>3</sup> на 1 км.

В леспромхозах Архангельской области на автомобильных дорогах с большим разнообразием типов покрытия, их качества и

состояния лесовозных путей, применение мощных машин не дало существенного экономического эффекта.

Так, по дорогам, имеющим примерно одинаковый грузооборот, протяженность пути, среднее расстояние вывозки и скорость движения, но применяющих различные марки машин, грузонапряженность составила:

I. Реважская с вывозкой на автомобилях	ЗИЛ — 4,48 тыс. м <sup>3</sup>
Фоминская » »	МАЗ — 3,65 »
II. Торосозерская » »	ЗИЛ — 4,23 »
Самковская » »	МАЗ — 4,03 »
III. Евдская » »	ЗИЛ — 2,63 »
Ипишская » »	МАЗ — 2,11 »

Очевидно, в условиях северных леспромхозов повышение эффективности автомобильных дорог достигается не увеличением мощности транспортных средств, а улучшением состояния путей.

Сменная производительность транспортных машин при прочих равных условиях зависит от времени пробега 1 км пути или от скорости движения машин. Улучшение состояния дорог позволяет увеличить скорость движения машин, а следовательно, и грузонапряженность дороги. Анализ грузооборота по 79 автомобильным дорогам показал, что в приблизительно одинаковых условиях (грузооборот 76—96 тыс. м<sup>3</sup>, протяженность 20—22 км) средняя грузонапряженность дорог в зависимости от скорости движения в грузовом направлении изменяется следующим образом:

при скорости 15—20 км/час	грузонапряженность	3,46 тыс. м <sup>3</sup> или 100,0%
» » 21—30 »	»	4,00 » » 115,6%
» » 31—40 »	»	4,97 » » 143,6%

По мере эксплуатации протяженность лесовозных дорог непрерывно увеличивается, а в связи с этим изменяется и ее эффективность. В табл. 2 приведены средние показатели по лесовозным дорогам объединения «Архангельсклеспром» в зависимости от времени их эксплуатации.

Таблица 2

Время эксплуатации дорог, лет	Грузооборот, тыс. м <sup>3</sup>	Протяженность путей, км	Грузонапряженность, тыс. м <sup>3</sup> /км.
До 10 . . . . .	123,5	27,9	4,43
	<u>78,0</u>	<u>20,4</u>	<u>3,83</u>
11—15 . . . . .	73,7	35,4	2,08
	<u>72,2</u>	<u>19,8</u>	<u>3,64</u>
16—20 . . . . .	120,5	32,2	3,74
	<u>103,4</u>	<u>30,4</u>	<u>3,40</u>
Свыше 20 . . . . .	<u>220,6</u>	<u>61,7</u>	<u>3,57</u>

Примечание. В числителе данные для ужд; в знаменателе — для автомобильных дорог.

При продолжительности эксплуатации свыше 10 лет грузонапряженность снижается по ужд на 20% и по автомобильным дорогам на 11%. Из действующих же лесовозных дорог «Архангельсклеспрома» эксплуатируются (%):

	ужд	автомобильные дороги
До 10 лет	22	50
11—15	32	30
16—20	34	17
Свыше 20 лет	12	3

Несколько медленнее уменьшается фондоотдача. Снижение грузо-напряженности и фондоотдачи на лесовозных дорогах, эксплуатируемых в течение длительного времени, приведено в табл. 3.

Таблица 3

Наименование дороги	Период эксплуатации, лет	Период наблюдения, лет	Изменение показателей, %		
			грузооборот	грузонапряженность	фондоотдача
Нюбская ужд . . . . .	36	16	+32,7	-33,1	-25,2
Черемушская ужд . . . . .	20	9	+26,9	-5,4	-2,2
Ипишская автодорога . . . . .	14	5	+37,6	-37,0	-29,2
Евдская автодорога . . . . .	19	5	+30,0	-30,3	-28,5

Более медленный темп снижения фондоотдачи объясняется изменением стоимости 1 км пути. Для поддержания мощности действующей лесовозной дороги на ней строят больше веток, чем магистральных путей. Если в общей протяженности лесовозных путей ветки ужд составляют 28% и автомобильных дорог 25%, то при строительстве путей на действующих дорогах удельный вес веток ужд достигает 63% и автомобильных дорог 40%. Стоимость 1 км веток на 20% ниже стоимости 1 км магистралей.

Анализ работы лесовозных дорог позволяет сделать следующие выводы.

1. Фондоотдача основных фондов леспромхозов в значительной степени зависит от экономических показателей работы лесовозных дорог.

2. Действующие в настоящее время лесовозные дороги рассчитаны на сравнительно короткий срок эксплуатации и небольшой объем вывозки, а следовательно, низкую грузонапряженность и фондоотдачу вложенных в их строительство средств.

3. По большинству дорог истекает проектный срок эксплуатации и вследствие этого снижаются их производительность и фондоотдача.

4. Материальная часть и стоимость дорог слагаются годами под влиянием различных экономических условий. Для перестройки лесовозных дорог требуются большие материальные затраты. Между тем это необходимо сделать для того, чтобы благодаря более прочному покрытию обеспечить нормальную эксплуатацию современных транспортных машин и увеличить грузооборот.

5. Для леспромхозов лесовозные дороги — основа их работы. Учет и отчетность должны быть построены таким образом, чтобы можно было успешно выполнять анализ показателей состояния и эффективности эксплуатации лесных магистралей, так же как дорог общего пользования. Этот анализ поможет вскрыть имеющиеся резервы увеличения грузооборота, лучшего использования транспортных путей, увеличения скорости движения, соответствия типов покрытия дорог и транспортных средств условиям эксплуатации.

Поступила 11 сентября 1969 г.

УДК 634.0.78

## РЕЗЕРВЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЛЕСОВОЗНЫХ МАШИН

И. Е. КУРИС

(Воронежский лесотехнический институт)

*Анализ отказов машин.* Отказы отдельных элементов машины вызывают простои и снижают ее производительность [2]. В наших исследованиях приняты следующие оценочные параметры: плотность отказов

$$q_0 = \frac{n_{отк}}{L} \cdot 1000 \frac{\text{отказов}}{\text{на } 1000 \text{ км пробега}};$$

$$q'_0 = \frac{n_{отк}}{T} \cdot 100 \frac{\text{отказов}}{\text{на } 100 \text{ час работы}};$$

средний простой (смен, час) в ремонте, необходимый для устранения одного отказа,

$$t_{по} = \frac{t_{гр}}{n_{отк}} \frac{\text{час (смен)}}{\text{отказ}},$$

где  $n_{отк}$  — количество отказов за  $L$  км пробега автомобиля или  $T$  час работы трактора;

$t_{гр}$  — простои машины в ремонте (смен, час) за время устранения  $n$  отказов.

Значения  $t_{по}$  зависят от сложности отказа и организации работы по ремонту отказавшей машины (агрегата).

По сложности ремонта отказы классифицированы на две группы. К группе А отнесены отказы, происшедшие по причинам предельных износов, аварийных поломок (разрушений) деталей и их сочленений. Работоспособность машины восстанавливается путем замены разру-

Таблица 1

Агрегаты (узлы)	Значение $q_0$		Отказы группы А $q_A$	Отказы группы Б $q_B$
	$q_{оср}$	от $q_{0max}$ до $q_{0min}$		
Автопоезд . . . . .	5,161	—	1,408	3,753
в том числе:				
автомобиль без учета шин и роспуска . . . . .	2,464	—	0,805	1,659
двигатель . . . . .	0,653	0,863—0,412	0,174	0,479
КПП . . . . .	0,232	0,353—0,163	0,178	0,054
передний мост . . . . .	0,074	0,1—0,023	0,018	0,056
задний мост с редуктором . . . . .	0,142	0,235—0,105	0,036	0,108
рессоры . . . . .	0,190	0,255—0,072	0,145	0,045
система торможения (без компрессора) . . . . .	0,204	0,220—0,131	0,043	0,161
электрооборудование . . . . .	0,198	0,252—0,171	0,027	0,171
карданная передача . . . . .	0,055	0,072—0,028	0,031	0,024
прицеп 2-Р-15 со стропами . . . . .	0,953	1,22—0,62	0,253	0,690

ценных элементов новыми или отремонтированными, включая замену агрегатов (узлов) взятыми из оборотного фонда. В группу Б включены отказы, вызванные нарушениями конструктивных связей и начального состояния отдельных элементов машины. Работоспособность машины восстанавливается выполнением слесарно-регулирующих и других операций с возможной заменой простейших деталей (креплений, компенсаторов и др.). В эту группу не входят простои в плановом техобслуживании. В табл. 1 приведены показатели отказов автопоездов МАЗ-501/501Б, эксплуатируемых с роспусками 2-Р-15 на вывозке леса в хлыстах по горным дорогам леспромхозов Краснодарского управления (данные наблюдений за работой 52 автомобилей в течение 4—12 месяцев).

В наших исследованиях коэффициент совмещенности отказов, характеризующийся количеством отказов, устраняемых за один постанов автомобиля в ремонт,  $q_e = 1,314$ , а без роспуска  $q'_e = 1,205$ . Пробег автопоезда за время безотказной работы составил

$$L_6 = \frac{1000}{q_e} q_e = \frac{1000}{5,161} \cdot 1,314 \approx 2,66 \text{ км,}$$

без шин и роспуска

$$L'_6 = \frac{1000}{2,464} \cdot 1,205 = 490 \text{ км.}$$

Исследования позволили установить, что наибольшее количество отказов агрегатов (узлов) вызвано низким качеством капитального ремонта (33—60% случаев), несвоевременным и низкокачественным техническим обслуживанием и текущим (заявочным) ремонтом (12—36%). Из табл. 2 видно, что невыполнение установленной периодичности технического обслуживания автомобилей МАЗ — одна из причин увеличения плотности отказов и частоты текущих ремонтов.

Таблица 2

Предприятия	Количество ТО и ремонтов на 1000 км пробега				текущий ремонт (фактически)
	ТО-1		ТО-2		
	по периодичности	фактически	по периодичности	фактически	
Группа ЛПХ (лесокомбинатов) Краснодарского управления . .	1,0—0,83	0,563	0,33—0,273	0,162	1,732
в том числе:					
Апшеронский ЛПХ	1,0—0,83	0,418	0,33—0,275	0,109	1,889
Афипский лесокомбинат . . . . .	1,0—0,83	0,642	0,33—0,275	0,179	1,627

*Простои машин.* Средняя длительность целосменных простоев в текущем ремонте  $t_{\text{трср}} \approx 1,3$  смены/отказ, а максимальная  $t_{\text{трмах}} \leq 7$  смен/отказ (отказы группы А — табл. 1). Внутрисменные простои по техническим неисправностям (отказы группы Б без отказов по организационным и другим причинам) автопоездов в Апшеронском ЛПХ и Афипском лесокомбинате имели место в 27% отработанных смен и занимали от 14 до 34% длительности смены. По леспромхозам Краснодарского края и комбината «Башлес» простои машин распределяются так: в капитальном ремонте — 18—31%; в текущем — 55—70%; в техническом обслуживании — 5—8%. На текущий ремонт затрачивается до  $\frac{2}{3}$  всех средств, из них около 66,7% на приобретение новых запас-

ных частей. По Яман-Елгинскому ЛПХ («Башлес»), в течение трех лет простои на один трелевочный трактор составляли 124,2 дня за год, из них из-за отсутствия запчастей и оборотных узлов (агрегатов) 70 дней. Простой одного трактора, прошедшего капитальный ремонт в Уфимских ЦРММ (включая время на транспортировку) достигли 154 дней. По Хадыженскому лесокомбинату (Краснодарское управление) эти простои составили от 42,9 до 72,1% суммарных простоев машин по технической неисправности и в ремонте; по Апшеронскому лесопрохозу — 12% (это снижение достигнуто в результате выполнения ремонта агрегатов и узлов в Апшеронском заводе «Лесхозмаш» и АРЗ).

Централизация восстановления авторезины позволила Хадыженскому лесокомбинату почти полностью устранить простои из-за отсутствия автошин, занимавшие ранее 27,1% суммарных простоев автомобилей. Вследствие частых и длительных простоев машин в ремонте коэффициент профилактики [4] по исследуемым предприятиям (Краснодарское управление и комбинат «Башлес») имел значения  $\alpha_{\text{пф}} = 0,8 \div 1,5$ , при расчетном  $\alpha_{\text{пр}} = 0,3 \div 0,5$ .

*Рациональный метод ремонта.* Важнейшая цель ремонтного обслуживания машин — повышение длительности безотказной работы и их эксплуатационной надежности. Статистическую вероятность безотказной работы машины рекомендуется определять по формуле

$$P(t) = 1 - \left( \frac{\sum_{i=1}^n n_i d_i}{q_e} + \frac{\sum_{i=1}^{n'} n'_i}{100} \alpha \right) \frac{1}{ND_3},$$

- где  $\sum n_i$  — количество отказов, приведших к целосменным простоям машин за время  $T$  эксплуатации машины;  
 $d_i$  — простой на устранение одного отказа, дн.;  
 $N$  — парк машин (единиц);  
 $D_3$  — число дней эксплуатации машин за время  $T$  (включая простои по причинам отказов);  
 $\sum n'_i$  — количество отказов, вызывающих внутрисменные простои за время  $T$ ;  
 $\alpha$  — средний процент простоя за смену по причине отказа.

Следовательно, для повышения значения  $P(t)$  необходимо добиваться снижения плотности отказов и простоя в ремонте. Большинство лесозаготовительных предприятий не располагает условиями для выполнения высококачественного ремонта сложных агрегатов (узлов), долговечность и безотказность которых была бы высокой. Выполнение фактического объема работ по текущему ремонту машин можно ускорить путем замены отказавших агрегатов или комплектов (отказы группы А) наличными из оборотного фонда, отремонтированными в специализированных ремонтных предприятиях, то есть внедрением агрегатного метода ремонта машин. Этот метод может иметь две формы [1]—[3]: 1) замена агрегата (комплекта) выполняется по потребности при возникновении отказа; 2) замена осуществляется через определённый срок эксплуатации, не допускающий возможности аварийных износов и поломок, увеличивающих содержание и себестоимость ремонта, при этом неизбежны случаи замены по потребности. Вторая форма агрегатного метода ремонта может быть названа планово-принудительной заменой агрегатов (ремонтных комплектов). Осуществление ремонта этим методом потребует установления сроков работы агрегатов (ремонтных комплектов). В табл. 3 и 4 показаны преимущества этого метода ремонта автомобилей МАЗ-501 (для ЛПХ Краснодарского управления).

Таблица 3

Ремонтные комплекты (агрегаты, прошедшие капитальный ремонт)	Сроки службы до замены, тыс. км	Трудозатраты, чел.-час		Простои, дн.	
		на ремонт и поставку на машину	на замену	при ремонте	только при замене
Двигатель . . . . .	23,5	78	6	6—8	0,5
Задний мост . . . . .	36,2	28	3,2	4	0,3
Передний мост . . . . .	39,5	32	3,6	5	0,3
Коробка перемен передач . . . . .	29,4	20	3	3	0,2
Кабина . . . . .	60,0	18	4,1	2	0,5

Таблица 4

Показатели	Автомобили		Тракторы		Бульдозер ЧТЗ
	МАЗ-501	МАЗ-200	ТДТ-40	ТДТ-60/75	
Простои на одну машину за год, дн., при отсутствии оборотного фонда по нормативам:					
в капитальном ремонте . . . . .	16	16	20	20	18
в текущем ремонте . . . . .	31	26	17,5	18	19
всего . . . . .	47	42	37,5	38	37
фактически					
в капитальном ремонте . . . . .	34	32	38	34	32
в текущем ремонте . . . . .	43	54	61	78	69
всего . . . . .	77	86	99	112	101
при наличии оборотного фонда					
всего . . . . .	12	13	14	16	15
% к нормативным . . . . .	26	30	38	42	40
% к фактическим . . . . .	16	15	14	14	15

На основании данных табл. 4 можно увеличить сроки эксплуатации трактора ТДТ-60/75 (по Яман-Елгинскому леспромхозу) на 54 дня в году при односменном ремонтном обслуживании и на 101 день при двухсменном.

Включение рам, задних мостов, комплектных двигателей, кабин и т. д. в состав ремонтных комплектов позволит уменьшить потребность в капитальном ремонте полнокомплектных машин. Вероятность проведения капитального ремонта целой машины может быть рассчитана по теореме умножения вероятностей замены (ремонта) базисных узлов основных агрегатов (рамы, двигателя, заднего моста и др.)

$$P_k = \prod_{i=1}^m \frac{L_r}{L_{ki}} = \frac{L_r}{L_{kr}} \cdot \frac{L_r}{L_{kd}} \cdot \frac{L_r}{L_{kzm}} \cdot \dots \cdot \frac{L_r}{L_{km}}$$

где  $P_k$  — вероятность капитального ремонта машин за год;

$m$  — количество агрегатов, учитываемых при расчете;

$L_r$  — годовое плановое задание на машину, км·час;

$L_{ki}$  — объем работы агрегата до замены, км·час, вызванной необходимостью капитального ремонта (р — рамы, д — двигателя и т. п.).

В табл. 5 приведены значения  $P_k$  для лесовозных автомобилей МАЗ-501, рассчитанные по среднестатистическим показателям  $L_r$ ,  $L_k$  для условий эксплуатации в предприятиях Краснодарского управления и комбината «Башлес».

Переход леспромхозов на агрегатный метод ремонта возможен при условии перевода ремонтных заводов и ЦРММ, в основном, на выполнение капитального ремонта агрегатов (узлов) за счет капиталь-

Таблица 5

Агрегаты	Значение $P_k$	Процент ремонта комплектных машин
Рама, двигатель, задний мост	$\frac{0,407}{0,146}$	$\frac{40,7}{14,6}$
То же и передний мост	$\frac{0,361}{0,114}$	$\frac{36,1}{11,4}$
То же и КПП — кабина	$\frac{0,21}{0,033}$	$\frac{21}{3,3}$

Примечание. В числителе данные для перевозки древесины в хлыстах на автомашинах с прицепом 2-Р-15; в знаменателе — в сортиментах и для других работ.

ного ремонта полнокомплектных машин. Предварительные расчеты показывают, что удельные значения капитального ремонта целых автомобилей составят 9,2—25,3% объема авторемонтных работ по заводу или ЦРММ.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. Ф. Алешин и др. Организация ремонта лесозаготовительного оборудования агрегатным методом. Гослесбуиздат, 1961. [2]. Г. П. Глузман, И. П. Падерно. Надежность установок и систем управления. Изд-во «Машиностроение», 1966. [3]. З. Е. Керман, Г. Д. Ананьев. Новый метод ремонта машин. Машгиз, 1961. [4]. Я. И. Несвитский. Надежность автомобиля. Изд-во «Транспорт», 1966.

Поступила 29 мая 1969 г.

УДК 634.0.36

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЦВМ ДЛЯ РАСЧЕТА ОПТИМАЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВА ОБОРОТНЫХ АГРЕГАТОВ

Ф. П. ПОПОВ

(Архангельский лесотехнический институт)

Для определения рационального количества агрегатов в неснижаемом оборотном фонде до сих пор использовали аналитический и табличный методы расчета. Анализ результатов внедрения агрегатного метода ремонта лесотранспортных машин в комбинате «Вельсклес», выполненный в 1963—1965 гг. работниками СевНИИПа, показал, что точность этих методов очень низка в связи с тем, что при использовании их приходится оперировать данными, осредненными по большой группе предприятий, недостаточно учитывающими особенности условий эксплуатации конкретных леспромхозов, а также совершенно игнорирующими вероятностный характер возникновения отказов агрегатов.

Как показали исследования ряда авторов [2], [3], моменты возникновения неисправностей агрегатов и узлов, а также продолжительность устранения этих неисправностей случайны. В связи с этим процесс функционирования обслуживающей системы также случаен. Для того чтобы дать рекомендации по рациональной организации системы ремонтного обслуживания, выявить ее пропускную способность, необ-

ходимо исследовать случайный процесс, протекающий в системе. Для исследования процесса функционирования стохастических обслуживающих систем, удобно в качестве математического аппарата использовать теорию массового обслуживания.

Ремонт лесотранспортных машин агрегатным методом целесообразно организовать по следующей технологической схеме. Неисправный агрегат снимают с машины и заменяют исправным из неснижаемого фонда оборотных агрегатов. Если все агрегаты оборотного фонда использованы, неисправный агрегат ремонтируют обычным способом. (Время ожидания замены равно нулю.) Такая технологическая схема обеспечивает бесперебойную замену неисправных агрегатов при минимальных размерах оборотного фонда. Отклонения от указанной схемы ведут к снижению эффективности агрегатного метода.

Математической моделью принятой технологической схемы организации агрегатного метода является система массового обслуживания с отказами. Математическое исследование модели дает следующую зависимость для вероятности отказа обслуживающей системы [1]:

$$P_n = \frac{\frac{\alpha^n}{n!}}{\sum_{k=0}^n \frac{\alpha^k}{k!}}, \quad (1)$$

где  $P_n$  — вероятность отказа системы ремонтного обслуживания (вероятность того, что все агрегаты оборотного фонда использованы);

$k$  — количество агрегатов  $i$ -го наименования в оборотном фонде ( $0 \leq k \leq n$ );

$\alpha$  — приведенная плотность потока отказов агрегатов  $i$ -го наименования.

Величина приведенной плотности потока отказов характеризует среднее число отказов какого-либо агрегата, приходящееся на среднее время его обслуживания, и для агрегатов автомобилей может быть выражена формулой

$$\alpha = N \frac{t_{об_i} t_{с.с}}{L_{ср_i}}. \quad (2)$$

Для трелевочных тракторов формула несколько упрощается.

$$\alpha = N \frac{t_{об_i}}{t_{ср_i}}, \quad (3)$$

где  $\alpha$  — величина приведенной плотности отказов агрегатов  $i$ -го наименования;

$N$  — количество работающих машин (автомобилей или тракторов);

$L_{ср_i}; t_{ср_i}$  — средние сроки службы агрегата  $i$ -го наименования, км пробега или маш.-час;

$t_{об_i}$  — среднее время оборота агрегата, маш.-час;

$L_{с.с}$  — среднесуточный пробег, км.

Эффективность системы массового обслуживания характеризуется относительной пропускной способностью, которая определяется вероятностью того, что заявка (неисправный агрегат), поступившая в систему, будет обслужена и может быть вычислена по следующей формуле

$$P_k = 1 - P_n. \quad (4)$$

Вероятность  $P_k$  является гарантийной, так как уровень ее определяет потребное количество агрегатов в неснижаемом обменном фонде в зависимости от конкретных условий эксплуатации. Непосредственное использование выражений (1) и (4) сопряжено с некоторыми трудностями вследствие большого объема вычислительных работ.

С целью упрощения практического использования предлагаемой методики определения оптимального количества оборотных агрегатов и узлов все необходимые расчеты выполнены на ЭЦВМ «Проминь».

Расчетная формула (4) может быть приведена к удобному для машинного счета виду

$$P_k = 1 - \frac{\frac{\alpha^n}{n!}}{\sum_{k=0}^n \frac{\alpha^k}{k!}} = 1 - \frac{u_n}{S_n}, \quad (5)$$

где  $u_n$  —  $n$ -ый член ряда;

$S_n$  — сумма первых  $n$  членов ряда.

Для решения данной задачи удобно использовать следующий алгоритм:

$$u_n = u_{n-1} \cdot \varphi,$$

где  $u_{n-1}$  —  $(n-1)$ -ый член ряда;

$\varphi$  — переменный коэффициент,

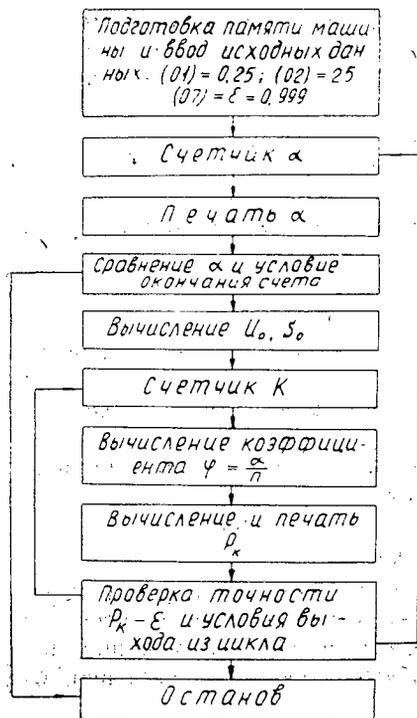


Рис. 1.

Номера команд по порядку	Код	Адрес	Примечание
00	06	00	0
01	07	03	0
02	06	03	0
03	01	01	0,25; Счетчик α
04	07	03	0,25
05	31	01	Печать α
06	03	02	α <sub>max</sub> - α <sub>с</sub>
07	10	29	Уп II
08	06	86	1
09	07	04	U <sub>с</sub>
10	07	05	S <sub>с</sub>
11	06	00	0
12	07	06	0
13	06	06	0
14	01	86	1
15	07	06	1
16	06	03	α
17	05	06	φ = α/n
18	04	04	U <sub>n-1</sub> · φ = U <sub>n</sub>
19	07	04	U <sub>n</sub>
20	01	05	S <sub>n-1</sub> · U <sub>n</sub> = S <sub>n</sub>
21	07	05	S <sub>n</sub>
22	06	04	U <sub>n</sub>
23	05	05	P <sub>n</sub> = U <sub>n</sub> /S <sub>n</sub>
24	03	86	1 - P <sub>n</sub> = P <sub>k</sub>
25	31	01	Печать P <sub>k</sub>
26	02	07	P <sub>k</sub> - ε
27	09	13	Уп I
28	08	02	6П
29	31	00	Останов

Рис. 2.

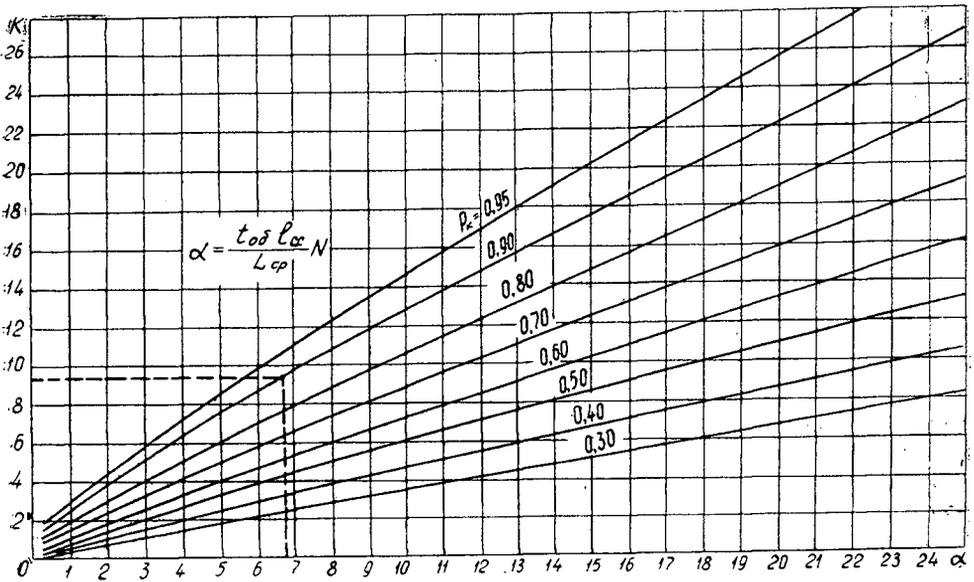


Рис. 3.

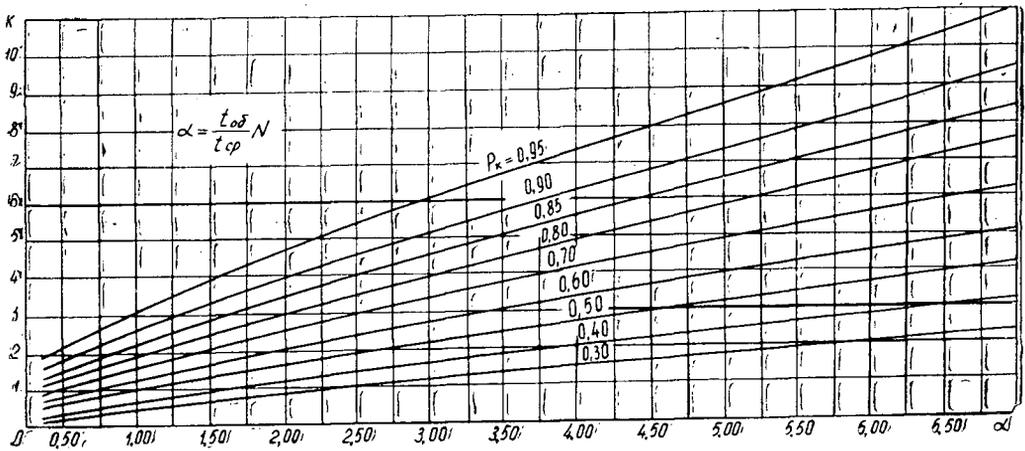


Рис. 4.

откуда

$$\varphi = \frac{u_n}{u_{n-1}} = \frac{\alpha^n (n-1)!}{n! \alpha^{n-1}} = \frac{\alpha}{n}$$

Сумму первых  $n$  членов ряда вычисляют в этом случае следующим образом

$$S_n = S_{n-1} + u_n$$

Для реализации данного алгоритма на ЭЦВМ «Проминь» составлена блок-схема программы (рис. 1). Программа вычислений в системе команд ЭЦВМ «Проминь» представлена на рис. 2. По результатам вычислений построена универсальная номограмма для графоаналитического определения количества оборотных агрегатов лесовозных

автомобилей (рис. 3) и трелевочных тракторов (рис. 4) в неснижаемом фонде.

Методику расчета количества оборотных агрегатов в неснижаемом обменном фонде по номограмме удобно пояснить следующими примерами.

Данные для расчета: списочное количество автомобилей в хозяйстве  $N = 40$  шт.; марка автомобиля ЗИЛ-157; средний срок службы в конкретных условиях эксплуатации  $t_{срi} = 35000$  км; среднесуточный пробег  $l_{с.с} = 150$  км; среднее время оборота агрегата  $t_{обi} = 40$  маш.-час, оптимальная величина гарантийной вероятности [3]  $P_k = 0,9$ .

Выполняем расчет.

1. Величина приведенной плотности потока отказов

$$\alpha = N \frac{t_{обi} l_{с.с}}{t_{срi}} = 40 \frac{40 \cdot 150}{35000} = 6,8.$$

2. Количество агрегатов в неснижаемом обменном фонде  $k$  при  $P_k = 0,9$  по номограмме равно 9,3 шт. (принимаем  $k \approx 9,0$  шт.).

При наличии необходимых статистических данных предлагаемая методика может быть использована для расчета количества оборотных агрегатов не только автомобилей и тракторов, но и других лесозаготовительных машин.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Е. С. Вентцель. Теория вероятностей. Физматгиз, 1962. [2]. Б. В. Павлов. Применение теории массового обслуживания для расчета обменного фонда запасных агрегатов. Журн. «Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства» № 5, 1962. [3]. В. Ф. Попов, Ф. П. Попов. К расчету обменных агрегатов при ремонте трелевочных тракторов агрегатным методом. Труды АЛТИ, т. XIX, Архангельск, 1967.

Поступила 12 марта 1969 г.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 634.0.2

О РОСТЕ И КАЧЕСТВЕ СЕМЕННОЙ И ПОРОСЛЕВОЙ  
ОЛЬХИ ЧЕРНОЙ В КРАПИВНОМ ТИПЕ ЛЕСА

В. И. РУБЦОВ

(Брянский технологический институт)

Мы изучали рост семенной и порослевой ольхи в одних и тех же древостоях. Исследования проводили в Брянском учебно-опытном лесхозе на девяти пробных площадях в ольшанике крапивном. Насаждения чистые по составу, с полнотой, близкой к единице, рубками ухода не затронуты. Деревья на пробах подразделяли на семенные и порослевые. У каждого из них измеряли диаметр на 1,3 м и высоту, возрастным буравом брали образцы древесины, по которым устанавливали ее состояние, отмечали наличие искривленности. Результаты исследований отражены в табл. 1 и 2.

Как видно из табл. 1, в изучаемых насаждениях преобладают семенные экземпляры. В молодом возрасте (примерно до 20 лет) ольха порослевого происхождения растет значительно быстрее. К 30 годам рост по диаметру семенных и порослевых экземпляров уравнивается. Средняя высота во всех возрастных периодах у ольхи порослевого происхождения выше (существенно — до 20 лет).

Таблица 1

Номер пробной площади	Возраст, лет	Количество деревьев на пробе			Показатели роста			
		всего, шт.	в том числе, %		по диаметру, см		по высоте, м	
			семенных	порослевых	M	± m	M	± m
1	10	300	84,3	15,7	4,6	0,15	7,0	0,15
					6,2	0,20	9,5	0,19
2	15	300	83,6	16,4	6,8	0,20	9,8	0,19
					8,0	0,24	11,3	0,23
3	19	300	85,0	15,0	8,8	0,26	12,5	0,23
					9,8	0,30	14,4	0,25
4	28	206	78,6	21,4	13,0	0,36	17,2	0,21
					13,2	0,44	18,4	0,26
5	31	300	66,9	33,1	13,8	0,46	18,2	0,31
					13,8	0,35	19,3	0,35
6	38	275	72,7	27,3	18,1	0,42	20,5	0,27
					17,7	0,49	20,7	0,25
7	40	205	83,0	17,0	18,7	0,39	22,0	0,22
					18,6	0,51	22,6	0,30
8	50	210	81,2	18,8	21,4	0,37	23,0	0,19
					21,5	0,62	24,0	0,41
9	60	217	87,7	12,3	23,8	0,35	24,5	0,17
					23,4	0,86	25,5	0,56

Примечание. В числителе данные для ольхи семенного происхождения; в знаменателе — для порослевого.

Таблица 2

Показатели состояния стволов	Количество деревьев, %, по пробам								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Здоровые . . . . .	97,3	93,1	85,0	53,0	51,6	24,1	21,2	5,7	—
	96,6	88,0	87,5	42,5	48,8	8,3	8,2	4,0	—
С ложным ядром . . . . .	2,7	6,9	9,0	40,2	37,0	68,5	70,0	70,3	73,0
	3,4	12,0	9,5	52,0	44,5	81,0	75,6	68,9	70,0
С гнилью . . . . .	—	—	6,0	6,8	11,4	7,4	8,8	24,0	27,0
	—	—	3,0	5,5	6,7	10,7	10,2	27,1	30,0
Прямоствольные . . . . .	—	90,7	87,4	89,2	82,7	83,3	84,3	87,7	90,9
	—	88,6	84,8	68,4	55,0	56,6	59,4	60,9	62,5
Искривленные . . . . .	—	9,3	12,6	10,8	17,3	16,7	15,7	12,3	9,1
	—	11,4	15,2	31,6	45,0	43,4	40,6	39,1	37,5

Примечание. В числителе данные для ольхи семенного происхождения; в знаменателе — для порослевого.

Как видно из табл. 2, с повышением возраста увеличивается процент деревьев с ложным ядром и с гнилью, а здоровых, наоборот, уменьшается. Во всех возрастных периодах ольха семенного и порослевого происхождения бывает поражена гнилью примерно в одинаковой степени. По форме ствола порослевые экземпляры более сбежисты, и значительная их часть искривлена.

УДК 634.0.81

## СТРОЕНИЕ ДРЕВЕСИНЫ ЗАВИТКОВ СОСНЫ

В. П. ЛЕВЧЕНКО

(Украинская сельскохозяйственная академия)

Один из наиболее распространенных пороков древесины — завитки. Вокруг каждого заросшего сучка образуется по три завитка; кроме того, они возникают в области смоляных кармашков и других повреждений ствола. Завитки обязательно сопровождаются искривлением годичных слоев и отклонением волокон древесины от прямолинейного направления, которое встречается в двух вариантах: 1) при обходе сучка на тангенциальной поверхности волокна отклоняются вправо и влево по отношению к продольной оси ствола, а миновав препятствие, принимают прежнее направление; 2) при зарастании сучка с торцовой поверхности волокна не теряют продольной ориентации, а отклоняются в радиальном направлении, копируя форму годичного слоя.

Мы исследовали древесину двадцати завитков, расположенных в области частично сросшихся сучков. Образцы для микроскопических исследований брали в двух периферических годичных слоях в сечениях: I—I, проходящем через сердцевину сучка по нормали к оси ствола; II—II на расстоянии 100 мм ниже границы сучка, то есть на участке, предшествующем отклонению, и в месте, помеченном на рис. 1 цифрой 7, где трахеиды резко изгибаются и расходятся в плоскости боковой поверхности в противоположные стороны. В пределах сечения I—I для исследования образцы 1, 2, 3 взяты в разных по величине отклонения волокон местах. Образцы 4, 5, 6 сечения II—II являются парами для образцов 1, 2 и 3, что дает возможность произвести сравнение строения древесины годичного слоя с разной ориентацией трахеид относительно продольной оси ствола.

В образце 1, непосредственно граничащем с боковой поверхностью сучка, обнаружены минимальные по размерам ранние трахеиды и поздние трахеиды с максимальной толщиной стенок. Сопоставление данных для образца 1 с данными для образца 2, расположенного в 10—12 мм от первого, показало, что поперечные размеры ранних трахеид образца 1 в радиальном направлении меньше на 8%, в тангенциальном — на 19%, толщина радиальных стенок поздних трахеид больше на 63%, танген-

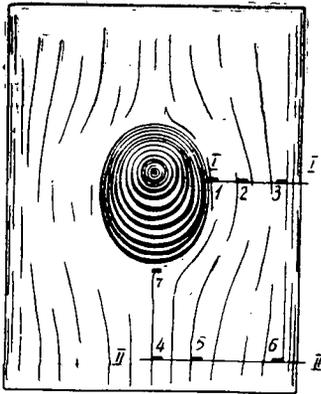


Рис. 1. Схема взятия образцов в завитке, возникшем при зарастании мертвого сучка.

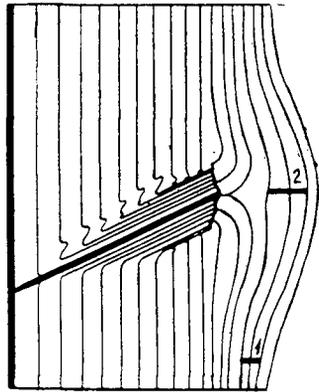


Рис. 2. Схема взятия образцов в завитке, возникшем при зарастании торцевой поверхности мертвого сучка.

циальных — на 95%. В образце 2, занимающем промежуточное положение и находящемся в зоне, где наблюдается отклонение волокон, и в образце 3, расположенном на участке с продольной ориентацией волокон, размер трахейд и толщина их стенок (если принять во внимание сравнительно большую изменчивость анатомических элементов древесины) более или менее постоянны. В образцах 4, 5 и 6 сечения II—II параметры трахейд такие же, как и в образцах 2 и 3.

По размерам трахейды образец 7 занимает промежуточное положение между образцами 4 и 1. В месте резкого поворота уменьшаются поперечные размеры ранних трахейд и несколько возрастает толщина стенок у поздних.

Исследованные завитки располагаются между сучками мутовки, то есть в месте, где годовичные слои ствола по окружности резко сокращены вследствие наличия зарастающих сучков. В этих стесненных пространственных условиях уменьшается тангенциальный диаметр ранних трахейд и возрастает толщина стенок поздних только в частях годовичных слоев, прилегающих к сучку на участке от начала до конца отклонения от волокон продольного направления. При удалении от контура сучка на 10—12 мм параметры трахейд становятся обычными.

Завитки также возникают при зарастании отмерших ветвей. Такие завитки в количестве двадцати исследовали в двух местах (рис. 2) на участке, где не наблюдалось отклонения годовичного слоя (образец 1) и в месте максимального изгиба годовичного слоя и волокон (образец 2).

Как видно по данным математической обработки результатов измерений, размеры трахейд и их стенок в образцах 1 и 2 отличаются незначительно и практически могут быть признаны одинаковыми. Проведенные исследования древесины завитков позволяют сделать следующие выводы. В завитках между сучками мутовки микроскопическое строение древесины остается неизменным за исключением участков годовичных слоев, непосредственно прилегающих к контуру сучка, где ранние трахейды имеют меньшие поперечные размеры, а поздние — увеличенную толщину радиальных и тангенциальных стенок; в завитках волокна одновременно отклоняются в двух направлениях: в радиальном, следуя за формой годовичного слоя, и в тангенциальном под углом, величина которого зависит от формы и размеров сучка.

В завитках, возникающих при зарастании торцевой поверхности сучков, размеры анатомических элементов древесины остаются без изменения, волокна сохраняют продольную ориентацию, но искривляются в радиальной плоскости, копируя форму годовичного слоя.

Эти особенности строения следует учитывать при определении влияния завитков на показатели механической прочности древесины.

УДК 634.0.642

## К ВОПРОСУ О ВЕДЕНИИ ХОЗЯЙСТВА В РАЗНОВОЗРАСТНЫХ ЛЕСАХ

Е. Д. СОЛОДУХИН

(Хабаровский политехнический институт)

До сих пор в учебниках лесоводства, лесной таксации и лесоустройства почти не рассмотрены правила ведения хозяйства в разновозрастных лесах, не изучены способы их таксации, методы определения размера пользования древесиной, особенно при проведении выборочных и постепенных рубок.

Для учета особенностей ведения хозяйства в процессе лесоустройства нужно все леса делить на три категории: абсолютно разновозрастные, ступенчато разновозрастные и одновозрастные.

Абсолютно разновозрастные древостои обычно характерны для природных лесов. Это леса, которые в течение жизни одного поколения преобладающей древесной породы не испытывали сильного постороннего воздействия, приводящего к гибели большинства деревьев (рубок, огня, ветра, насекомых и т. п.).

Ступенчато разновозрастные древостои появляются на площадях, пройденных устойчивыми низовыми пожарами или интенсивными выборочными рубками, зараженных насекомыми и т. п.

После сплошных рубок, повальных пожаров и уничтожения всех деревьев каким-нибудь другим способом обычно появляются одновозрастные (иногда условно одновозрастные) древостои. При недостатке семян на больших площадях могут появиться абсолютно разновозрастные (на участках самых отдаленных от источников семян) и ступенчато разновозрастные древостои. В отличие от природных лесов они интенсивно накапливают древесную массу.

Природные абсолютно разновозрастные древостои нельзя расчленять по возрастным категориям. Они существуют с неизменным запасом в течение многих тысячелетий. В них есть и интенсивно растущие (молодые), и почти прекратившие рост (спелые), и отмирающие деревья, поэтому текущий прирост в них почти всегда равен отпаду. Только на небольших площадях и незначительное время может наблюдаться увеличение запаса или резкое его уменьшение, так как чаще всего деревья отмирают группами.

Текущий прирост древесины в природных лесах может быть использован только при рубке спелых, прошедших кульминацию прироста деревьев на всей площади. Для этого при расчете пользования древесиной, очевидно, следует возвратиться к почти забытым понятиям оборота хозяйства и оборота рубки.

В лесозбыточных районах Сибири и Дальнего Востока строят новые города, гидроэлектростанции, поселки, осваивают новые площади под сельскохозяйственные угодья. В связи с этим нужен перспективный план использования земель, составленный не менее чем на 100 лет — время выращивания одного поколения деревьев.

Отсутствие такого плана ведет к большим ошибкам и напрасным затратам государственных средств. У нас еще нередко вырубают леса там, где они должны быть сохранены, и не эксплуатируют их на площадях, предназначенных под водохранилища гидроэлектростанций, под раскорчевку для строительства городов и перевод в сельскохозяйственные угодья. Более того, известно немало случаев, когда на землях, предназначенных для передачи в земельный фонд, закладывают лесные культуры, ведут санитарные рубки и рубки ухода. Иногда планируют проведение лесовосстановительных работ на всех вырубках в лесах третьей группы, без учета последующего использования земель.

Для правильного ведения лесного хозяйства, определения размера главного пользования и рационального использования земель вообще всю территорию многолесных районов необходимо разделить на две категории: 1) участки, на которых в течение длительного времени будет выращиваться древесина; 2) участки, которые перейдут в другие угодья.

Под лесами следует оставлять преимущественно непригодные для сельского хозяйства земли. При этом необходимо сохранить оптимальный процент лесистости территории. Пользование древесиной в них должно осуществляться таким образом, чтобы под насаждениями все время оставалась постоянная площадь. Для получения

большого количества лесной продукции необходимо заботиться о повышении производительности древостоев и быстрейшем лесовосстановлении на вырубках и гарях.

Самые плодородные равнинные участки (в горных районах Сибири и Дальнего Востока их не так много) необходимо передать в резервный земельный фонд для последующего использования в сельском хозяйстве. Сюда же следует отнести и территории будущих водохранилищ, места постройки промышленных предприятий и т. п. Эти участки должны быть выделены в особую хозяйственную часть. Размер пользования на них устанавливается в соответствии с государственным планом, а очередность вырубки — с планом освоения территории. Лесохозяйственные мероприятия ограничиваются охраной лесов от пожаров, насекомых и болезней. Здесь допустимы все виды главных рубок.

В абсолютно разновозрастных древостоях целесообразно вести только выборочные рубки. При систематическом удалении деревьев, по мере достижения ими возраста спелости, в большинстве случаев отпадает необходимость заботы о восстановлении леса, проведении специальных рубок ухода и т. п. Выборочные рубки главного пользования можно вести во всех лесах, независимо от их целевого назначения, дифференцируя их по интенсивности, повторяемости и возрасту (или диаметру) назначаемых в рубку деревьев.

Способы главных рубок для ступенчато разновозрастных древостоев, предусматривающие удаление целых поколений деревьев, успешно разрабатывает А. В. Побединский\*. Это сплошнокуртинные рубки — для древостоев, отдельные возрастные поколения которых располагаются обособленными куртинами, и длительно постепенные рубки — для древостоев с равномерным смещением деревьев разных поколений.

Нуждаются в пересмотре и некоторые рекомендации по рубкам ухода. В нашей стране повсеместно введено разделение рубок ухода по видам (осветления, прочистки, прореживания и проходные рубки). Но для разновозрастных древостоев такое разделение неприменимо, так же как использование классификаций деревьев по росту и развитию. Так, отстающие в росте деревья могут быть и медленно растущими и молодыми.

Для разновозрастных древостоев наиболее приемлем обезличенный способ рубок ухода с подразделением деревьев на три или четыре категории по совокупности признаков.

Высказанные соображения, безусловно, не претендуют на решение проблемы ведения хозяйства в разновозрастных лесах, но они могут послужить основой для ее широкого обсуждения.

\* А. В. Побединский. Рубки главного пользования. М., 1964.

УДК 674.03

## ЭКЗОТЫ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА НА УКРАИНЕ — ЦЕННЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ОЗЕЛЕНЕНИЯ

А. А. КАЛИНИЧЕНКО

(Украинская сельскохозяйственная академия)

При введении дальневосточных древесных пород на Украине более совершенны и вполне пригодны для пользования интродукционные зоны, предложенные Н. А. Кохно\*, поскольку он учитывал комплексное воздействие климатических факторов на растение. Распространение древесных растений Дальнего Востока в отдельных интродукционных районах Украины показано на рис. 1.

Для роста и развития дальневосточных интродуцентов наиболее благоприятны районы I—IV, менее благоприятны — V, VIIб и очень тяжелы районы VI, VIIа. Существование дальневосточных древесных пород в интродукционных районах V—VII возможно только при условии применения улучшенного агрофона, полива или выращивания их на достаточно увлажненных почвах.

В 1966—1968 гг. мы изучали состояние дальневосточных интродуцентов более чем в 30 пунктах Украины (дендропарки, ботанические сады, лесные и зеленые насаждения), а для перспективных видов определяли и возможность выращивания в различных климатических условиях. Мы считаем, что на основании имеющегося

\* Н. А. Кохно. Интродукция видов клена на Украине. Бюллетень ГБС, вып. 65, изд-во «Наука», М., 1967.

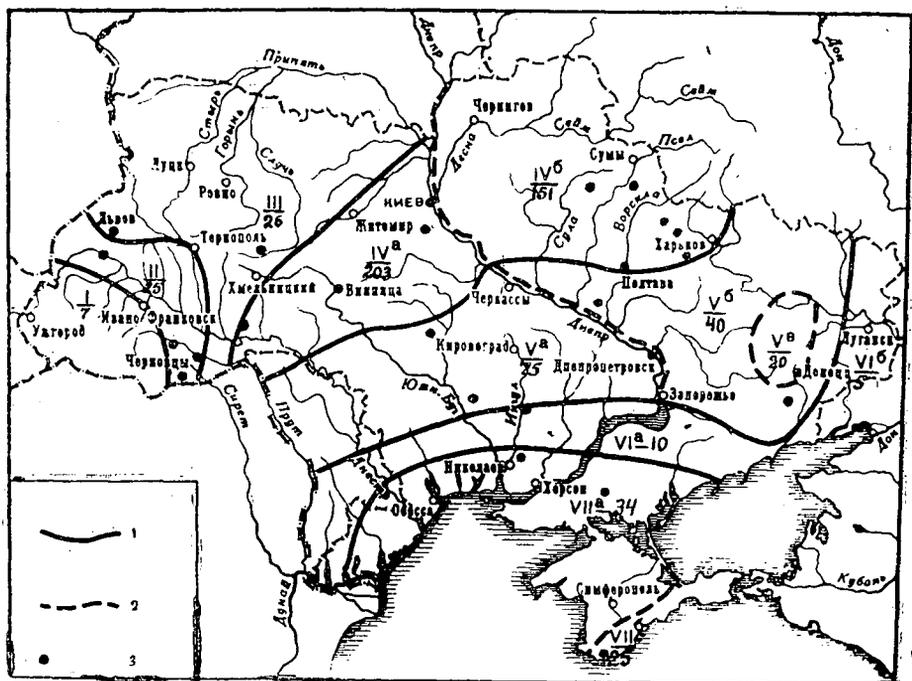


Рис. 1.

1 — границы интродукционных районов; 2 — границы подрайонов; 3 — основные пункты с наличием интродуцированных дальневосточных видов. Районы и подрайоны: I — Карпатский; II — Предкарпатский; III — Западный; IV — Северо-Восточный; V — Центральный; а) Правобережный; б) Левобережный; в) Донецкий; VI — Степной: а) Приднепровский; б) Восточно-Донецкий; VII — Приморский: а) Степной; б) Южный берег Крыма. Цифрами указано количество дальневосточных древесных пород, интродуцированных в эти районы.

опыта уже сейчас можно значительно расширить использование дальневосточных древесных растений, в частности, в зеленом строительстве наших городов и сел.

Перечень дальневосточных древесных пород, наиболее ценных для озеленения на Украине, дан в табл. 1.

УДК 674.032.475.4

## СРОКИ ОПАДЕНИЯ СЕМЯН СОСНЫ В ВОСТОЧНОМ САЯНЕ

П. М. ЕРМОЛЕНКО

(Институт леса и древесины Сибирского отделения АН СССР)

Для европейской части Союза плодоношение как отдельных пород, так и целых насаждений изучено хорошо, для азиатской части таких данных очень мало. Совершенно не изучены в этом отношении сосновые леса Средней Сибири, где, в основном, сосредоточены наибольшие запасы этой породы.

В 1965 г. нами были проведены работы по выявлению сроков опадения семян в насаждениях горных сосняков. Одновременно изучали влияние рельефа (экспозиция склонов) и элементов микроклимата в насаждении (температура, влажность воздуха) на опад семян сосны. Для этого были подобраны два участка на северном и южном склонах в Аршанском лесничестве Икейского лесхоза Иркутской области. Подробная характеристика участков дана в табл. 1.

Размер опытных площадей  $100 \times 50$  м. Семена улавливали деревянными семенерами, приемная площадь которых  $0.16 \text{ м}^2$ . На каждом участке было установлено

Таблица 1

№ участка	Склон	Высота над уровнем моря, м	Крутизна склонов, град	Сомкнутость крон	Число стволов сосны на 1 га	Площадь сечений стволов сосны, м <sup>2</sup>	Средний диаметр сосны, см	Средняя высота сосны, м
1	Северный	880	12	0,8	254	36,7	43	26
2	Южный	860	16	0,7	282	27,5	35,3	24

Примечание. Для обоих участков состав по сумме площадей сечения 9С, возраст сосны 180 лет, III класс бонитета.

по 2 ящикам: пятью параллельными рядами по 5 ящиков в каждом. Расстояние между ящиками в ряду 12 м, между рядами 20 м. Сверху приемник накрывали сеткой с размером ячеек 2×2 см. Семена собирали ежедневно с 29 апреля по 10 июня. В дальнейшем семеномеры очищали один раз за 5 дней.

Для наблюдения за температурой и влажностью воздуха было оборудовано три метеостанции: две на высоте 2 м и одна на высоте 10 м (южный склон). В комплект приборов входили самописцы суточные — термограф и гигрограф, термометр психрометрический срочный, максимальный и минимальный термометры. Ежедневные наблюдения за температурой и влажностью воздуха проводили в 11, 13, 15 и 17 час. Данные использовали для вычисления поправок при обработке лент самописцев. Период наблюдений с 30 апреля по 31 июля. Семеномеры были выставлены 29 апреля. Как на южном, так и на северном склонах местности лежал снег. На тневом склоне высота его достигала в среднем 40—50 см, на световом 5—10 см, причем здесь уже имелись проталины. Опад семян как на южном, так и северном склонах начинался в первых числах мая. Максимальный вылет семян — во 2 и 3 декадах мая. Практически лёт семян закончился в конце июня, фактически очищение шишек продолжалось вплоть до 3 декады июля. Как на северном, так и на южном склонах первые семена были уловлены семеномерами 3 мая при среднесуточной температуре воздуха + (3,5—3,9)° и влажности воздуха 56—62%. Фактически вылет семян начинался еще раньше. Частичное выпадение семян в этом же районе мы наблюдали 25 апреля во второй половине дня при ясной солнечной погоде.

Можно считать, что опадение семян сосны в горных сосняках Восточного Саяна начинается в третьей декаде апреля — начале мая.

Таблица 2

Высота, м	$r \pm \sigma_r$	
	по температуре	по влажности
2	+0,668 ± 0,100	-0,514 ± 0,134
10	+0,730 ± 0,085	-0,710 ± 0,089

Между количеством опавших семян, температурой воздуха и относительной влажностью существует довольно тесная корреляционная связь (табл. 2), причем наиболее тесно она проявляется между ходом опадения семян и температурой воздуха. На больших высотах, при общей тенденции к увеличению тесноты связи по обоим показателям, коэффициент корреляции по влажности изменяется более существенно, чем по температуре. Другими словами, чем ближе к кронам, тем заметней влияние влажности на раскрытие шишек.

Таким образом, раскрытие шишек зависит в первую очередь от микроклиматических условий.

УДК 631.816

## ИТОГИ СРЕДНЕЕВРОПЕЙСКИХ ОПЫТОВ С УДОБРЕНИЕМ ЕЛОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ

С. А. ДЫРЕНКОВ

(ЛенНИИЛХ)

В странах с развитым лесным хозяйством удобрение признано одним из главных путей повышения продуктивности лесов [1], [2], [3], [4], [5], [8], [9]. В данном обобщении подведены итоги 79 наиболее известных среднеевропейских экспериментов с удобрением ели *Picea abies* (L.) Karst, главным образом по материалам В. Небе [7].

Рост ели, в первую очередь, ограничивается недостатком азота. Ель реагирует слабо на внесение азота только на переходных болотах и в древостоях на наиболее производительных местообитаниях (выше II класса бонитета). В этих случаях эффект, видимо, может быть достигнут лишь при очень высоких дозах удобрений, хозяйственная целесообразность внесения которых сомнительна.

Фосфорные удобрения особенно эффективны в ельниках на болотных, избыточно увлажненных низкой трофности, а также на умеренно свежих местообитаниях с сильно выветренными песчаными почвами. Удобрение калием эффективно на болотах всех степеней трофности, на почвах бедных материнских пород, особенно скелетных и песчаных (от умеренно свежих до умеренно сухих местообитаний).

Известкование само по себе не улучшает роста ели. Ель (и сосна) достигает наивысшей производительности на довольно кислых почвах: в Бескидах в лучших ельниках рН находится в интервале 3,2—4,1 (КСI вытяжка) — гумусовый горизонт (мулла или модер) и между 2,9 и 3,7 в горизонте А<sub>1</sub> [6]. В Саксонских рудных горах в лучших ельниках (выше I класса бонитета) рН лежит еще ниже. Поэтому известкование следует рекомендовать только на местообитаниях с выраженным накоплением грубого гумуса в виде мероприятия по уходу за почвой в сочетании с азотными, фосфорными или сидеральными удобрениями.

Обратимся к вопросу о сроках, способах внесения и нормах удобрения. Если удобрение рассматривать как регулярное хозяйственное мероприятие, то азот следует вносить 1 раз в 4—6 лет. На местообитаниях с обнаруженным недостатком калия и фосфора калий следует вносить при каждом втором внесении азота, а фосфор — при каждом третьем-четвертом. Возможно, в культурах указанные промежутки времени целесообразно сократить. При закладке лесокультур азотные удобрения следует вносить не ранее, чем через год после посадки, ибо удобрение до посадки или одновременно с ней ведет к большим потерям (вымывание, потребление сорняками) и остается недейственным. В растущих культурах, жердняках и строевых древостоях внесение азота должно быть приурочено к времени отрастания побегов ели (май), ибо тогда наблюдается наибольшая потребность в азоте и способность к его усвоению. Аммонийные соли, например сульфат аммония (в совокупности с известью и фосфорным удобрением), предпочтительнее, чем нитраты. Фосфорные удобрения слабо вымываются и, кроме того, их действие усиливается, если оно сопровождается рыхлением почвы. Поэтому фосфорные удобрения нужно вносить уже при закладке культур одновременно с подготовкой почвы и независимо от времени года. Повторное удобрение фосфором потребуется уже лишь в жердняках. При закладке культур целесообразно применять томасфосфат, а в жердняках и строевых лесах — растворимый суперфосфат.

Калийные удобрения, так же как и азотные, следует вносить не ранее, чем через год после посадки, предпочтительно в форме сернокислых соединений. Позднее, вероятно, не вреден и хлорид калия, но все же не следует употреблять грубых солей его — каинита, сильвинита и др.

При подготовке почвы под культуры известь следует заделывать вместе с фосфором. Комбинированное удобрение кальцием и азотом благоприятно для жердняков, причем известкование на несколько лет должно предшествовать внесению азота. Повторно известковать не нужно.

При удобрении кальцием имеет преимущество мелкозернистый карбонат; на почвах со слабой сорбционной способностью можно рекомендовать шлаковую известь. Дозы азотных удобрений обычно завышены; оптимально они лежат между 50 и 100 кг/га (в пересчете на азот). Первое внесение азота (не ранее, чем через год после создания культур) не должно быть более 3—5 г на 1 дерево, затем — до 8—15 г окончательно — до 20—50 г.

При применении фосфорных удобрений перед закладкой культур на всей площади требуется 100—150 кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> на 1 га. Для посадочных мест требуется не более 8—15 г P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> на одно растение. В этом случае, однако, внесение фосфора нужно повторить через 6—10 лет с нормой 30—50 г на одно растение. В жердняках и строевых древостоях оптимальная норма фосфорных удобрений 100—150 кг на 1 га.

При удобрении жердняков и строевых древостоев оптимальное количество внесимого калия K<sub>2</sub>O от 60 до 80 кг/га. В культурах целесообразнее местное внесение: по 4—8 г на растение не ранее чем через год после посадки, позднее — 10—20 г окончательно — 30—50 г.

Необходимость известкования определяют по состоянию и мощности гумусового слоя. В жердняках и строевых лесах норма должна колебаться от 25 до 50 ц на 1 га (СаО), а при известковании одновременно с подготовкой почвы до посадок — от 40 до 80 ц на 1 га в зависимости от почвенной реакции и кислотности.

Все изложенное представляет собой итог исследований в альпийской и герцинской частях ареала ели, а также в районах ее интродукции в Средней Европе (побережье Северного моря, Люнебургская Пустошь, Рейнские сланцевые горы). В других условиях приведенные цифры действительны лишь в качестве придержки при первоначальной закладке опытов. Они могут помочь обоснованно ограничить лонски системы удобрений, обеспечивающей гармоничное питание ели.

## ЛИТЕРАТУРА

[1]. Б. А. Флеров, Н. А. Моисеев. Лесное хозяйство Финляндии. «Лесное хозяйство» № 1, 1967. [2]. A. Brantseg. Norska skogsgödslingsrekommendationer. Fran sagg till skörd, 6, № 3, 1966. [3]. K. Hausser. Produktionssteigerung durch Forstdüngung. Gegenwärtiger Stand unserer Kenntnisse. Holzcentralbl., № 110, 1953. [4]. H. Holmen. Skogsgödsling i Sverige. Nagra statistiska uppgifter. Växtnäringsnytt, 22, № 2, 1966. [5]. H. Leibundgut, F. Richard. Beitrag zum Problem der Düngung im schweizerischen Waldbau. Schweiz. Ztschr. f. Forstwes., 108, 1957. [6]. W. Nebe, S. Benes. Über Standort, Höhenwachstum und Ernährungszustand optimal wachsender Fichtenbestände der Beskiden, des Böhmerwaldes und Erzgebirges. Arch. f. Forstwes., 14, 1965. [7]. W. Nebe. Über Düngungsversuche in Fichtenbeständen. Wiss. Ztschr. der Techn. Univ. Dresden, 14, Hf. 4, 1965. [8]. H. Stoekeler, F. Arne-mann. Fertilizens in forestry. Advanc. in agronomy, 12, 1960. [9]. W. Wittich. Die Düngung in der Forstwirtschaft. Ve Congr. Mondial d. Fert., Zürich, 1964.

УДК 674.031.32(571.61)

## РАЗМЕРЫ ДРЕВЕСНЫХ ВОЛОКОН ТОПОЛЕЙ В АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ

Е. С. ЗАРХИНА

(Амурская ЛОС)

Разведение сортовых тополей в малолесных районах Дальнего Востока, в том числе — в Амурской области, начавшееся в последние годы, может в недалеком будущем принять промышленное направление. В связи с этим, значительный интерес представляют технические качества древесины отдельных сортов, в частности длина древесного волокна.

На Амурской ЛОС с 1959 г. проводится сортоиспытание 92 видов и гибридных форм тополей; 36 из них выделены, как достаточно зимостойкие и быстрорастущие в местных условиях. Ниже приведены результаты замеров древесных волокон некоторых сортов тополей местной репродукции в возрасте от 1 до 6 лет.

Таблица I

Название вида	Длина древесного волокна однолетних побегов тополей, мм	
	средняя	максимальная
Секция бальзамических тополей		
бальзамический . . . . .	0,70 ± 0,02	0,90
корейский . . . . .	0,74 ± 0,02	0,86
лавролиственный . . . . .	0,67 ± 0,03	0,83
московский . . . . .	0,69 ± 0,02	0,84
Секция черных тополей, незимостойкие сорта		
канадский . . . . .	0,60 ± 0,02	0,72
гельрика, 2-летка . . . . .	1,45 ± 0,05	1,75
поздний (серотина) . . . . .	0,81 ± 0,03	0,99
Секция белых тополей		
серебристый (белый) . . . . .	0,64 ± 0,03	0,81
осина гигантская . . . . .	0,78 ± 0,02	0,96
Гибриды между видами различных секций		
берлинский . . . . .	0,61 ± 0,02	0,75
гибрид 35, БашЛОС . . . . .	0,65 ± 0,02	0,75
ивантеевский . . . . .	0,66 ± 0,02	0,75
осокорь × душистый × канадский . . . . .	0,59 ± 0,02	0,73
черно-душистый . . . . .	0,63 ± 0,02	0,89
роchester (обмерзает) . . . . .	0,87 ± 0,04	1,20
осина × китайский . . . . .	0,61 ± 0,03	0,81
осина × канадский . . . . .	0,65 ± 0,03	0,82
лудмосковский . . . . .	0,69 ± 0,03	0,90

Таблица 2

Название вида	Длина древесного волокна на $\frac{1}{2}$ высоты ствола 4—6-летних тополей, мм			
	почвы тяжелые луговые		почвы легкие аллювиальные	
	средняя	максимальная	средняя	максимальная
Душистый . . . . .	0,74 ± 0,02	1,11	0,89 ± 0,02	1,14
Бальзамический . . . . .	0,89 ± 0,03	1,28	0,87 ± 0,02	1,02
Китайский . . . . .	0,77 ± 0,02	0,90	0,71 ± 0,03	0,91
Канадский . . . . .	—	—	0,99 ± 0,03	1,25
Русский . . . . .	—	—	0,87 ± 0,02	1,05
Осокорь (черный) . . . . .	—	—	0,91 ± 0,02	1,12
Ленинградский . . . . .	1,00 ± 0,03	1,41	1,21 ± 0,03	1,47
Ивантеевский . . . . .	1,10 ± 0,04	1,43	—	—
Берлинский . . . . .	—	—	0,93 ± 0,02	1,36
Осина × китайский . . . . .	0,95 ± 0,02	1,20	0,94 ± 0,03	1,17
Осина × канадский . . . . .	0,90 ± 0,02	1,08	0,87 ± 0,02	1,02

Образцы древесины для мацерации, — по 3 от каждого дерева, — взяты у основания, на  $\frac{1}{2}$  высоты и на вершине ствола; у однолеток — на середине побега. Каждый сорт исследовали в 3—4 повторностях. Мацерацию осуществляли путем кипячения в смеси Шульца (азотная кислота с бертолетовой солью); замеры волокон, — по 25 для каждого образца, — производили при 56-кратном увеличении.

Полученные данные (табл. 1 и 2) не обнаруживают заметной связи между длиной волокна и сортом тополя. Наибольшая длина волокна отмечена у тополя ленинградского селекции П. Л. Богданова (до 1,47 мм), из незимостойких сортов — у евроамериканского культивара «гельрика». Технические качества древесины ценных, но обмерзающих в местных условиях сортов представляют интерес с точки зрения возможного промышленного использования одно-двухлетнего прута; у гельрика длина волокна двухлетнего побега достигает 1,75 мм.

По литературным данным, наиболее интенсивный рост древесного волокна происходит у тополей в возрасте от 5 до 20 лет, следовательно, приведенные цифры можно рассматривать как исходные.

Коэффициенты вариации  $C$  длин древесных волокон как одного образца, так и для дерева в целом обычно не превышают 12—15% при показателе точности менее 3%. Сводная обработка данных, сгруппированных по местонахождению образца на стволе, дала следующие результаты: средняя длина древесного волокна вершин —  $0,70 \pm 0,04$  мм ( $C=22\%$ ), средин стволов —  $0,91 \pm 0,03$  мм ( $C=14\%$ ), оснований —  $0,92 \pm 0,03$  мм ( $C=15\%$ ).

Таким образом, статистическая существенность различий в длине волокон обнаруживается только между вершиной (побег последнего года) и остальной частью ствола.

Влияние почвенных условий на длину волокна может быть выявлено лишь ориентировочно. На легких насыщенных грунтах отвалов Райчихинского угольного бассейна, почти лишенных гумуса, длина волокна у тополя душистого в возрасте 4 лет  $0,62 \pm 0,02$  (макс. 0,78), тополя ленинградского —  $0,88 \pm 0,02$  (макс. 1,02), берлинского —  $0,74 \pm 0,02$  (макс. 0,81). Существенно, что «утяжеление» механического состава почв, по-видимому, не влечет за собой снижения длины волокна у большинства сортов. Последнее весьма важно, так как основные массивы площадей местного лесокультурного фонда под тополь представлены тяжелыми почвами лугового типа.

УДК 582.47

**О МЕТОДИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЯХ  
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗРАСТА У ПОДРОСТА ХВОЙНЫХ,  
РАСТУЩИХ В СЕВЕРНОЙ ТАЙГЕ**

**А. М. БОЙЧЕНКО**

(Институт экологии растений и животных УФАН СССР)

Точный возраст — важный лесоводственно-таксационный показатель у подростка и взрослых деревьев. Его определяют (при научных исследованиях и в практике) двумя способами: подсчетом годичных колец на поперечном срезе ствола на уровне гипокотыля [2] или подсчетом количества годичных приростов по высоте.

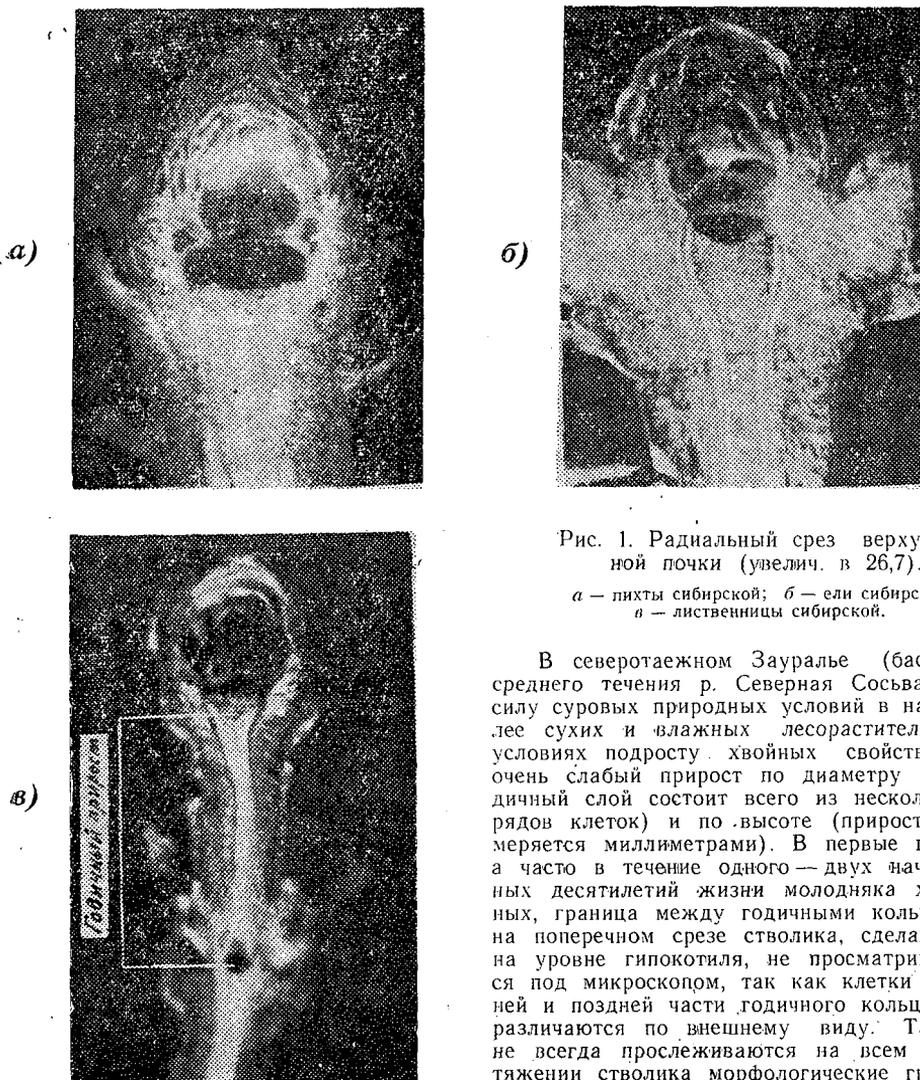


Рис. 1. Радиальный срез верхушечной почки (увелич. в 26,7).  
а — ели сибирской; б — ели сибирской;  
в — лиственницы сибирской.

В северотаежном Зауралье (бассейн среднего течения р. Северная Сосьва), в силу суровых природных условий в наиболее сухих и влажных лесорастительных условиях подросту хвойных свойственен очень слабый прирост по диаметру (годичный слой состоит всего из нескольких рядов клеток) и по высоте (прирост измеряется миллиметрами). В первые годы, а часто в течение одного — двух начальных десятилетий жизни молодняка хвойных, граница между годичными кольцами на поперечном срезе стволика, сделанном на уровне гипокотыля, не просматривается под микроскопом, так как клетки ранней и поздней части годичного кольца не различаются по внешнему виду. Также не всегда прослеживаются на всем протяжении стволика морфологические грани-

цы приростов по высоте, то есть расположенные в виде кольца следы от кроющих чешуй верхушечной почки (в зависимости от породы и от условий роста подроста они сохраняются 5—20 лет) или мутовки боковых побегов. Поэтому оба способа не всегда дают возможность определить истинный возраст подроста.

Мы проверили пригодность для этих целей метода, основанного на учете количества воздушных полостей или расширений в сердцевине стволика растения, которые ежегодно образуются в основании верхушечной почки главного побега и заметны на продольном радиальном срезе стволика [4], [5]. Этот способ определения возраста мало известен, и ему не отводилось должного внимания. Как отмечает В. Хойнацкий [5], в условиях Польши данный способ оказался приемлемым для установления точного возраста у угнетенного подроста многих хвойных и лиственных пород, причем форма расширений в сердцевине специфична для отдельных родов древесных растений.

В результате исследования большого количества подроста хвойных пород (*Pinus silvestris*, *Pinus sibirica*, *Abies sibirica*, *Picea obovata*, *Larix sibirica*), взятых нами из насаждений различных типов леса подзоны северной тайги, мы выяснили, что только три породы — пихта, ель и лиственница сибирские — в основании верхушечной почки, непосредственно под меристематическим бугорком, имеют четко выраженные расширения сердцевины. (Эти же особенности отметил М. В. Придня [3] у ели сибирской, произрастающей в лесах подзоны южной тайги.) Расширения сердцевины или сплошь заполнены рыхлой массой паренхимных клеток, или имеют в верхней части воздушную полость, хорошо заметную под микроскопом на радиальном срезе почки и стволика (рис. 1, а, б, в). Эти особенности анатомического строения сердцевины выражены у молодого самосева с первых лет жизни и сохраняются, не претерпевая каких-либо заметных изменений, и в дальнейшем по мере увеличения возраста подроста. Существенных различий в форме расширений у пихты, ели и лиственницы не замечено. Количество расширений сердцевины равно истинному возрасту подроста.

Расширения сердцевины в боковых почках не мешают установлению границ годовичного прироста в высоту стволика подроста, так как они расположены в стороне от сердцевины главного побега. Неточность в определении возраста может быть связана только с прекращением роста верхушечной почки. Таким образом, метод определения возраста угнетенного подроста пихты, ели и лиственницы сибирских (а также возраста ветвей и укороченных побегов) по количеству расширений сердцевины является хотя и трудоемким, но наиболее точным. Он может найти большое применение при научно-исследовательских работах.

Для подроста сосны [1] и кедра, относящихся к одному роду *Pinus* L., этот способ определения точного возраста неприемлем, так как у этих пород расширения сердцевины выражены очень слабо. Определение возраста у этих пород следует проводить, сочетая два способа: по годовичным кольцам и годовичным приростам по высоте.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. М. Бойченко. О точности определения возраста у подроста и деревьев сосны, растущих в северной тайге. Журн. «Лесоведение» № 5, 1967. [2]. Г. Е. Комин. Методика определения возраста деревьев в заболоченных лесах. Западно-Свердловское отделение Всесоюзного ботанического общества, вып. 3, Свердловск, 1964. [3]. М. В. Придня. Опыт определения возраста у подроста ели сибирской по сердцевинным узлам. Журн. «Лесоведение» № 5, 1967. [4]. Г. Шахт. Дерево. М., 1857. [5]. W. Chojnacki. O metodzie dokladnego okreslenia wieku podrostow i rocznych przyrostow wysokosci u niekorych gatunkow drzew lesnych. Sylwan, 108, № 1, Warszawa, 1964.

УДК 634.02 + 634.05

## ЛЕСОВОДСТВЕННО-ТАКСАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ НАСАЖДЕНИЙ С ВЫСОКИМИ ЛАНДШАФТНЫМИ ДОСТОИНСТВАМИ

И. С. МАТЮК

(Москва)

К насаждениям, обладающим высокими ландшафтными достоинствами, относятся такие естественные древостои, в которых глубина видимости составляла свыше 100 м; степень расчлененности полога в вертикальном и горизонтальном направлениях была достаточно четко выражена; участки насаждений резко контрастны по окраске стволов, ветвей, листьев и хвои, а также по развитию крон деревьев.

Для изучения лесоводственно-таксационных показателей этих лесов было заложено десять пробных площадей в лесных массивах Яузского, Измайловского и Буттовского лесничеств, входящих в состав лесопаркового пояса г. Москвы. Исследуемые насаждения произрастают на почвах супесчаных с песчаной подпочвой и суглинистых, подстилаемых глинами и суглинками. На основании изучения лесопарковых массивов, проведенного в 1962—1963 гг., можно сделать следующие выводы.

Лесопарковые насаждения в своей основе лесные и массивные с высокой жизнестойкостью. Сомкнутость крон деревьев первого яруса должна составлять 0,6—0,8. Цель хозяйства в них — повышение устойчивости, долговечности, санитарно-гигиенических и архитектурно-художественных достоинств. Поляны и «окна» в лесопарковых насаждениях — подчиненная часть.

Смешанные древостои с высокими архитектурно-художественными достоинствами обычно состоят из двух-трех пород, реже из четырех: а) из двух пород — березы бородавчатой и сосны обыкновенной, липы мелколистной и березы бородавчатой; б) из трех — березы бородавчатой, сосны обыкновенной и ели обыкновенной; березы бородавчатой, сосны обыкновенной и липы мелколистной; в) из четырех — березы бородавчатой, сосны обыкновенной, дуба черешчатого и липы мелколистной. Во втором ярусе обычно участвуют ель обыкновенная, сосна обыкновенная, береза бородавчатая, дуб черешчатый, липа мелколистная, клен остролистный, рябина обыкновенная.

Насаждения с высокими ландшафтными достоинствами могут быть по составу чистыми и одноярусными. В них имеются группы, состоящие из 3—20 деревьев каждая, в сочетании с одиночными экземплярами. Протяженность крон у деревьев в основном составляет  $\frac{3}{4}$  их высоты. Число таких деревьев достигает 85—100%.

Изучение смешанных лесопарковых насаждений показало, что степень контрастности в растительных сообществах наиболее ясно и достаточно выражена при участии березы в количестве 20—30% от общего состава древостоев.

Участие ели в первом ярусе насаждений повышает декоративные достоинства в том случае, если протяженность крон деревьев составляет не менее  $\frac{1}{2}$  их высоты. Такое развитие крон наблюдается в наибольшей степени у деревьев свободного стояния, крайних опушечных полян и затененных сверху в незначительной степени (менее 50%). Ель второго яруса имеет декоративное значение при групповом размещении деревьев. Группы ели площадью от 4—10 до 50—100 м<sup>2</sup> имеют различную конфигурацию и расположены в пространстве неравномерно, так же как деревья в группах. Общая площадь групп ели составляет около 12% (7—16%). В каждой из них насчитывается от 3 до 25 деревьев.

К особенностям естественных лесопарковых насаждений с высокими ландшафтными достоинствами относится наличие полян шириной 10—20 м и длиной 20—40 м в среднем (до 40—50 × 50—70 м), частую соединенных между собой более узкими просветами (5—10 м). Площадь полян различной конфигурации достигает 30—35% общей площади участков насаждений.

Протяженность крон деревьев березы, ели, липы и дуба, расположенных в первом ярусе, равна от  $\frac{1}{2}$  до  $\frac{3}{4}$   $H$  стволов; у сосны она чаще всего составляет  $\frac{1}{4}$   $H$  (в меньшей мере —  $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$   $H$  и редко  $\frac{3}{4}$   $H$ ). Установлено, что в 60—100-летних насаждениях с сомкнутостью крон деревьев 0,5—0,6 расстояние между деревьями в первом ярусе колеблется от 5 до 8 м, а при полноте 0,3 от 10 до 15 м.

При изучении естественных насаждений с высокими ландшафтными достоинствами мы давали их общую лесобиологическую характеристику древостоев в лесопарках. Для этой цели мы применяли следующую классификацию деревьев по росту, развитию и состоянию: I группа — деревья здоровые свободного стояния; II — здоровые, занимающие господствующее положение в пологе (ярусе) насаждения; III — замедленного роста и затененные сверху до 50%; IV — сильно отстающие в росте, затененные сверху свыше 50%, отмирающие, суховершинные, поврежденные насекомыми и грибами до степени отмирания.

Результаты применения этой классификации показали, что в большинстве случаев деревья различных пород, расположенные в первом ярусе, относятся ко второй группе. Например, участие березы во второй группе выражается в среднем 55—70%, в первой 25—30%, в третьей 5—10%. Количество деревьев сосны по группам составляет соответственно 70—75, 20—25 и 5—10%. В распределении деревьев других пород (ель, липа, дуб), произрастающих в первом ярусе, наблюдается примерно такая же закономерность.

Распределение деревьев второго яруса несколько иное. Хотя деревья второй группы, как правило, и здесь составляют большую часть сообщества, но увеличивается число экземпляров третьей и появляются деревья четвертой групп, в то же время уменьшается количество стволов в первой группе.

Таким образом, в насаждениях в основном преобладают деревья второй и третьей групп. Это свидетельствует о том, что исследуемые древостои с высокими ландшафтными достоинствами являются одновременно и наилучшими с лесобиологической стороны.

УДК 634.0.232

**ОСОБЕННОСТИ РОСТА КЛЕНА ОСТРОЛИСТНОГО И ЛИПЫ, КОТОРЫЕ СЛЕДУЕТ УЧИТЫВАТЬ ПРИ СОЗДАНИИ ЦЕННЫХ КЛЕНОВЫХ И КЛЕНОВО-ЛИПОВЫХ СВЕЖИХ ДУБРОВ**

**М. Ф. МОЙКО**

(ЛенНИИЛХ)

Условия свежих дубрав позволяют выращивать ценные высокопродуктивные насаждения только при правильном подборе сопутствующих пород. Методика нашего исследования предусматривала установление особенностей роста дуба черешчатого, клена остролистного, липы мелколистной в кленовых и кленово-липовых свежих

Лесничество, лесная дача	№ квартала	Литера или № участка	Площадь исследованных культур, га	Порядок смешения древесных пород, размещение посадочных мест, возраст использованного посадочного материала и пр.	Древесная порода
Должокское, Орынская	11	1	1,4	Дуб черешчатый и клен остролистный, смешанные чистыми рядами через один. Размещение 1,5×0,5 м. Для посадки использованы однолетние сеянцы. Дополнение производили однолетними сеянцами бархата амурского	Дуб Клен остролистный Бархат амурский
Стругское, Стругская	52	з	3,7	Чистыми рядами посев желудей с размещением 4×0,25 м. Посредине между рядами введен подгон чистыми рядами однолетних сеянцев липы мелколистной и клена остролистного. Чередуются между рядами липы и клена остролистного	Дуб Липа Клен остролистный
Стругское, Стругская	57	з	4,4	Произведен посев желудей чистыми рядами через 4×0,25 м. Дополнение культур произведено ясенем обыкновенным. Посредине между рядами введен подгон из липы мелколистной с размещением 4×0,7 м	Дуб Ясень обыкновенный Липа

дубравах при различных способах смешения, размещении посадочных мест, сроках посадки на лесокультурную площадь. С этой целью в учетных рядах лесокультур, отдельно для каждой породы, мы производили замеры 100 шт. древесных стволов по высоте, диаметру на высоте 1,3 м и у корневой шейки. По этим данным для каждого участка определяли средние арифметические величины высот, диаметров стволов на высоте груди и у корневой шейки.

Основными объектами исследования были три участка дубовых культур на территории Должокского и Стругского лесничеств Каменец-Подольского лесхоззага

Хмельницкой области. Краткая характеристика этих культур и результаты их исследования приведены в табл. 1.

В заключение можно сделать следующие выводы.

1. В условиях свежих дубрав одновременное смешение дуба черешчатого с кленом остролистным чистыми рядами (через один) при размещении посадочных мест  $1,5 \times 0,5$  м нежелательно, так как в молодом возрасте клен остролистный резко опережает в росте по высоте дуб черешчатый и угнетает его сверху.

По такой схеме можно вводить клен остролистный как сопутствующую породу в незаконченные культуры дуба 6—8-летнего возраста (если такие имеются). Нецелесообразно специально оставлять незавершенные производством культуры дуба для последующего введения в них клена остролистного.

2. При отсутствии естественного возобновления, что часто бывает при закультивировании прогалин и участков, освободившихся из-под сельскохозяйственного пользования, не следует допускать случаев создания незаконченных дубовых культур с широкими междурядьями (4—6 м), так как на них почва сильно задерняется, дуб разрастается в сучья, стволы его становятся сильно сбежистыми и впоследствии его поражает черный поперечный рак.

3. При наличии незаконченных культур дуба, в их междурядья необходимо в первые годы вводить подгон из более теневыносливых, желательнее быстрорастущих пород (клена остролистного, липы, ели обыкновенной и др.).

Таблица 1

Время закладки	Возраст культур на день исследования с учетом возраста посадочного материала	Высота ствола, м			Диаметр ствола, мм	
		средняя	минимальная	максимальная	на высоте груди	у корневой шейки
Весной 1957 г.	8	2,07	0,53	3,0	11,1	32,7
Весной 1957 г.	8	3,24	1,1	4,2	19,6	39,0
Весной 1958 г.	7	2,1	2,0	2,2	11,0	25,0
Весной 1948 г.	16	5	3	7,8	50	80
Весной 1957 г.	8	2,5	1,6	3,1	10	40
Весной 1957 г.	8	3,0	1,0	3,5	15	30
Весной 1948 г.	16	6	3	8	50	95
Весной 1949 г.	16	6	5	7	45	80
Весной 1959 г.	6	2,5	1,5	3	9	35

4. Учитывая, что в молодом возрасте клен остролистный в условиях свежих дубрав растет значительно быстрее дуба и затеняет его, при посадке дубово-кленовых культур между рядами этих пород следует высаживать древесно-кустарниковую породу, которая одновременно может служить хорошим спутником дуба и являться буфером. Это могут быть липа, граб, лещина и др.

УДК 634.0.232

## СМЫКАНИЕ СОСНЫ В КУЛЬТУРАХ, СОЗДАНЫХ ПОСЕВОМ И ПОСАДКОЙ

Н. М. НАБАТОВ

(ВНИИЛМ)

Изучение процесса смыкания крон в сосняке-брусничнике, в зависимости от метода создания культур и естественной примеси березы, проведено нами в 13-летних посевах и посадках сосны, расположенных в Шеманихинском леспромхозе Горьковской области. Посадки заложены двухлетними сеянцами, а посевы семенами сосны с размещением посевных и посадочных мест примерно через 0,75 м при средней ширине междурядий 1,5 м. Поскольку практически очень трудно заложить культуры сосны с одним растением в посевном месте (в природе почти нет таких насаждений), мы считаем возможным сравнить посадки с мелколуночным групповым посевом. Всего на 1 га было заложено 8—10 тыс. посевных или посадочных мест. Почва под культурами дерново-среднеподзолистая песчаная свежая. Живой напочвенный покров развит слабо и представлен, в основном, брусничкой, вейником наземным, кладонией, кукушкиным льном, ястребинкой зонтичной, плауном сплюснутым, кошачьей лапкой и золотой розгой. В подлеске отмечены ракитник русский, можжевельник и рябина.

В одновозрастных 13-летних посевах и посадках сосны были заложены четыре пробные площади, краткая таксационная характеристика культур сосны на которых приведена в табл. 1.

Таблица 1

№ квартала	№ пробной площади	Состав	Средний диаметр на высоте 0,3 м, см		Средняя высота, м	
			сосны	примеси березы	сосны	примеси березы
Посев						
48	1	10С	3,7	—	3,2	—
48	2	8С2Б	3,1	3,9	2,8	4,2
Посадка						
57	3	10С	4,3	—	3,6	—
57	4	8С2Б	3,6	3,3	3,2	3,4

Для наиболее полной характеристики культур и процесса их смыкания деревьев сосны в формируемом насаждении были расчленены по классам роста. В I—II классы (одна группа) входят самые высокие деревья с хорошо развитой кроной. Сравнительно крупные экземпляры, которые незначительно уступали по высоте и развитию кроны деревьям I—II классов, включены в III класс роста. Отставшие в росте, несколько ослабленные сосны с недостаточно развитыми и несколько сдавленными с боков кронами отнесены к IV классу. Самые мелкие сосенки, сильно отставшие в росте и имеющие сдавленные сквозистые кроны, а также отмирающие, но пока еще жизнеспособные деревья включены в V класс. Распределение деревьев в лунках по классам роста в посевах производили по лучшему экземпляру сосны.

Для характеристики развития крон в ряду и междурядьях, а также для определения их горизонтальных проекций у деревьев по наиболее развитым ветвям измеряли радиусы относительно стран света. Деревья и проекции их крон наносили на план. Площадь проекций крон деревьев в посадочных и посевных группах вычисляли по формуле эллипса  $S = \frac{\pi}{4} a \cdot b$  (где  $S$  — площадь проекции кроны;  $a$  — диаметр кроны;

Таблица 2

Классы роста деревьев	Состав культур	Диаметр кроны сосны, см		Площадь кроны сосны, м <sup>2</sup>	Площадь проекции крон сосен в лунках, м <sup>2</sup> /га	Отношение суммы проекций крон к общей для I-V классов роста
		вдоль ряда	поперек ряда			
I-II	10С	178	188	2,625	5250	80,1
		135	144	1,526	6160	72,4
	8С2Б	135	141	1,478	4080	61,2
		128	131	1,316	2920	55,5
III	10С	135	138	1,461	800	12,2
		108	113	0,958	1440	16,9
	8С2Б	102	110	0,870	800	11,9
		109	113	0,966	1020	19,4
IV	10С	106	100	0,832	500	7,6
		81	87	0,553	870	10,2
	8С2Б	92	93	0,672	1630	24,4
		79	84	0,520	1270	24,2
V	10С	33	41	0,106	5	0,1
		48	50	0,188	40	0,5
	8С2Б	75	74	0,436	170	2,5
		39	40	0,123	50	0,9
Среднее	10С	155	160	1,948	6560	100
		115	123	1,110	8510	
	8С2Б	111	116	1,012	6680	100
		97	101	0,769	5260	

Примечание. В числителе, данные для посевов; в знаменателе — для посадок.

вдоль ряда; *b* — диаметр кроны поперек ряда). Размеры крон у деревьев разных классов роста сосны приведены в табл. 2. Данные о размерах крон березы и сосны (без учета их перекрытий) показаны в табл. 3.

Таблица 3

Показатели	Культуры сосны с составом		
	10С	8С2Б	
		сосна	береза

## Посевы

Площадь кроны в лунке, м <sup>2</sup> . . . . .	1,948	1,012	1,147
Сумма проекций крон, м <sup>2</sup> /га . . . . .	7160	6830	1610

## Посадки

Площадь кроны дерева, м <sup>2</sup> . . . . .	1,110	0,769	1,452
Сумма проекций крон деревьев, м <sup>2</sup> /га	8720	5280	1700

В результате наших исследований можно заключить, что при равном количестве посевных и посадочных мест смыкание крон в посевах происходит быстрее, чем в посадках, так как каждая посевная группа занимает большее пространство. Однако вследствие меньшей сохранности посевных культур это преимущество быстро утрачивается. Расчет показал, что затраты на создание 1 га культур посадкой (58 р. 73 к.) больше, чем посевом (46 р. 38 к.). К моменту смыкания в рядах посадки оказываются дешевле посевных молодячков на 2%.

Примесь березы отрицательно влияет на процесс смыкания крон в культурах сосны. Поэтому на свежих лесчанных почвах целесообразно закладывать чистые культуры сосны посадкой, удаляя в процессе рубки ухода примесь березы.

ЛДК 634.05

## ПРОДУКТИВНОСТЬ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СЕМЕННЫХ ДУБРАВ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА И КРЫМА

Л. В. БИЦИН

(Северокавказская ЛОС ВНИИЛМа)

На Северном Кавказе и в Крыму на высоте 200—1000 м над уровнем моря произрастают весьма интересные в лесоводственно-таксационном отношении семенные дубравы. Наиболее распространены насаждения дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) и скального (*Quercus petraea* Ziebl.). Мы исследовали возрастную структуру, строение, продуктивность и современное состояние этих насаждений.

В Крымском государственном заповедно-охотничьем хозяйстве на Северном Кавказе было заложено 35 пробных площадей, взято 827 модельных деревьев (510—дуба скального и 317—дуба черешчатого). Дополнительно использованы данные 108 пробных площадей с обмером 3926 модельных деревьев (экспедиции Гипролестранса—СКЛОС).

Приспевающие, спелые и перестойные дубравы Северного Кавказа и Крыма на значительных площадях представлены разновозрастными древостоями, формирование которых происходило почти без вмешательства человека. В целом насаждения дуба колеблется в пределах 41—160 лет в спелых (средний возраст 106 лет), 141—300 лет—в перестойных древостоях (средний возраст 222 года). Графически распределение стволов дуба по возрасту выражается кривой, близкой к кривой нормального распределения, что дает основание говорить о среднем возрасте древостоя как типичной величине. Обработка экспериментальных данных методами математической статистики позволила установить основные статистические показатели варьирования возраста. Среднеквадратическое отклонение  $\sigma$  для спелых насаждений оказалось равным 15,7 лет, для перестойных—21,2 года, коэффициенты вариации  $C$  в среднем соответственно равны 14,8 и 9,5% при колебании на отдельных пробных площадях от 5,8 до 22,8%, показатели точности исследования  $P$  высокие—0,8—0,5%. Варьирование высот в дубравах Северного Кавказа выразилось коэффициентами вариации  $C$ , равными 6,4—6,9%, что указывало на сравнительно высокую степень однородности древостоев. В дубравах Крыма встречаются как простые, так и сложные древостои. При отнесении в первый ярус высот с колебанием в пределах 0,8—1,2 средней выделяется однородная в строении по высоте часть древостоя ( $C = 9,4\%$ ).

Строение по диаметру спелых и перестойных разновозрастных дубовых насаждений Северного Кавказа и Крыма тождественно строению одновозрастных насаждений, не пройденных рубками ухода. Коэффициент вариации диаметров насаждений рассматриваемых видов дуба довольно устойчив и колеблется в пределах 25,0—30,5%.

Таким образом, в рассматриваемых разновозрастных дубовых насаждениях ярус является той однородной элементарной единицей, которую можно положить в основу таксации древостоев.

В литературных источниках не отражены вопросы о варьировании коэффициентов формы  $q_2$  для исследуемых насаждений. Собранные нами материалы после статистической обработки в сокращенном виде представлены в табл. 1.

Таблица 1

Вид дуба	Пределы варьирования $q_2$	Число наблюдений	Средний $q_2$	Статистические показатели варьирования			Коэффициент различия $t$
				$\sigma$	$C$	$P$	
Черешчатый	0,36—0,84	317	$0,697 \pm 0,004$	0,0721	10,3	0,58	} 2,2
Скальный	0,36—0,84	510	$0,685 \pm 0,004$	0,0996	14,5	0,64	

Различия между коэффициентами формы, видовыми числами и суммами площадей сечений оказались несущественными. Это дает основание утверждать, что состав

Таблица 2

Средние высоты, м	Суммы площадей сечений, м <sup>2</sup>	Видовые высоты, м	Запасы, м <sup>3</sup>	Средние высоты, м	Суммы площадей сечений, м <sup>2</sup>	Видовые высоты, м	Запасы, м <sup>3</sup>
4	10,8	2,91	31	20	34,2	9,72	332
5	12,7	3,33	42	21	35,2	10,15	357
6	14,5	3,76	55	22	36,2	10,57	383
7	16,3	4,18	68	23	37,1	11,00	408
8	18,0	4,61	83	24	38,0	11,42	434
9	19,6	5,04	99	25	38,9	11,85	461
10	21,2	5,46	116	26	39,7	12,28	488
11	22,7	5,89	134	27	40,5	12,70	514
12	24,2	6,31	153	28	41,2	13,13	541
13	25,6	6,74	173	29	41,9	13,56	568
14	27,0	7,17	194	30	42,5	13,98	594
15	28,3	7,59	215	31	43,1	14,41	621
16	29,6	8,02	237	32	43,6	14,83	647
17	30,8	8,44	260	33	44,1	15,26	673
18	32,0	8,87	284	34	44,5	15,68	698
19	33,1	9,30	308	35	44,9	16,11	723

ление единых таблиц объема, сбega, стандартной таблицы для дуба черешчатого и дуба скального целесообразно.

Таксационные элементы таблиц продуктивности насаждений (табл. 2) определяли графоаналитическим методом.

Суммы площадей сечений и запасы семенных дубрав Северного Кавказа и Крыма оказались в среднем на 9—18% выше, чем в равнинных дубравах. Видовые числа имеют близкие значения. Отклонения не превышают  $\pm 4$ —5%. Запасы и видовые числа больше соответствующих показателей дуба каштанолистного Азербайджана в среднем на 19—18%.

На пробных площадях со сплошной и 50%-ной рубкой и обмером всех деревьев мы определяли по внешним признакам состояние каждого дерева. При этом из обмеренных 399 стволов (со средним возрастом первого яруса 106 лет) в насаждениях II класса бонитета здоровых оказалось 95%, пораженных гнилевыми заболеваниями 2,5%, надломовидным раком—2,5%. Перестойные насаждения (средний возраст 222 года, класс бонитета IV) также были в хорошем состоянии, хотя несколько уступали спелым. В целом по соотношению деловых и дровяных стволов древостоев относятся к I классу товарности.

Состояние дубовых древостоев по внутренним фаутам характеризуется данными табл. 3.

Таблица 3

Показатели	Насаждения	
	спелые	перестойные
Число обмеренных стволов, шт.	399	430
Средний возраст, лет	106	222
Пределы колебания возраста, лет	42—160	141—300
Распределение стволов по состоянию на нулевом срезе, %		
здоровых	76	57
с гнилью I стадии	2	5
II "	6	20
с дуплом	16	18

В высокополнотных (0,9—1,0) перестойных насаждениях изучено состояние стволов дуба в зависимости от диаметра на высоте груди и возраста. Тонкомерные ступени толщины (16—24 см), составляющие подчиненную часть насаждений, поражены гнилями в наибольшей степени. Мало здоровых стволов (менее 40%) встречаем в самых крупных ступенях, в группе наиболее старых деревьев. Товарность спелых насаждений, определенная глазомерным путем с использованием сортиментных таблиц и на основании фактической раскряжевки стволов на промышленные сортименты, имела близкие значения.

На Северном Кавказе ценным сортиментом является экстрактовое сырье, выход которого оказался равным 8% в спелых и 17—18% в перестойных насаждениях.

Таким образом, проведенные нами исследования свидетельствуют о том, что на Северном Кавказе и в Крыму дуб — сравнительно долговечная, устойчивая к грибным заболеваниям и высококотоварная древесная порода.

УДК 634.0.566

## ЭСКИЗ ТАБЛИЦ ХОДА РОСТА СОМКНУТЫХ СМЕШАННЫХ ОСИНОВЫХ МОЛОДНЯКОВ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Ю. И. БУРНЕВСКИЙ

(ЛенНИИЛХ)

Динамика сомкнутых смешанных молодняков изучена очень слабо. Между тем, для решения ряда практических и исследовательских вопросов, связанных с рубками ухода, крайне необходимо иметь опытные таблицы хода роста сомкнутых смешанных молодняков.

Целью наших исследований было составление таблиц хода роста осиновых смешанных молодняков Ленинградской области для наиболее распространенных типов леса — кисличник и черничник. Такие насаждения характерны для Ленинградской области и являются продуктом сплошных рубок.

В 1964 г. в Киришском леспромхозе Ленинградской области в осиновых молодняках мы заложили 15 пробных площадей в кисличнике и 8 в черничнике в предельно сомкнутых не тронутых рубками ухода 5—20-летних насаждениях. Средний состав молодняков в типе леса кисличник: по запасу 8Ос1Ол.б1Б, ед. Е, по количеству деревьев 7Ос2Б1Е + Ол.б, в типе леса черничник: по запасу 8Ос1Б1Ив + Е и по количеству деревьев 7Ос3Б + Е, Ив.

На пробных площадях срублено и измерено 648 модельных деревьев. Пробные площади круговой формы закладывали при помощи шнура различных радиусов (от 4 до 12 м), что обеспечивало нужное количество стволов преобладающей породы (250—300 шт.). Перечет проводили по односантиметровым ступеням толщины всех растущих и сухостойных деревьев перечетного размера; для более тонких деревьев учитывали их общее количество. В процессе перечета вырубали каждое пятнадцатое дерево в пределах ступеней толщины, что обеспечило получение в среднем около 20 учетных деревьев преобладающей породы на пробную площадь. Срубленные деревья обмеряли по диаметрам в коре и без коры в мм: на высоте груди, на 0,1, 1/4, 1/2, 3/4 высоты ствола, на пне и на середине однометровых секций. Кроме того, определяли возраст и длину стволов в см.

При камеральной обработке объемы учетных деревьев находили по сложной формуле срединных сечений по однометровым секциям. Затем вычисляли нормальные видовые числа по диаметру на 0,1 высоты ствола и выводили уравнения связи между диаметрами на высоте груди и на 0,1 высоты ствола. На основании этих данных составляли объемные таблицы для маломерных стволов осины и березы. После этого производили полную обработку пробных площадей: вычисляли суммы площадей сечений, строили графики высот, устанавливали средние таксационные показатели по породам и в целом для пробной площади. Запасы определяли по ступеням толщины по упомянутым объемным таблицам, средний возраст — графическим путем. При этом исходили из положения, что дерево среднее по диаметру есть среднее и по возрасту.

После группировки материала по типам леса составляли таблицы хода роста. В отличие от существующих таблиц\*, в наших для молодняков была дополнительно введена графа о составе по количеству стволов, так как в смешанных молодняках составы по запасу и числу стволов сильно различаются. Добавлена графа — общее число стволов, так как учет деревьев, не достигших перечетного размера, необходим для анализа хода возобновления элементов леса. Запас стволов, не достигших перечетного размера, в расчет не включался, ввиду незначительности. Для проведения рубок ухода весьма важно знать величину отпада, поэтому мы ввели в таблицы дополнительные расчеты по отпаду.

Связь между возрастом и общим запасом выразилась уравнением прямой: в кисличнике  $M = 5,5A - 3,3$ , в черничнике  $M = 4,5A - 8,9$ . Состав по запасу опре-

\* Н. В. Третьяков, П. В. Горский, Г. Г. Самойлович. Справочник таксатора. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1965.

деляли графически. Высоты осины были получены графически и аналитически через связь с возрастом, которая выразилась уравнением прямой: в кисличнике  $H = 0,410A + 0,810$ , в черничнике  $H = 0,316A + 0,625$ ; диаметры — через связь с высотой, характеризующуюся уравнениями: в кисличнике  $\lg D^2 = 0,1547H + 0,0567$ , в черничнике  $\lg D = 0,9369 \lg H - 0,2234$ . Высоты остальных элементов леса были найдены графически из связи с высотой осины, а диаметры — с высотами соответствующих элементов леса.

Для вычисления запаса отпада использовали данные по учету сухостоя на пробных площадях. Размер отпада установлен как разница между количеством стволов в различные возрастные периоды. Диаметр стволов отпада был получен графически из связи диаметра сухостоя и диаметра сырорастущей части, средняя высота отпада — из связи высоты и диаметра сухостоя. Таким образом были найдены средние диаметры и высоты стволов отпада в возрасте 5, 10, 15, 20 лет. Очевидно, в периоды 5—10 лет, 10—15 лет и 15—20 лет они имели значения, равные среднеарифметическим высотам и диаметрам отпада в эти возрастные периоды. Сумму площадей сечений вычисляли по формуле  $G = g_{\text{ср}} \cdot N$ , запас — по формуле  $M = G H f$ . Полученные данные по ходу роста осиновых смешанных молодняков приведены в табл. 1.

Из анализа таблицы можно сделать следующие выводы.

1. Смешанные насаждения имеют большую густоту, а в связи с этим и более низкие диаметры и высоты элементов леса, чем чистые.

2. Состав по запасу основного элемента леса непрерывно уменьшается. Падение состава по числу деревьев значительнее, что объясняется интенсивным отпадом стволов осины, в основном IV—V классов по Крафту.

3. С возрастом отмечается неуклонное повышение участия ели и березы в составе.

4. Состав кисличника и черничника заметно различается как по количеству единиц соответствующих элементов леса, так и по примеси (в первом ольха, во втором — ива).

5. Черничники отличаются от кисличников, кроме того, большим числом стволов ели, высокой густотой и запоздалым ходом развития (примерно на 5 лет).

6. Процесс изреживания протекает интенсивнее в черничнике, что можно объяснить худшими условиями местообитания. К 20 годам сумма отпада составляет примерно 13—15% от наличного запаса. Отпад по числу стволов в кисличнике наибольший в период 10—15 лет, а в черничнике в 5—10 лет.

7. В высотах и диаметрах основного элемента леса и примесей отмечается значительная разница. К 20 годам высота ели в 3 раза меньше высоты осины в кисличнике и 2,5 раза в черничнике.

УДК 581.1

## ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ ЗИМНЕЙ ОБЛИСТВЕННОСТИ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО

А. М. КРАСНИТСКИЙ

(Центрально-Черноземный государственный заповедник)

Осенний листопад наблюдается далеко не у всех деревьев дуба черешчатого. Одна их часть зимует с безлиственными кронами, другая, наоборот, с ветвями, в различной степени покрытыми листьями (рис. 1). Коричневые сухие листья остаются на дереве зачастую до весны — начала сокодвижения и листораспускания.

Наблюдения, проведенные в заповеднике в 1962—1963 гг., показали, что зимующие листья опадают на протяжении всего осенне-весеннего сезона, в котором можно выделить три периода: затухания осеннего листопада (ноябрь — декабрь), постепенного нарастания зимнего листопада (январь — апрель) и массового весеннего листопада (апрель — май). На долю каждого периода приходится часть отпада, примерно равная по весу листьев. Такой ход поступления листьев в почву должен оказывать серьезное влияние на почвообразовательные процессы.

Весенний опад может вызывать некоторое изменение режима весеннего снеготаяния в лесных оврагах и балках. Зимне-весенний опад обычно сдувается ветром в микропонижения рельефа, мульчирует накопившийся там снег и задерживает его таяние, тем самым меняя водный режим почв.

Специальные наблюдения вскрывают интересные и важные в лесохозяйственном отношении качества облиственных зимой деревьев. Так, оказалось, что они крупнее безлистных. Данные обмеров, проведенных на 12 фенологических площадках; представляющих культуру дуба от 11 лет до 31 года, приведены в табл. 1 (на каждой площадке обмеряли не менее 50 дубков).



Рис. 1.

Большое внимание уделяется вопросам рационального соотношения фауны копытных и леса. В Центрально-Черноземном заповеднике в последние годы резко возросла численность лося (свыше 30 голов на 1 тыс. га лесной площади), что привело к массовым повреждениям дуба. В 10—20-летних культурах лось питается в основном зеркальной корой. В молодых посадках он объедает сочные побеги текущего прироста, что неизбежно влечет за собой не только ухудшение формы кроны и стволиков, потерю прироста в высоту, но и физиологическое ослабление деревьев, а следовательно, и предрасположение их к энтомологической и грибной инвазиям.

Таблица 1

Возраст культур, лет	Облиственные дубки		Безлистные дубки		Разница	
	диаметр, см	высота, м	диаметр, см	высота, м	диаметр, см	высота, м
11	2,0	1,5	2,4	1,5	-0,4	-
12	2,7	2,1	2,9	2,2	-0,2	-0,1
13	4,2	2,8	3,3	2,5	+0,9	+0,3
15	4,1	5,4	3,6	5,1	+0,5	+0,3
18	5,7	8,4	4,2	7,4	+1,5	+1,0
20	5,4	7,9	2,5	5,7	+2,9	+2,2
21	10,0	10,4	7,6	9,8	+2,4	+0,6
26	7,2	8,2	5,5	7,3	+1,7	+0,9
27	9,9	13,9	7,2	12,2	+2,7	+1,7
29	8,4	11,0	6,6	9,6	+1,8	+1,4
30	10,5	14,0	8,0	12,1	+2,5	+1,9
31	9,2	11,6	5,3	9,1	+3,9	+2,5

С целью установления зависимости между степенью облиствения и степенью повреждения дубков были проведены специальные учетные работы. Оценку проводили по пятибалльной шкале. Обследовали два участка лесокультур 8-летнего возраста, в которых чистые ряды дуба чередуются со смешанными рядами клена татарского, груши и бересклета европейского. Результаты обследования представлены в табл. 2.

Лоси избирательно питаются побегами зимнебезлистных и слабооблиственных дубков, зимнеоблиственные деревья они избегают. Причины этого явления пока

Таблица 2

Показатели	Количество сохранившихся листьев на дубках, %					
	75—100	50—75	25—50	до 25	0	среднее
Количество учтенных дубков всего, шт. . . . .	22	30	36	114	60	100
в том числе по степени объедания, % . . . . .						
очень сильная . . . . .	—	—	—	8,8	46,7	14,5
сильная . . . . .	—	6,7	13,9	33,3	33,3	24,8
средняя . . . . .	4,5	23,3	22,2	21,1	15,0	18,8
слабая . . . . .	27,2	23,3	25,0	14,9	3,3	15,6
неповрежденные . . . . .	68,3	46,7	38,9	21,9	1,7	26,3
Доля поврежденных дубков, % от их общего числа . . . .	31,8	53,4	61,2	78,2	98,5	73,8

не выяснены. Однако, ориентируясь на преимущественное выращивание зимнеоблиственных дубков, можно значительно снизить массовое объедание молодых побегов, а следовательно, ограничить вредное влияние лося на лесные культуры. В зимний и ранневесенний периоды зимнеоблиственные деревья предпочитают пернатые для устройства убежищ и гнездовых.

Наши наблюдения на протяжении трех зимних сезонов убедительно свидетельствуют о том, что зимняя безлистность — устойчивый признак. Нам не приходилось отмечать случаев превращения зимнебезлистного дерева в зимнеоблиственное. Правда, обратное явление вполне закономерно и связано с онтогенезом дерева. Число зимнеоблиственных деревьев от 11 до 31 года сокращается с 55 до 4%; в то время как число зимнебезлистных дубков возрастает с 15,2 до 89,0%. После 30—35 лет число зимнеоблиственных деревьев, по-видимому, стабилизируется, и в небольшом числе их можно встретить в старовозрастных дубяках. В заповеднике, например, весьма обычна облиственность 60—70-летних «маяков». Следовательно, явление зимней облиственности можно использовать в лесном хозяйстве.

УДК 634.0.443.3

## ОСОБЕННОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ СЕРДЦЕВИННОЙ ГНИЛИ В СТВОЛАХ ОСИНЫ

И. И. ГУЩИН  
(ЦЭНИИ)

Наши исследования, выполненные в лесах Московской области и некоторых других районах страны, показали, что сердцевинная гниль осины появляется главным образом в стволах 1-, 3-, 6-летнего возраста.

Мы изучали механизм возникновения и распространения гнили по стволу корнеотпрысковой осины на примере 1-, 3-, 6-, 10-, 18-, 26-, 35-, 45-летних деревьев, произрастающих в идентичных почвенных условиях в насаждениях Ново-Петровского лесхоза Московской области, I—II классов бонитета, полнотой 0,8—0,9.

В однолетнем осиннике, возникшем после зимней вырубki спелого осинового леса, на пробной площади в характерных местах мы выделили 10 учетных площадок по 4 м<sup>2</sup>, на которых проводили учет корневых отпрысков через каждые 15 дней (всего шесть периодов учета). Было обследовано 10440 деревьев; по весу, диаметру, длине они не были равноценными. В первом периоде появилось 5,4% растений, во втором — 13,2%, в третьем и четвертом — 35,2%, в пятом и шестом — 46,1%. Растения, появившиеся в первый период, оказались самыми мощными, один средний стволлик в 19 раз тяжелее, чем стволлик, учтенный в последний период. Растения осенью срезали, около корневой шейки и осматривали. Ни на одном из срезов не обнаружено покраснения древесины, в то время как на продольных разрезах древесины во многих местах была красновато-коричневого цвета.

Однолетние корневые отпрыски распределяли на четыре группы по количеству ранок: первая — 16,1% стволликов, вторая — 30,5%, третья — 5,6%, четвертая — 1,7%. Полностью засохшие растения составили 46,1%. По видам поврежденных стволлики рас-

пределили на категории: от солнечных ожогов пострадало 22,6% деревьев, от града — 8,5%, от насекомых — 5,6%, от различных механических повреждений — 2,2%, полностью и частично засохло 61,1%.

Ранки по форме и размерам на однолетних стволиках неодинаковы: в комлевой части их больше и они крупнее, чем в срединной и вершинной. В первое лето они открытые или затянuty желтоватой кожей. Стволик около ранок всегда утолщен. На трехлетних побегах ранки заросшие, а на месте их остается след от ранки, на следах кора грубая, трещиноватая, темно-серая, рельефно выделяется на общем фоне коры стволика, след по форме напоминает ранку. Ранки возникают, как правило, на побегах в первый год роста, они глубокие, доходят до сердцевинки стволика, в последующие годы ранки появляются редко и неглубокие, повреждается только заболонная часть древесины, сердцевина побега остается неразрушенной. На шестилетних деревьях на последнем центральном побеге также возникают ранки.

Древесина на продольных разрезах как однолетних и трехлетних, так и шестилетних, стволиков около ранок и засохшей вершины всегда красновато-коричневого цвета, в центре ранки окраска более яркая.

Краснина распространяется быстрее в направлении к вершине, чем к комлю. На одну ранку приходится около 10 см красноватой древесины. В побегах с большим количеством повреждений всегда больше пораженной древесины, так же как около ранок, расположенных ближе к комлю, и крупных.

В однолетних побегах древесина с красниной представлена очагами, соединенными между собой в тех случаях, когда налицо много близко расположенных ранок. В трехлетних стволиках ее больше, и она образует единое целое почти по всей длине. В шестилетних деревьях краснины больше в побегах, старших по возрасту. В побегах, удаленных от комля и более молодых, краснина по древесине распространяется медленнее, чем в растущих около комля и старших по возрасту.

В табл. 1 показано распространение гнили в деревьях разных типов роста и развития (по В. Г. Нестерову) и различного возраста. Из данных таблицы следует, что в деревьях физиологически ослабленных, старших по возрасту, быстро развития, а также в деревьях III класса роста пораженной древесины больше, чем в жизнестойких, молодых, замедленного развития и в деревьях I и II классов роста. Так, у деревьев 45-летнего возраста (быстрого развития, II класса роста) ее больше на 35%, чем у 35-летних; на 97%, чем у 26-летних; в 3,3 раза, чем у 10-летних.

Интенсивное распространение гнили по стволу деревьев осины — одно из условий старения деревьев в физиологическом отношении, не зависящее от диаметра ствола.

Таблица 1

Показатели	Возраст, лет				
	10	18	26	35	45
Длина участка пораженной древесины по классам, м					
Ia	2,0	3,1	4,0	4,5	8,6
IIa	1,8	2,6	3,3	5,0	7,0
IIIa	3,4	5,0	7,8	12,0	—
Iб	3,4	6,0	6,2	8,7	13,2
IIб	3,0	5,2	6,6	9,5	13,0
IIIб	3,1	5,2	10,2	14,8	14,5
% от длины ствола					
Ia	25	26	23	24	38
IIa	27	29	21	26	38
IIIa	68	74	61	72	—
Iб	39	45	35	42	58
IIб	43	46	37	48	65
IIIб	72	80	88	88	90
В среднем в год, см					
Ia	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2
IIa	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2
IIIa	0,3	0,4	0,6	0,3	—
Iб	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3
IIб	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
IIIб	0,7	0,8	0,9	0,9	0,9

В ослабленных деревьях гниль по древесине распространяется быстрее, чем в жизнестойких; в деревьях ускоренного развития, II класса роста в первом десятилетии по 30 см в год, во втором по 28 см, в третьем по 17 см, в четвертом по 32 см, в пятом по 35 см, или быстрее соответственно в 1,7; 2,8; 1,9; 1,7; 1,7 раза, чем в деревьях замедленного развития.

Следовательно, гниль по древесине распространяется в среднем в год в деревьях I и II классов роста, замедленного развития по 0,11—0,13 м; быстро по 0,21—0,25 м; в деревьях III класса роста и развития—по 0,36 м. Поэтому в растущих стволах можно определить количество пораженной древесины. Для этого используем формулу (в общем виде)

$$L = A \cdot l \text{ м,}$$

где  $A$  — возраст древостоя;

$l$  — средняя длина гнили в год, м.

В осинниках старшего возраста деревья следует подразделять на три категории (группы), а не на шесть, как предусмотрено общей схемой: первая группа — деревья замедленного развития (тип «а»), I и II классов роста, перспективные, формирующие основу промышленного осинового древостоя, требующие ухода; вторая группа — деревья быстрого развития (тип «б»), I и II классов роста, менее продуктивные, в преобладающем большинстве (в разные периоды) подлежат изъятию (кроны деревьев этих двух групп образуют основу полога); третья группа — деревья III класса роста и развития (замедленного и быстрого), оставшие в росте, сильно ослабленные, полог достигают только вершинами и то редко, все подлежат изъятию. Распределение стволов на три группы по физиологическому и санитарному состоянию наиболее просто и удобно для практических целей при отборе их для выращивания и изъятия, а также соответствует санитарному состоянию насаждений и типологическому характеру деревьев.

Представленные данные также указывают, что по внешним особенностям можно выявить и определить размеры пораженной древесины в стволах осины самого раннего возраста (от 1 до 6 лет). При проведении ухода за осинниками можно отобрать деревья для произрастания (сформировать насаждение будущего) и пометить в рубку.

УДК 634.0.265

## О КОМПЛЕКСНОЙ СНЕГОЗАЩИТЕ ДОРОГ

**В. Е. КАРЫШЕВ**

(Белорусский дорожный научно-исследовательский институт)

В течение 1963—1966 гг. мы проводили исследования снегозащитных свойств придорожных садов. Для этой цели вдоль левой стороны автомобильной дороги Гомель — Чернигов были подобраны участки садов различного возраста, примыкающие к восьмьюрядным дорожным снегозащитным полосам высотой 6—7 м.

Участок № 1 — 1046-й километр. Возраст культур 37 лет. Схема размещения посадочных мест —  $10 \times 10$  м. Средняя проекция крон яблонь —  $7 \times 7$  м, их средняя высота — 5,1 м. Ширина ленты сада — 220 м. Вокруг сада расположена однорядная аллея тополя канадского. Расстояние между деревьями — 5 м. Высота аллей — 22 м.

Участок № 2 — 1038-й километр. Возраст культур 9 лет. Схема размещения —  $8 \times 8$  м. Средняя высота яблонь — 3,1 м. Ширина ленты сада — 700 м. Вокруг сада создана двухрядная аллея тополя канадского, размещение деревьев —  $2 \times 2$  м. Высота аллей — 8,5 м, кроны сомкнуты.

Участок № 3 — 1035-й километр. Возраст — 4 года. Схема размещения —  $8 \times 8$  м. Высота яблонь — 1,4 м. Ширина ленты сада — 106 м.

В качестве контроля был подобран участок восьмьюрядной дорожной снегозащитной полосы без примыкающего сада.

Длина участков от 240 до 1000 м. Направление дороги — ЮВ 26°. Рельеф примыкающих полей равнинный, ширина снегосборных бассейнов — свыше 3 км. На участках заложены контрольные снегомерные пункты, где проведены анемометрические съемки и замеры отложений снега.

Изучением ветрового режима на опытных участках установлено, что сад в возрасте 37 лет обладает хорошими ветрозащитными свойствами. Из данных рис. 1, изображающих распределение скоростей воздушного потока и характер снегоотложения на этом участке, видно, что в рядах сада наблюдается плавное падение скорости ветра. Необходимое для полного отложения приносимого снега снижение скоро-

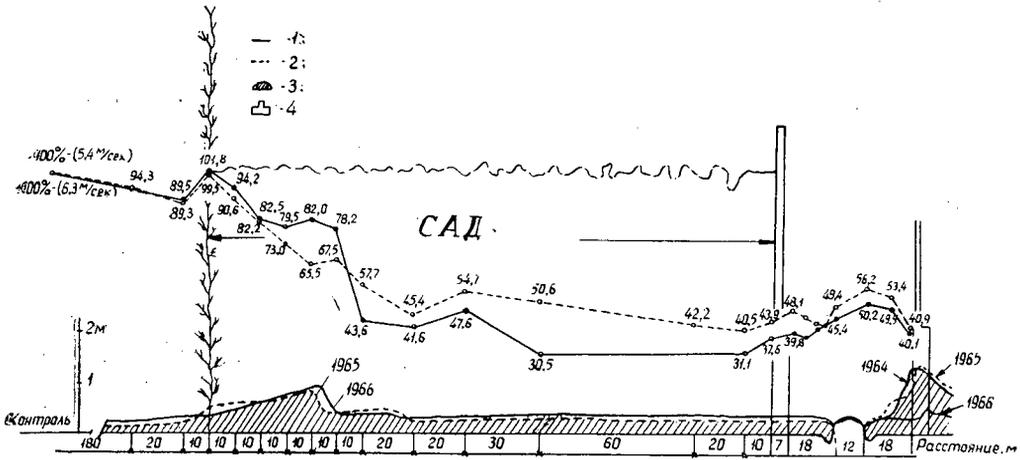


Рис. 1. Скорость ветра на высоте 1 м и характер снегоотложения в придорожном ленточном 37-летнем саду.

1 — скорость ветра под углом 74° по отложенному снежному валу; 2 — скорость ветра под углом 85° в бесснежный период; 3 — отложенный снежный вал; 4 — дорожные снегозащитные полосы.

сти до 65—44% наблюдается уже на расстоянии 40—60 м от полевой опушки, а максимальное (до 31%) — на 130 м. При дальнейшем движении в глубь сада скорость снего-ветрового потока изменяется незначительно и составляет 30—50% полевой. Таким образом, данные анемометрических съемок на этом участке свидетельствуют о том, что лента взрослого сада шириной 60—130 м имеет достаточную плотность и может служить защитой дорог от снежных заносов.

Анемометрирование, проведенное на участке 4-летнего сада, показало, что такой сад не оказывает существенного влияния на ветровой режим. Незначительное снижение скорости ветра на 8—14% отмечено лишь на расстоянии 30—10 м от опушки дорожной снегозащитной полосы. Аналогичное распределение скорости наблюдалось и на контрольном участке. Результаты анемометрических съемок согласуются с замерами отложений снега на исследованных участках (табл. 1).

Таблица 1

Возраст сада, лет	Высота снежного вала в саду, м. в зимы			Объем снега, м <sup>3</sup> /пог. м в саду в зимы в дорожной снегозащитной полосе		
	1963/64 гг.	1964/65 гг.	1965/66 гг.	1963/64 гг.	1964/65 гг.	1965/66 гг.
	37	0,65	0,80	0,96	24,4 Снежный вал не образовался	42,5 Снежный вал не образовался
9	0,59	0,68	0,58	17,1 21,2	36,2 15,9	23,8 18,9
4	Снежный вал не образовался			25,6 Снежный вал не образовался	29,8 Снежный вал не образовался	33,8 Снежный вал не образовался
Контроль	—	—	—	26,3	28,6	34,6

Можно видеть, что на участке 37-летнего сада весь принесенный с поля снег отложился в его полевой части. Высота снежного вала в рядах сада составляла до 96 см, ширина вала — 60—70 м. Дорожная снегозащитная полоса не принимала участия в работе по снегозадержанию.

На участке 9-летнего сада снежный вал высотой до 70 см и шириной 50—60 м образовался только в зоне снегоотложения за садозащитной полосой в полевой

опушке. Уже на расстоянии 90—120 м скорость ветра частично восстанавливалась, в результате чего в рядах сада происходило сдувание снега и его снос к дороге. Дорожная снегозащитная полоса на этом участке задержала снега от 81% зимой 1964 г. до 54% в 1966 г. по отношению к контролю. Следовательно, до вступления сада в полную самостоятельную работу по снегозадержанию увеличение ширины ленты свыше зоны отложения снега и выдувания за снегозащитной полосой (120 м) будет повышать принос снега к дороге с территории сада и ухудшать снегозащитные свойства лент. Поэтому при устройстве широких лент целесообразно создавать вдоль дороги низкую живую изгородь из декоративных кустарников. Это обеспечит отложение снега, приносимого с площади сада.

На участке 4-летнего сада весь снег беспрепятственно проносился через его территорию и задерживался только дорожной снегозащитной полосой. Следовательно, сады в таком возрасте не могут быть эффективным средством защиты дорог от снежных заносов.

Сравнительное изучение снегозащитных свойств садов различного возраста позволяет сделать выводы, что ленточные сады могут самостоятельно работать по полному снегозадержанию лишь с начала смыкания крон. Этот период наступает в возрасте 15—25 лет и зависит от схемы размещения саженцев, почвенно-климатических условий и породного состава. Ускорению начала самостоятельной работы ленточных садов способствует создание их уплотненным широкорядным способом по схеме  $8 \times 4$  м и шахматном размещении саженцев в рядах, при котором кроны смыкаются раньше. При этом увеличивается плотность сада и значительно сокращается срок вступления ленты в эффективную работу. Кроме того, по данным исследований А. С. Девятова [1], такая посадка в 1,5—2 раза повышает урожайность с единицы площади сада.

Устройство садозащитной полосы у полевой опушки также значительно способствует более быстрому вступлению ленты в работу по снегозадержанию. Такую полосу целесообразно создавать из трех—четырёх рядов быстрорастущих древесных пород по схеме  $2,5 \times 1,5$  м. Продуваемая конструкция полосы обеспечивает формирование широкого снежного вала небольшой высоты, что не вызывает повреждения саженцев при оседании и таянии снега.

По результатам проведенных исследований ориентировочно определена и снегоемкость ленты сада оптимальной ширины (100—120 м). Для этого принята не опасная для повреждения саженцев средняя высота снежного вала, отложенного в саду, равная 90 см. При таком условии взрослый сад шириной 100—120 м может задерживать снега до  $110 \text{ м}^3/\text{пог. м}$ . Такая снегоемкость ленты сада может обеспечить надежную защиту дорог на большей части территории БССР, где объем приносимого к дорогам снега составляет до  $100 \text{ м}^3/\text{пог. м}$  [2]. Таким образом, создание ленточных садов вдоль дорог Белоруссии позволит значительно сократить затраты на устройство специальных снегозащит и более продуктивно использовать примыкающие к дорогам земельные площади.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. А. С. Девятов. Широкорядный уплотненный способ посадки плодовых садов. Минск, 1964. [2]. В. Е. Карышев, Н. А. Картель. Влияние местных условий на снегозаносимость. Журн. «Путь и путевое хозяйство» № 2, 1967.

УДК 625.31

## НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ РАМНЫХ ЛЕЖНЕЙ ДЛЯ УЗКОКОЛЕЙНЫХ ДОРОГ

Ю. В. ЛЕБЕДЕВ

(Уральский лесотехнический институт)

На Алапаевской ужд в течение трех лет проводятся эксплуатационные испытания железобетонных предварительно напряженных рамных лежней монолитного и сборного вариантов. Отмечено два периода работы узкоколейного пути на рамных лежнях: стабилизации, характеризующийся интенсивным накоплением остаточных деформаций, и нормальной эксплуатационной работы. Установлено, что для участков

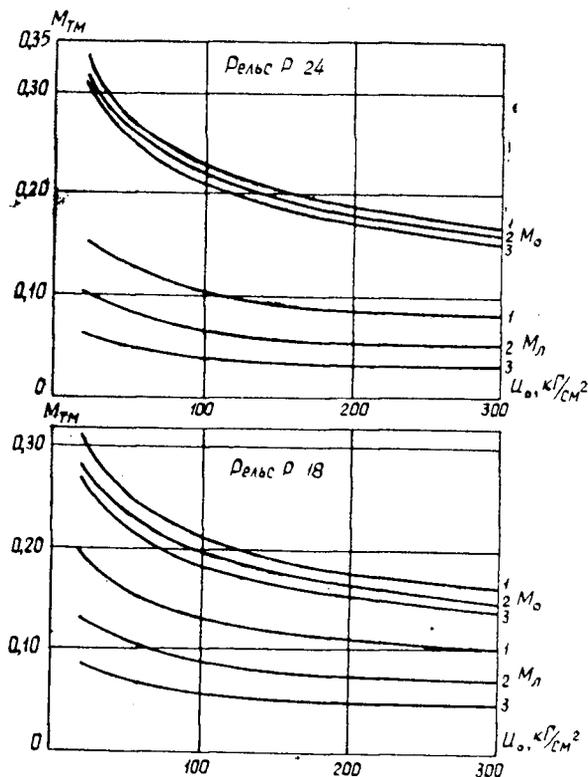


Рис. 1.

1, 2, 3 — кривые для лежней толщиной соответственно 12, 10 и 8 см.

с грузонапряженностью до 400 тыс. т в год период стабилизации пути равен 4,0—5,5 месяцам. За этот период осадка рамных лежней на щебне составила 8,7, на асбесте — 21,8, на песке — 16,3 мм. За это же время путь на деревянных шпалах дал осадку до 32 мм. В весенний период избыточного увлажнения расстройств пути не было. Никаких дополнительных мер по содержанию пути не проводили; только в отдельных случаях были заменены упругие прокладки. С наступлением летнего периода продольный профиль пути устанавливался сходным с продольным профилем пути предыдущего летнего периода.

Выяснилось, что упругие прокладки в виде отдельных опор в эксплуатационном отношении имеют заметные преимущества по сравнению со сплошным опиранием рельсов на рамные лежни. В период стабилизации перекосы лежней из-за неравномерной осадки их сторон достигали на песке 4—5 мм, но при дальнейшей эксплуатации не превышали 2—3 мм. Перекосы пути на деревянных шпалах также достигали 5 мм, но период неустойчивой работы был значительно больше.

Опыт эксплуатации показал, что рамные лежни с анкерно-коробчатым креплением рельсов обеспечивают более надежную устойчивость опорной нити на кривом участке пути, чем лежни с болтовым или костыльным креплением (для деревянных шпал). На уклоне 3,6‰ угона рельсов не происходило. Узкоколейный путь на железобетонных рамных лежнях рассчитывали по схеме двухслойной балки с упругой прокладкой. Использовали гипотезу коэффициента постели.

Для анализа работы рамных лежней на различных балластных основаниях построены кривые зависимости суммарного изгибающего момента  $M_0$ , действующего на лежень и рельс, от величины модуля упругости подблочного основания  $U_0$  (рис. 1). Вертикальная сила равна 1000 кг. На рис. 1 даны также кривые зависимости изгибающего момента  $M_{\text{л}}$ , действующего на лежень, от величины  $U_0$ . На основе проведенных экспериментов модуль упругости прокладок  $U_{\text{п}}$  принят равным 1500  $\text{кг/см}^2$ .

Из графика зависимости  $M_0 = f(U_0)$  следует, что с уменьшением модуля упругости подблочного основания изгибающий момент увеличивается. При этом можно выделить три зоны изменения  $M_0$  от величины  $U_0$ : 1) зона интенсивного возрастания изгибающего момента  $M_0$  с уменьшением  $U_0$  от 60  $\text{кг/см}^2$  и ниже. Чем больше суммарная жесткость рамного лежня и рельса, тем быстрее увеличивается  $M_0$  с понижением  $U_0$ . В этой зоне величина изгибающего момента возрастает на 0,025—0,045 Тм при уменьшении  $U_0$  на 10  $\text{кг/см}^2$  под действием вертикальной силы

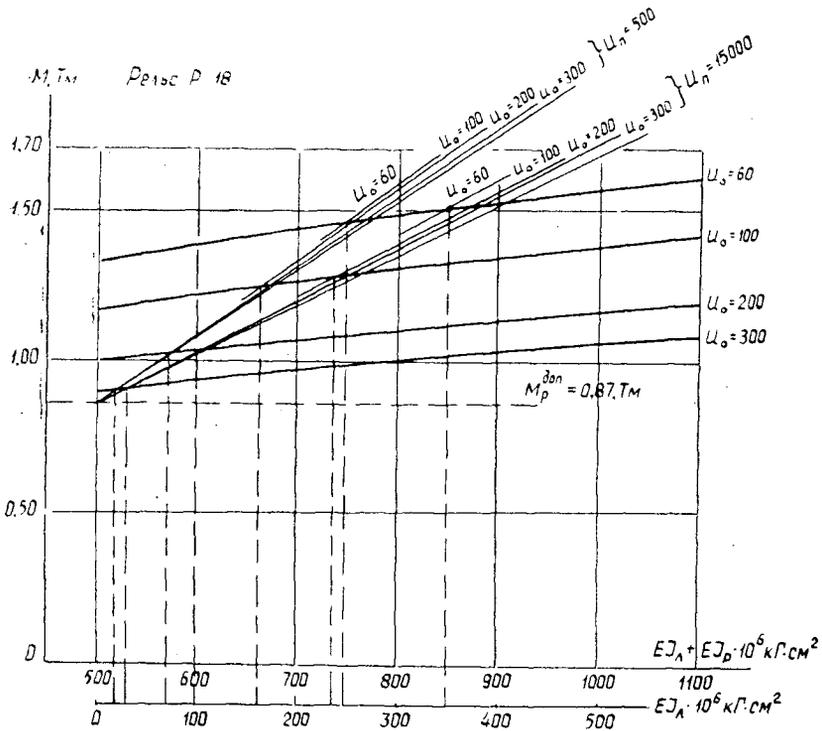


Рис. 2.

$P = 1000 \text{ кг}$ ; 2) зона умеренного увеличения изгибающего момента  $M_0$  с уменьшением  $U_0$  от 150 до  $60 \text{ кг/см}^2$ . В этой зоне  $M_0$  возрастает на  $0,005\text{--}0,0025 \text{ Тм}$  при понижении  $U_0$  на  $10 \text{ кг/см}^2$ ; 3) зона незначительного увеличения  $M_0$  с уменьшением  $U_0$  от 300 до  $150 \text{ кг/см}^2$ . В этой зоне величина  $M_0$  возрастает в среднем на  $0,004 \text{ Тм}$  при понижении  $U_0$  на  $10 \text{ кг/см}^2$ .

Из этого можно сделать заключение, что на узкоколейных путях с железобетонными рамными лежнями нет необходимости применять балласт с модулем упругости подблочного основания  $U_0$  более  $300 \text{ кг/см}^2$ . Особенно осторожно следует подходить к вопросу использования рамных лежней на слабых основаниях с  $U_0$  менее  $40 \text{ кг/см}^2$ , так как даже незначительное уменьшение  $U_0$  резко увеличивает действующий изгибающий момент.

Цель проведенных расчетов — выбрать прочную конструкцию, но прочностью прямо пропорциональна геометрическим размерам, то есть жесткости лежня. С другой стороны, увеличение размеров рамного лежня повышает изгибающий момент  $M_0$ , действующий при одной и той же нагрузке. Оптимальные размеры поперечного сечения (жесткости) лежня находят с помощью графиков зависимости изгибающего момента  $M_0$ , действующего на лежень и рельс, от их суммарной жесткости  $EI_{\text{л}} + EI_{\text{р}}$ . График построен для балластов с модулем упругости подблочного основания  $U_0$ , равным 60, 100, 200 и  $300 \text{ кг/см}^2$  (рис. 2). Вертикальная сила  $P = 7000 \text{ кг}$ .

Из рис. 2 видно, что с уменьшением величины  $EI_{\text{л}} + EI_{\text{р}}$  снижается действующий изгибающий момент. Но суммарную жесткость конструкции лежень + рельс можно уменьшить только путем снижения жесткости рамного лежня  $EI_{\text{л}}$ , так как жесткость рельса данного типа постоянна. Это ведет к увеличению изгибающего момента, действующего на рельс  $M_{\text{р}}$ . Но рельс должен воспринимать изгибающий момент, не превышающий допустимой величины  $M_{\text{р}}^{\text{доп}}$ , определяемой из выражения

$$M_{\text{р}}^{\text{доп}} \leq W_{\text{р}} R_{\text{н}}$$

где  $W_{\text{р}}$  — момент сопротивления рельса изгибу,  $\text{см}^3$ ;

$R_{\text{н}}$  — расчетное сопротивление рельса на изгиб,  $\text{кг/см}^2$ .

Для рельсов типа Р18 допустимый изгибающий момент равняется  $0,87 \text{ Тм}$ , для рельсов типа Р24 он равняется  $1,48 \text{ Тм}$ .

Наша задача состояла в определении таких размеров рамных лежней, при которых суммарный изгибающий момент  $M_0$  был бы минимальным, а  $M_p$  не превышал допустимой величины. Для этого на рис. 2 наносили значения допустимых изгибающих моментов, действующих на лежень и рельс, при разных значениях жесткости рамного лежня, то есть строили графики  $M_0^{\text{доп}} = (EI_L + EI_P)$ . Величину  $M_0^{\text{доп}}$  определяли по формуле

$$M_0^{\text{доп}} = M_p^{\text{доп}} + M_L = M_p^{\text{доп}} \left( 1 + \frac{1}{K_L} \cdot \frac{EI_L}{EI_P} \right),$$

где  $K_L$  — безразмерный коэффициент, учитывающий влияние упругой прокладки на распределение изгибающего момента между лежнем и рельсом; величина его, установленная опытами, равна 1,50—2,20.

Точка пересечения графиков  $M_0^{\text{доп}} = f(EI_L + EI_P)$  и  $M_0 = f(EI_L + EI_P)$  показывает оптимальные значения жесткости рамных лежней.

Таким образом, на балластах с  $U_0 < 60 \text{ кг/см}^2$  целесообразно применять рамные лежни толщиной 8 см с рельсами типа Р24; с рельсами Р18 можно укладывать лежни толщиной 12 см. В этих случаях обеспечены полная трещиностойкость и прочность подрельсового основания. На балластах с  $U_0$  от 60 до 100  $\text{кг/см}^2$  нужно использовать рамные лежни толщиной 10 см с рельсами Р18; рельсы Р 24 можно укладывать с лежнями, размеры которых выбирают не по сопротивлению изгиба, а исходя из конструктивных особенностей крепления рельсов к лежням. На балластах с  $U_0 > 100 \text{ кг/см}^2$  можно укладывать лежни толщиной 8 см с рельсами типа Р18.

УДК 634.0.813

## гН<sub>2</sub> СИСТЕМЫ ВОДА — ДРЕВЕСИНА

О. А. ВАСИЛЬЕВ

(ЛенНИИЛХ)

Задача настоящей работы — определить, в какой мере древесина способна адсорбировать кислород и изменять условия аэрации среды. Этот вопрос интересен с точки зрения объяснения «влажного иммунитета» древесины к дереворазрушающим грибам, на основе которого разрабатываются системы ее хранения [1], [3]. Уровень аэробности субстрата — один из основных факторов развития дереворазрушающих организмов — грибов и бактерий. В большинстве своем грибы — облигатные аэробы, но количественные потребности в кислороде широко варьируют у разных видов. Так, например, для патогенных грибов, поражающих живое дерево, недостаток кислорода в субстрате не препятствует их жизнедеятельности [6]. Насыщение древесины водой в различной мере сдерживает рост базидиальных, многих сумчатых и несовершенных грибов, но при определенных условиях не препятствует развитию грибов так называемый «мягкой гнили» [8] и некоторых бактерий [7]. Очевидно, в данном случае определяющим для развития на древесине тех или иных организмов и степени их активности является фактор аэрации. Способом количественного выражения аэробности среды служит показатель гН<sub>2</sub> — отрицательный логарифм парциального давления газообразного водорода. Мы исследовали динамику этого показателя в системе вода — древесина.

Материалом служила древесина сосны и ели (в форме образцов размером 2 × 2 × 3 см, взятых из заболони и ядра обеих пород) в следующем состоянии: свежесрубленная; обработанная три раза по часу текущим паром; сплавная, зараженная факультативно анаэробными бактериями лектинразлагающей группы [2].

Образцы, стерилизованные с поверхности обжиганием, помещали по 12 шт. в колбы Эрленмейера и заливали 500 мл стерильной воды. Контролем служила стерильная вода в таком же количестве, но без добавления древесины. Повторность по каждому варианту трехкратная. Колбы опыта и контроля термостатировали в течение трех с половиной месяцев при 25—28° С двухнедельными интервалами потенциометрически определяли окислительно-восстановительный потенциал по методике, предложенной И. Л. Работновой [4] для измерений показателя гН<sub>2</sub> в отдельно взятой пробе. Величину гН<sub>2</sub> вычисляли по формуле Кларка

$$r_{H_2} = \frac{Eh}{0,03} + 2pH,$$

где  $Eh$  — окислительно-восстановительный потенциал в вольтах.

Данные опыта представлены графически на рис. 1 и 2. Анализ графиков показывает, что древесина независимо от ее состояния способна поглощать кислород из воды, сдвигая  $r_{H_2}$  в сторону анаэробноза. Как известно, в зоне от 0 до 42,6 показатель  $r_{H_2}$  охватывает все степени насыщения водного раствора водородом и кислородом. Чем ниже  $r_{H_2}$ , тем больше редуцирующая способность раствора или тем ниже степень насыщения его молекулярным кислородом. По характеру кривых рис. 1 и 2 видно, что в момент заливки стерильная вода обеднена молекулярным кислородом в результате нагревания при стерилизации. Затем вода постепенно насыщается кислородом ( $r_{H_2}$  поднимается до 20), после чего система медленно, но неуклонно обедняется молекулярным кислородом.

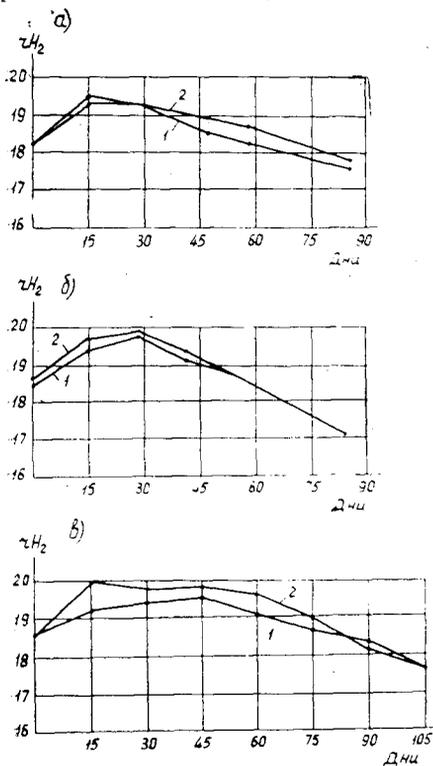


Рис. 1. Изменение  $r_{H_2}$  в системе вода — древесина сосны.

а — свежесрубленная; б — пропаренная; в — сплавная; 1 — заболонь; 2 — ядро.

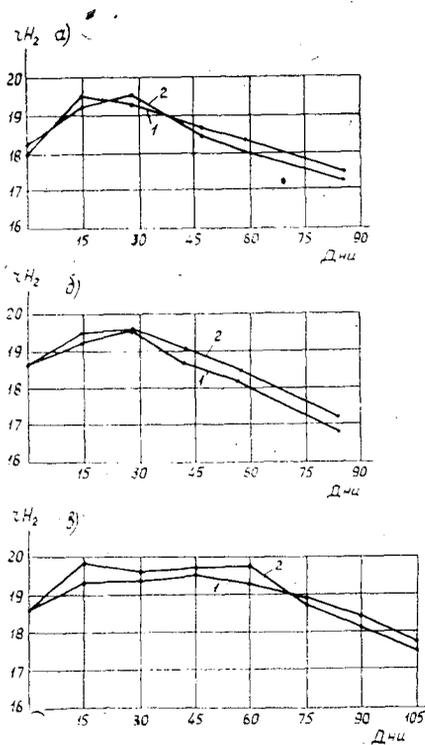


Рис. 2. Изменение  $r_{H_2}$  в системе вода — древесина ели.

а — свежесрубленная; б — пропаренная; в — сплавная; 1 — заболонь; 2 — ядро.

Сравнение графиков показывает, что наиболее интенсивно кислород поглощается древесиной, обработанной паром, наименее активно — сплавной древесиной; свежесрубленная занимает промежуточное положение. В контроле показатель  $r_{H_2}$  воды также вначале был пониженным, но затем увеличился до 20, то есть до равновесного состояния с давлением кислорода в атмосферном воздухе, и в течение остального времени опыта он держался на этом уровне с незначительными колебаниями.

Несмотря на некоторые различия можно отметить общую тенденцию к поглощению древесиной кислорода. Более активное поглощение его пропаренной древесиной объясняется тем, что такая обработка разрыхляет общую структуру древесины и обеспечивает более полный контакт воды с лигнином первичных оболочек, содержащим недоокисленные фенолы, способные к активной адсорбции кислорода [5]. Относительная инертность сплавной древесины связана с предварительным насыщением водой ее внутренних структур и вследствие этого — снижением интенсивности поглощения

кислорода из окружающей среды. Степень поглощения кислорода для древесины как сосны, так и ели оказалась практически одинаковой и изменялась лишь в зависимости от состояния древесины.

### Выводы

Как показывает опыт, древесина обеих пород — настолько активный акцептор молекулярного кислорода, что на ее фоне не удалось отметить влияния ни бактерий, ни живых элементов свежесрубленного материала. Поскольку древесина способна поглощать кислород даже из окружающей ее воды, то внутри ее клеток влага, очевидно, еще более обеднена кислородом, то есть условия еще более близки к анаэробным.

Анаэробизм влажной древесины, обусловленный ее способностью адсорбировать молекулярный кислород из воды, определяет отсутствие условий для жизнедеятельности базидиальных грибов (наиболее активных дереворазрушителей) и может служить одним из объяснений стойкости влажной древесины к грибным поражениям.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. Т. Вакин. Хранение круглого леса. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1964. [2]. О. А. Васильев. Влияние микроорганизмов на погруженную в воду древесину сосны и ели. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1965. [3]. С. Н. Горшин. Дождевание древесины. Гослесбуиздат, М.—Л., 1953. [4]. И. Л. Работнова. Роль физико-химических условий (рН и  $\text{rH}_2$ ) в жизнедеятельности микроорганизмов. Изд. АН СССР, 1957. [5]. F. E. Grauns. Soluble native lignin, milled wood lignin, synthetic lignin and the structure of lignin. *Holzforsch.*, Bd. 5, H. 4, 1962. [6]. V. W. Coghane. *Physiology of fungi*. New-York, 1958. [7]. D. T. Knuth, E. McCoy. Bacterial deterioration of pine logs in pond storage. *Forest Prod. Jr.*, Vol. XII, No. 9, 1962. [8]. E. A. S. Price. The occurrence, importance and prevention of soft rot. *Wood*, Vol. 26, No. 2, 1961.

УДК 674.032.475.4

## ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ КОРНЕВЫХ СИСТЕМ У РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ СОСНЫ

*Pinus silvestris L. subsp. kulundensis* Sukaczew (1934)

### ПРИ ТРЕХЛЕТНЕЙ КУЛЬТУРЕ ИХ В ОДИНАКОВЫХ УСЛОВИЯХ

Г. В. САВИЧ

(Ленинградская лесотехническая академия)

Исследования, проведенные Н. П. Чардымовым (1949), А. И. Ахромейко (1949, 1950), Е. Д. Годневым (1949), И. Н. Рахтеенко (1949, 1961) и др., показали, что глубина и мощность корневых систем зависят от густоты культур и от состава смешения пород. Тем самым было доказано, что воздействием среды можно заставить корневую систему сосны на песках развиваться в глубину. Но на вопрос, будут ли культуры при таком воздействии среды обладать достаточной устойчивостью — ответа еще нет.

Большинство биологов считает, что наследственные признаки и свойства под воздействием среды в течение одного поколения изменяются слабо.

В ленточных борах мы выделили две формы сосны — песчаную и солончаковую (Г. В. Савич, 1969). Предполагая, что особенности корневых систем этих двух форм генетически обусловлены, мы ожидали, что они сохраняются и в потомстве обеих форм при культуре их в одинаковых условиях. Для проверки этого предположения мы посеяли сосну под Ленинградом на песчаной почве. В трехлетнем возрасте сеянцы были выкопаны и взвешены.

В табл. I приведены средние данные, характеризующие разные категории сеянцев сосны.

Из приведенных данных видно, что сосна песчаная резко выделяется по развитию стержневого корня, а солончаковая — по развитию боковых корней. Отсюда следует, что у сеянцев имеется стремление развивать корневую систему по определенному типу: глубокому — у песчаной формы и поверхностному — у солончаковой;

Таблица 1

Характеристика средних данных трехлетних сеянцев сосны разных категорий

статистические показатели	средняя высота сеянцев	средний вес 1 сеянца, г			средняя глубина распространения корней, см	отношение веса стержневого корня к общему весу корней	отношение подземной части к весу надземной	процент корней от общего веса сеянцев
		надземная часть	корни					
			стержневой	боковые				

Из семян ширококромной сосны степных прогалин, сосна солончаковая минусовая

<i>x</i>	35,61	4,7428	0,2799	0,343	25,6	44,7	13,1	11,6
<i>σ</i>	6,334	1,8632	0,11273	0,1486	2,234	—	—	—
<i>m</i>	0,4479	0,13175	0,00797	0,0105	0,15799	—	—	—
<i>v</i>	17,78	39,286	40,275	43,25	8,70	—	—	—
<i>p</i>	1,2576	2,7780	2,8479	3,058	0,615	—	—	—

Из семян сосны, произрастающей на борových песках, сосна песчаная плюсовая

<i>x</i>	32,48	3,3473	0,3764	0,154	31,44	71,0	15,8	13,5
<i>σ</i>	2,578	0,6577	0,0876	0,0613	2,76	—	—	—
<i>m</i>	0,2578	0,06577	0,00876	0,00613	0,25611	—	—	—
<i>v</i>	7,93	19,650	23,27	39,840	8,782	—	—	—
<i>p</i>	0,79	1,9650	2,327	3,984	0,878	—	—	—

Из семян, взятых с деревьев 10-летнего возраста хорошего роста в культурах, сосна производная от солончаковой формы

<i>x</i>	30,32	1,9658	0,163	0,1393	25,35	53,9	15,6	13,5
<i>σ</i>	3,499	0,51	0,0360	0,0772	2,4136	—	—	—
<i>m</i>	0,3499	0,051	0,0036	0,00772	0,2413	—	—	—
<i>v</i>	11,54	26,01	22,097	55,40	9,5212	—	—	—
<i>p</i>	1,154	2,61	2,2097	5,54	0,9521	—	—	—

даже у сеянцев, производных от солончаковой формы сосны, этот тип развития корневой системы, в основном, сохраняется. Кроме того, у сосны солончаковой развитие надземной части находится в резком несоответствии с развитием стержневого корня, что, безусловно, сказывается на устойчивости сосны в культурах на борových песках. Так, на 1 см длины стержневого корня сосны солончаковой приходится в среднем 0,185 г надземной части, тогда как у сосны песчаной 0,106 г, или на 43% меньше.

Таким образом, даже под Ленинградом определенные формы сосны ленточных боров Прииртышья сохраняют наследственно закрепленные свойства.

## НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

### СЕМИНАР ПО ТАКСАЦИИ МОЛОДЫХ ЛЕСОВ

На огромных площадях Европейского Севера, Урала, Сибири и других районов страны формируются молодые леса естественного и искусственного происхождения. В соответствии с задачами, поставленными Партией и Правительством перед лесным хозяйством, молодняки так же, как и спелые насаждения, необходимо оценивать достоверными количественными и качественными показателями. Между тем современные знания по учету и таксации молодых лесов явно недостаточны, а имеющиеся в печати предложения во многих случаях противоречивы и несут дискуссионный характер. Несмотря на все возрастающий интерес к молоднякам, до сих пор нет согласованной методики их исследования, остается узким круг изучаемых вопросов, отсутствует координация и планирование в работе. Стала очевидной необходимость обмена мнениями между специалистами, занимающимися молодняками.

В этом отношении очень полезную инициативу проявил Казахский научно-исследовательский институт лесного хозяйства, организовавший 19—21 ноября 1969 г. научно-методический семинар по таксации молодых лесов. Было заслушано 14 докладов специалистов лесной таксации, работающих в различных лесорастительных зонах страны. Большой интерес вызвали доклады ученых КазНИИЛХа — доц., канд. сель-

скохозяйственных наук Н. Т. Смирнова «Основные закономерности строения и особенности таксации молодняков» и канд. сельскохозяйственных наук А. А. Макаренко «Об оценке дифференциации деревьев в лесу». В них, а также в других докладах и сообщениях убедительно показаны закономерности строения и роста молодняков и необходимость применения особых методов и приемов их таксации.

По мнению участников семинара, важнейшими задачами в области таксации молодых лесов являются: глубокое и разностороннее изучение особенностей их строения и роста как теоретической базы для разработки практических рекомендаций и методики определения основных таксационных показателей в молодняках и составления различных таксационных таблиц; изучение изменений таксационных показателей под влиянием хозяйственной деятельности человека.

В единодушно принятой резолюции отмечена полезность обмена мнениями и опытом работы и высказана мысль о целесообразности проведения в 1971 г. Всесоюзного совещания по таксации молодняков с целью обеспечения координации и повышения результативности научных исследований.

**Л. Ф. Ипатов.**

(Архангельский лесотехнический институт)

## ЮБИЛЕИ

### ЮБИЛЕИ ДОКТОРА ХИМИЧЕСКИХ НАУК М. И. ЧУДАКОВА

Крупному советскому ученому в области химии лигнина — начальнику лаборатории Всесоюзного научно-исследовательского института гидролиза растительных материалов, доктору химических наук Михаилу Ильичу Чудакову, труды которого широко известны в нашей стране и за рубежом, исполнилось 60 лет.

Исследования М. И. Чудакова направлены на решение важнейшей народно-хозяйственной проблемы — рационального использования технического гидролизного лигнина. В 1948 г. Михаил Ильич успешно защитил кандидатскую диссертацию на тему «Исследование реакции фенола с лигнином кедр корейского», а в 1966 г. — докторскую «Исследование процессов конденсации и окислительно-гидролитического расщепления гидролизного лигнина».

М. И. Чудаков руководит исследованиями структуры и свойств технического лигнина, разработкой технологии получения из лигнина биологически активных ве-

ществ — стимуляторов роста растений, а также работами по окислительной деструкции лигнина с целью выделения субстратов для производства кормовых белков.

Перу М. И. Чудакова принадлежит около 80 печатных работ, которые пользуются широкой известностью. Большой заслугой М. И. Чудакова является монография по промышленному использованию лигнина, а также перевод и редактирование монографии Браунсов «Химия лигнина».

Активная деятельность М. И. Чудакова в качестве члена президиума Научного Совета по проблеме «Химия древесины и ее основных компонентов» способствовала превращению Совета в ведущий орган по исследованиям химии древесины в Советском Союзе. М. И. Чудаков оказывает большую помощь коллегам, аспирантам и исследателям. Многосторонняя и плодотворная деятельность снискала ему признательность и уважение.

Пожелаем дорогому юбиляру долгих лет жизни, дальнейшей плодотворной работы и творческих успехов на благо нашей великой Родины.

**Б. Д. Богомолов.**

(Проблемная лаборатория АЛТИ).

## СЕРАФИМ СТЕПАНОВИЧ ШАНИН

Исполнилось 60 лет со дня рождения и 40 лет научно-педагогической и производственной деятельности Серафима Степановича Шанина — видного ученого в области лесного хозяйства.

С. С. Шанин родился 31 июля 1909 г. в семье служащего в селе Ново-Юрьеве, бывшего Козловского уезда Тамбовской губернии. После окончания школы в 1926 г. он поступил в Воронежский сельскохозяйственный институт на факультет лесного хозяйства. Еще будучи студентом, С. С. Шанин проявил склонность к научно-исследовательской работе. Под руководством акад. Б. А. Келлера он занимался вопросами искусственного и естественного возобновления дуба. В 1930 г. С. С. Шанин успешно окончил институт и, получив звание ученого лесоведа, работал в лесоэкономической экспедиции в г. Новосибирске, затем в Иркутской лесоустроительной конторе, а позднее в Институте кедров в г. Красноярске. В 1933 г. С. С. Шанин перешел на производственную работу, выполнял обязанности заведующего сектором лесного хозяйства в г. Кунгуре, а возвратившись в Красноярск, заведовал лесным питомником, работал техническим руководителем райлесхоза и, наконец, начальником лесоустроительной партии.

С 1938 г. С. С. Шанин работает в Сибирском лесотехническом (ныне технологическом) институте на кафедре лесной таксации и лесоустройства. Отдавая все силы и знания полюбившемуся делу — подготовке инженеров лесного хозяйства, он одновременно ведет большие научные исследования, охватывающие широкий круг вопросов, связанных с изучением природы сибирских лесов. Эти работы послужили основой кандидатской диссертации, которую он защитил в 1947 г.

Большим вкладом в лесную науку явились результаты изучения закономерностей строения сосновых и лиственничных лесов Сибири, которые нашли отражение в докторской диссертации С. С. Шанина. Перу С. С. Шанина принадлежит более 40 печатных работ и большое количество научных отчетов, проектов.

Сейчас доктор сельскохозяйственных наук, профессор С. С. Шанин заведует кафедрой лесной таксации и лесоустройства в Сибирском технологическом институте. Он прекрасный педагог. Его лекции содержательны и с большим интересом воспринимаются слушателями. При непосредственном участии С. С. Шанина подготовлено несколько тысяч инженеров лесного хозяйства (восемь из них стали докторами наук, около ста — кандидатами).

Научную и педагогическую деятельность Серафим Степанович сочетает с активной работой и пользуется заслуженным уважением и любовью своих коллег и студенчества. Партия и Правительство высоко оценили заслуги С. С. Шанина, наградив его орденом Трудового Красного Знамени и несколькими медалями.

Серафим Степанович находится в расцвете творческих сил. Пожелаем юбиляру новых успехов в его благородном деле!

**В. В. Попов, В. В. Протопопов, Э. Н. Фалалеев,  
Л. А. Марцинковский, В. В. Голиков, М. П. Гофман,  
В. С. Поляков, В. М. Воробьева, А. А. Попов и др.**

(Сибирский технологический институт).

## СОДЕРЖАНИЕ

- Е. С. Романов. Технический прогресс и подготовка инженеров . . . . . 3

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

- Б. Д. Жилкин, И. П. Шипова. Влияние биологической мелнорации на повышение смолопродуктивности спелых и средневозрастных насаждений сосны обыкновенной в БССР . . . . . 5
- Н. Н. Гром, Г. А. Харитонов. Влияние различных методов ухода за культурами дуба черешчатого в западных областях УССР . . . . . 8
- М. Д. Евдокименко. Влияние густоты модальных сосновых древостоев на товарную структуру отпада . . . . . 12
- Н. И. Ониськив, Я. М. Яцив. Эффективный способ создания предварительных лесных культур . . . . . 16
- В. В. Ильинский. О корневых системах сосны в насаждениях различных классов бонитета . . . . . 20
- Ц. М. Хашес. Физиолого-биохимические изменения в семенах клена татарского и липы мелколистной при стратификации . . . . . 24
- П. А. Суворов. Девевоуничтожающая способность дубовой губки (*Daedalea quercina* Fr.) . . . . . 27
- В. Ф. Кузьяев, В. С. Лаздан. Об испытаниях машины «Дятел-1» . . . . . 30

## ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

- М. М. Корунев, Ф. И. Кузнецов. К обоснованию годового грузооборота для автомобильных лесовозных дорог . . . . . 33
- Г. А. Манухин, В. Я. Харитонов, В. Г. Таскаев. К вопросу о расчете береговых анкерных опор . . . . . 38
- Б. И. Кувалдин. Расчет узкоколейного рельсового пути с учетом дополнительных силовых факторов . . . . . 42
- С. А. Ворухайлов. Определение давления гусениц на грунт при повороте трактора . . . . . 51
- С. И. Морозов. О возможности выброса бесстыкового пути при его подъеме . . . . . 56
- П. Ф. Марченко. К вопросу об использовании алюмосиликатного катализатора при газификации древесины . . . . . 62

## МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

- М. С. Мовнин, Ю. Д. Перевязкин. Влияние материала вальца на скорость подачи древесины . . . . . 66
- А. Д. Манасевич. Исследование внутреннего трения в древесине . . . . . 70
- А. С. Симонов. Сопrotивляемость древесины резанию на станках роторного типа . . . . . 73
- Л. Е. Чивиксин. К расчету процесса выборки гнили из поленьев продольным фрезерованием . . . . . 77
- Б. П. Ерыхов, Н. Л. Перфильева. Исследование реологических свойств древесины в динамическом режиме нагружения . . . . . 82
- И. М. Заяц. Выбор оптимальных скоростей резания и подачи при шлифовании древесины хвойных пород абразивными кругами . . . . . 87
- В. И. Чуприн. Коэффициент трения при резании древесины сосны и дуба . . . . . 91
- В. Ф. Чесноков, М. П. Гореньков. Исследование влияния влажности и ультрафиолетового излучения на свойства лаковых пленок . . . . . 93

## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

- В. И. Шарков, Е. Г. Зайонц. Влияние предварительного размола в воде на реакционную способность целлюлозы к ацетилированию . . . . . 96
- Г. С. Михайлов, Р. М. Лившиц. Исследование привитой сополимеризации на древесной массе. Роль древесных компонентов в реакции прививки ПММА на березовую дефибраторную древесную массу . . . . . 99
- И. М. Боховкин, Б. К. Семенов. Физико-химическое исследование взаимодействия фурфурола с двухатомными фенолами . . . . . 103
- Л. Е. Аким, Т. С. Брюзгина. Влияние предварительного гидролиза на качественные показатели небеленой сульфатной целлюлозы из тополевой древесины . . . . . 106
- Г. Ф. Потуткин, Г. Л. Дранишников. Изменения древесины при температуре 180°C в условиях прессования древесностружечных плит . . . . . 110
- Г. Ф. Прокшин, Л. Ф. Тушина. Исследование поглощения кислорода техническими лигнинами в растворе щелочи . . . . . 113

**КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ  
И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ**

А. А. Смирнов. Математическое описание газовой барабанной сушилки как объекта автоматического регулирования температуры агента сушки . . .	118
Ю. А. Варфоломеев. О расчете пневматических цилиндров одностороннего действия . . . . .	122

**ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА**

С. А. Красавин. Экономическая эффективность работы и фондоотдача лесовозных дорог . . . . .	128
И. Е. Курис. Резервы повышения производительности лесовозных машин . . .	132
Ф. П. Попов. Использование ЭЦВМ для расчета оптимального количества оборотных агрегатов . . . . .	136

**КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ**

В. И. Рубцов. О росте и качестве семенной и порослевой ольхи черной в крапивном типе леса . . . . .	141
В. П. Левченко. Строение древесины завитков сосны . . . . .	142
Е. Д. Солодухин. К вопросу о ведении хозяйства в разновозрастных лесах . .	144
А. А. Калинин. Экзоты Дальнего Востока на Украине — ценный материал для озеленения . . . . .	145
П. М. Ермоленко. Сроки опадения семян сосны в Восточном Саяне . . . . .	146
С. А. Дырленков. Итоги средневропейских опытов с удобрением еловых древостоев . . . . .	147
Е. С. Зархина. Размеры древесных волокон тополей в Амурской области . . .	149
А. М. Бойченко. О методических особенностях определения возраста у подраста хвойных, растущих в северной тайге . . . . .	151
И. С. Матюк. Лесоводственно-таксационные показатели насаждений с высокими ландшафтными достоинствами . . . . .	152
М. Ф. Мойко. Особенности роста клена остролиственного и липы, которые следует учитывать при создании ценных кленовых и кленово-липовых свежих дубрав . . . . .	154
Н. М. Набагов. Смыкание сосны в культурах, созданных посевом и посадкой . .	156
Л. В. Бицин. Продуктивность и современное состояние семенных дубрав Северного Кавказа и Крыма . . . . .	158
Ю. И. Бурчевский. Эскиз таблиц хода роста сомкнутых смешанных осино-вых молодняков . . . . .	160
А. М. Краснитский. Лесохозяйственное значение зимней облиственности дуба черешчатого . . . . .	161
И. И. Гуцин. Особенности возникновения и распространения сердцевинной гнили в стволах осины . . . . .	163
В. Е. Карышев. О комплексной снегозащите дорог . . . . .	165
Ю. В. Лебедев. Некоторые вопросы исследования железобетонных рамных лежней для узкоколейных дорог . . . . .	167
О. А. Васильев. гН <sub>2</sub> системы вода — древесина . . . . .	170
Г. В. Савич. Особенности развития корневых систем у различных форм сосны <i>Pinus silvestris</i> L. subsp. <i>kulundensis</i> Sukaczew (1934) при трехлетней культуре их в одинаковых условиях . . . . .	172

**НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ**

Л. Ф. Ипатов. Семинар по таксации молодых лесов . . . . .	174
---	-----

**ЮБИЛЕИ**

Б. Д. Богомолов. Юбилей доктора химических наук М. И. Чудакова . . . . .	174
В. В. Попов и др. Серафим Степанович Шанин . . . . .	175

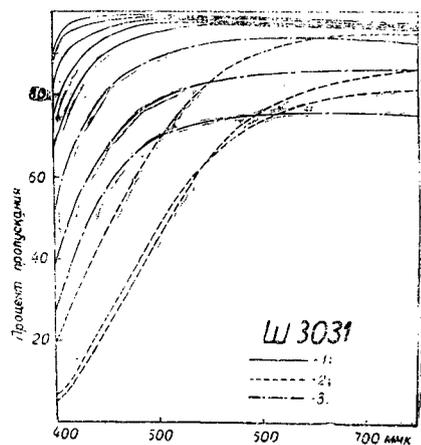


Рис. 1.

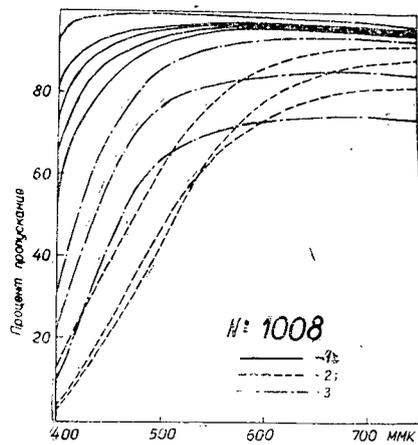


Рис. 2.

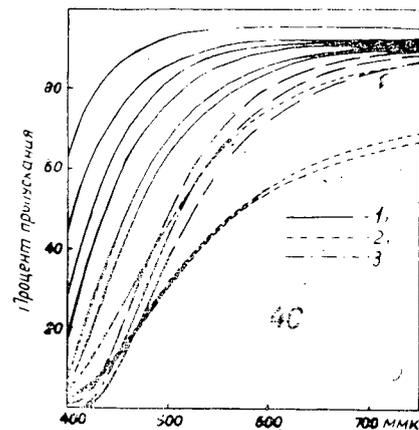


Рис. 3.

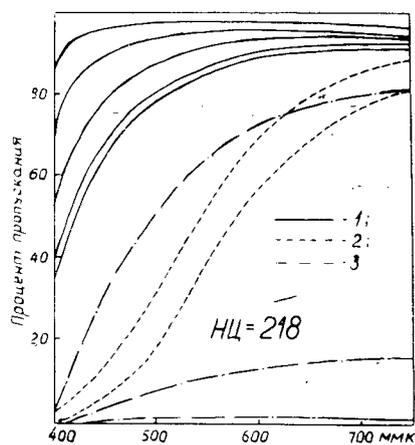


Рис. 4.

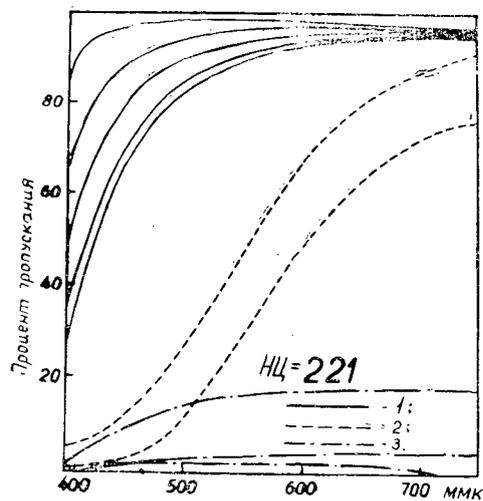


Рис. 5.

Рис. 1—5. 1 — изменения в спектрах лаков в зависимости от толщины слоя; 2 — в зависимости от ультрафиолетового излучения; 3 — в зависимости от степени влажности атмосферы

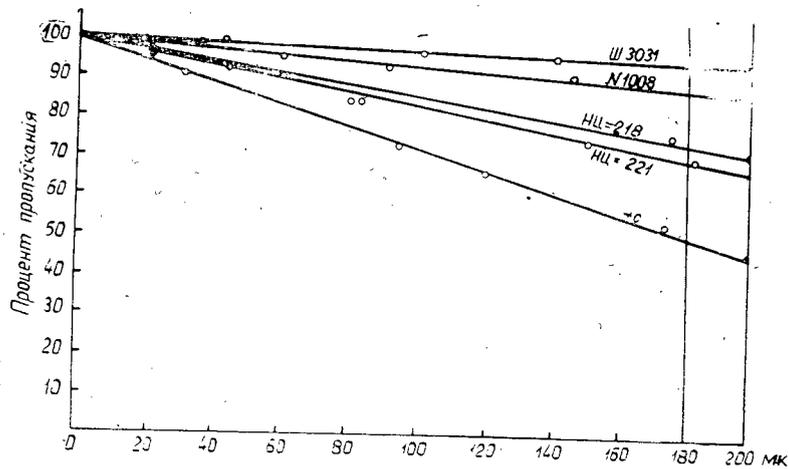


Рис. 6.

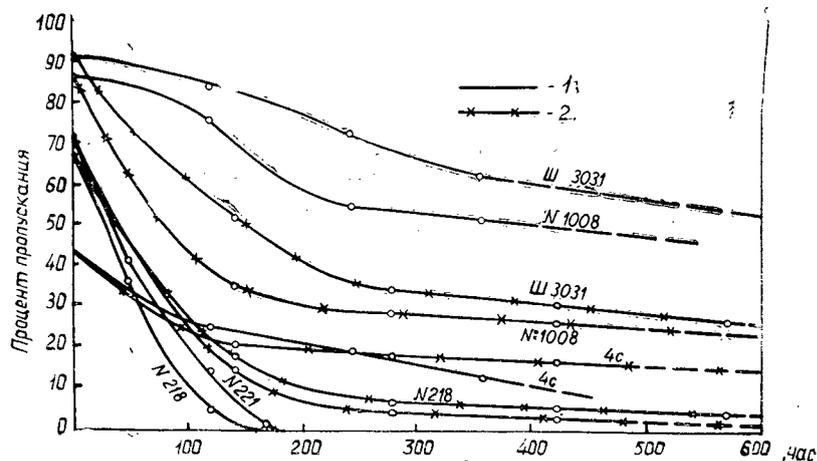


Рис. 7.

1 — влияние влажности; 2 — действие ультрафиолетового излучения.

Таблица 1

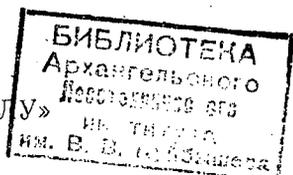
Породы	Характер роста	Форма кроны	Окраска листьев			Сроки цветения	Окраска		Почвы			Районы использования	Для каких типов зеленых насаждений порода пригодна
			весной	летом	осенью		цветов	плодов	по механическому составу	по богатству	по влажности		
Хвойные породы													
<i>Picea ajanensis</i> Fisch. . . . .	Д <sub>1</sub>	Широкая пирамидальная	Светло-зеленая	Зеленая	Зеленая	—	—	—	Суглинки	Средние	Свежие	I—IV	Аллеи, одиночно группы
<i>Larix dahurica</i> Turcz. . . . .	Д <sub>1</sub>	Узкая яйцевидная	Светло-зеленая	Ярко-зеленая	Светло-желтая	—	—	—	Супеси	Бедные	Заболоченные	I—IV	"
<i>Microbiota decusata</i> Kom. . . . .	К <sub>м</sub>	Распростертая, стелющаяся	Зеленая	Зеленая	Зеленая	—	—	Красная	Каменистые	"	Свежие	I—V, VIIб	Декорирование каменистых россыпей, группы
<i>Taxus cuspidata</i> Carr. . . . .	Д <sub>2</sub>	Узкая яйцевидная	Темно-зеленая	Темно-зеленая	Темно-зеленая	—	—	"	Суглинки	Богатые	"	I—V, VIIб	Группы, одиночно, живая изгородь
Лиственные, красиво цветущие породы													
<i>Berberis amurensis</i> Maxim. . . . .	К <sub>ср</sub>	Раскидистая	Ярко-зеленая	Матово-зеленая	Темно-зеленая	V	Желтая	Ярко-красная	Каменистые суглинки	Бедные, средние	"	I—VII	"
<i>Weigela florida</i> A. D. C. . . . .	К <sub>ср</sub>	Удлиненная	Светло-зеленая	Зеленая	Зеленая	VII—VIII	Розовая	—	Каменистые	Средние	"	I—V	Группы, одиночно, опушки
<i>Dasifora fruticosa</i> (Pall.) Rehd. . . . .	К <sub>м</sub>	Шарообразная	Желто-зеленая	"	"	V—VII	Желтая	—	Различные	"	"	I—VII	"
<i>Lonicera Maackii</i> Rupr. . . . .	К <sub>ср</sub>	"	Светло-зеленая	"	"	V	Белая	Темно-красная	Суглинки	"	"	I—VII	"
<i>Viburnum sargentii</i> Koehne. . . . .	К <sub>ср</sub>	Шарообразная, яйцевидная	"	"	Темно-зеленая	V—VII	"	Красная	Суглинки, супеси	"	"	I—IV	"
<i>Tilia manashurica</i> Rupr. et Maxim. . . . .	Д <sub>2</sub>	Шарообразная	"	"	Желто-зеленая	VII	Лимонно-желтая	—	Супеси, суглинки	"	"	I—V	Аллеи, группы, одиночно
<i>Rosa rugosa</i> Thunb. . . . .	К <sub>ср</sub>	Широкая округлая	"	Темно-зеленая	Красно-бурая	VI—IX	Темно-пурпурная	Ярко-красная	Различные	Бедные	"	II—VII	Группы, одиночно, живая изгородь
<i>Syringa amurensis</i> Rupr. . . . .	К <sub>б</sub>	Яйцевидная	"	Зеленая	Бурая, зеленая	VI—VII	Белая	—	"	Средние	"	I—V	Группы, одиночно, опушки
<i>Spiraea betulifolia</i> Pall. . . . .	К <sub>м</sub>	Шарообразная	"	Темно-зеленая	Темно-зеленая	VI—VIII	Белая, розовая	—	Суглинки	"	"	I—V	Живая изгородь, группы, одиночно
<i>Spiraea beauverdlana</i> C. K. Schn. . . . .	К <sub>м</sub>	Густая	"	Зеленая бархатная	Зеленая бархатная	VI—VII	Белая	—	Различные	"	Свежие, влажные	I—V	Бордюры, одиночно, группы
<i>Philadelphus schrenkii</i> Rupr. et Maxim. . . . .	К <sub>ср</sub>	Удлиненная	"	Зеленая	Зеленая	V—VI	"	—	Каменистые супеси	"	Свежие	I—VII	Группы, одиночно, опушки
<i>Malus manshurica</i> (Maxim.) Kom. . . . .	Д <sub>4</sub>	Округлая	"	"	Темно-зеленая	V	"	Красная, желтая	Супеси	"	"	I—V	Группы, одиночно
<i>Magnolia obovata</i> Thunb. . . . .	Д <sub>4</sub>	Широкая пирамидальная	"	"	Зеленая	V—VI	Кремовая, белая	Ярко-красная	Суглинки	Богатые	Влажные	I—III	Аллеи, одиночно, группы
Лианы													
<i>Actinidia kolomicta</i> Maxim. . . . .	Л <sub>б</sub>	Вьющаяся	Бронзовая, зеленая	Зеленая	Пурпурная, бурая	V—VI	Белая	Зеленая	Различные	Средние	Свежие	I—V	Вертикальное озеленение
<i>Actinidia arguta</i> (Stieb. et Zucc.) (Planch.) . . . . .	Л <sub>б</sub>	"	Светло-зеленая	"	Зеленая	V—VI	Зеленая, белая	Темно-зеленая	"	"	"	III—IV	"
<i>Celastrus orbiculata</i> Thunb. . . . .	Л <sub>б</sub>	"	"	"	"	VI—VII	Зеленая	Ярко-желтая	Каменистые, песчаные	"	"	I—VII	"
<i>Vitis amurensis</i> Rupr. . . . .	Л <sub>б</sub>	"	"	Темно-зеленая	Красная, желтая, фиолетовая	V—VI	Желтая	Синяя	Суглинки	Богатые	"	I—VII	"
<i>Schizandra chinensis</i> (Turcz.) Baill. . . . .	Л <sub>б</sub>	"	"	Желто-зеленая	Лимонно-желтая	V	Белая	Красная	Различные	Бедные	"	I—V	"
Другие декоративные породы													
<i>Aralia mandshurica</i> Rupr. et Maxim. . . . .	Д <sub>3</sub>	Шатровая	Светло-зеленая	Светло-зеленая	Светло-желтая, бурая	—	Белая	Черная	Суглинки	Средние	Свежие	I—III, IVa	Группы, одиночно, живая изгородь
<i>Phellodendron amurese</i> Rupr. . . . .	Д <sub>1-2</sub>	"	"	Темно-зеленая	Желто-коричневая	—	—	"	"	Богатые	"	II—V	Группы, одиночно
<i>Betula dahurica</i> Pall. . . . .	Д <sub>1-2</sub>	Коническая	"	"	Темно-зеленая	—	—	—	"	Средние	Свежие, сухие	I—V	"
<i>Betula costata</i> Trautv. . . . .	Д <sub>1</sub>	"	"	"	"	—	—	—	"	Богатые	Влажные	I—IV	"
<i>Acer Ginnala</i> Maxim. . . . .	Д <sub>4</sub>	Широкая яйцевидная	Зеленая, красная	"	Красная, желтая	—	—	Фиолетовая, красная	"	Средние	Свежие	I—VII	Группы, одиночно, подлесок
<i>Kalopanax septemlobum</i> (Thunb.) Koidz. . . . .	Д <sub>1</sub>	Коническая	Светло-зеленая	Светло-зеленая	Лимонно-зеленая	VII	—	Черная	Каменистые	"	"	I—IV	Группы, одиночно, аллеи
<i>Juglans manshurica</i> Maxim. . . . .	Д <sub>1-2</sub>	Шатровая	Серая, зеленая	Зеленая	Бурая, желтая	V	—	Зеленая желтая	Суглинки, супеси	Богатые	"	I—VII	"
<i>Padus Maackii</i> (Rupr.) Kom. . . . .	Д <sub>2-3</sub>	Широкая яйцевидная	Светло-зеленая	Темно-зеленая	Желтая, зеленая	V—VI	Белая	Черная	Суглинки	Средние	"	I—V	"

Таблица 1

Возраст, лет	Ярус							Элементы леса											Отпад							
	состав		H	ΣG	число стволов, тыс. шт.		M	порода	возраст, лет	h	d	число стволов, тыс. шт.		Σg	f	M	приросты		порода	число стволов пересчетного размера, тыс. шт.	запас	сумма запаса				
	по запасу	по числу стволов			пересчетного размера	общее						пересчетного размера	общее				средний	средний периодический								
<b>Кисличник</b>																										
5	9,6Ос	9,0Ос	2,9	9,89	41,5	46,8	24,2	Ос	5	2,9	1,8	37,4	40,3	9,51	0,845	23,3	4,67	—	Ос	9,2	2,9	—				
	0,2Б	0,5Б						Б	4	1,7	0,8	2,1	3,9	0,11	1,059	0,2	0,05	Ол					0,3	0,1	—	
	0,2Ол	0,5Ол						Е	6	2,5	1,3	2,0	2,2	0,28	1,020	0,7	0,12	—					—	—		
10	9,4Ос	8,8Ос	4,9	16,00	32,0	38,0	51,7	Ос	10	4,9	2,6	28,2	28,2	15,00	0,661	48,5	48,5	5,04	Ос	12,3	4,8	7,7				
	0,3Б	0,7Б						Б	9	3,5	1,8	2,1	6,1	0,53	0,866	1,6	0,18	Ол					0,7	0,1	—	
	0,3Ол	0,5Ол						Ол	11	4,5	1,9	1,7	2,2	0,47	0,755	1,6	0,15	Е					—	—	—	
15	8,8Ос	7,5Ос	6,8	19,59	21,2	25,3	79,2	Ос	15	7,0	3,7	15,9	15,9	17,08	0,583	69,7	4,65	4,24	Ос	8,4	7,7	15,4				
	0,6Б	1,5Б						Б	13	4,5	2,2	3,3	6,1	1,26	0,827	4,7	0,36	Ол					0,7	0,1	0,2	
	0,5Ол	0,5Ол						Ол	17	6,7	3,5	1,0	1,6	0,92	0,646	4,0	0,24	Е					—	—	—	
20	7,6Ос	5,6Ос	8,7	22,08	13,4	14,5	106,7	Ос	20	9,0	5,3	7,5	7,5	16,62	0,542	81,1	4,05	2,48	Ос	0,2	0,2	0,4				
	0,7Б	2,7Б						Б	17	5,1	2,5	3,7	4,1	1,81	0,814	7,5	0,44	Ол					—	—	—	
	1,5Ол	0,6Ол						Ол	22	9,6	6,7	0,8	1,0	2,89	0,577	16,0	0,73	Е					—	—	—	
20	0,2Е	1,1Е						Е	22	3,0	2,6	1,4	1,9	0,76	0,923	2,1	0,09	0,26								
	<b>Черничник</b>																									
	5	10Ос	10Ос	2,2	6,30	66,3	92,5	13,6	Ос	5	2,2	1,1	66,3	80,3	6,30	0,982	13,6	2,72	—	Ос	32,7	5,4	—			
			Б						—	—	—	—	10,0	—	—	—	—	—	—					—	—	—
			Ив						—	—	—	—	—	1,2	—	—	—	—	—					—	—	—
10	9,2Ос	7,6Ос	3,7	12,70	44,4	56,1	36,1	Ос	10	3,8	2,1	33,6	36,1	11,65	0,750	33,2	3,32	3,92	Ос	13,4	2,9	8,3				
	0,7Б	2,2Б						Б	8	2,8	1,1	9,6	17,1	0,91	0,982	2,5	0,31	—					—	—		
	0,1Ив	0,2Ив						Ив	10	2,8	1,2	1,2	1,7	0,14	1,043	0,4	0,04	—					—	—		
15	8,1Ос	4,7Ос	5,1	16,95	37,9	46,1	58,6	Ос	15	5,4	2,9	20,2	20,4	13,38	0,657	47,5	3,17	2,86	Ос	7,8	2,2	10,5				
	1,36Б	4,6Б						Б	12	3,7	1,5	13,9	21,5	2,45	0,838	7,6	0,63	1,02					—			
	0,4Ив	0,4Ив						Ив	15	4,5	2,3	1,6	1,7	0,68	0,751	2,3	0,15	0,38					—			
20	0,2Е	0,3Е						Е	18	2,8	2,3	1,0	2,5	0,44	0,975	1,2	0,07	—								
	7,0Ос	4,2Ос	6,4	20,45	27,4	35,9	81,1	Ос	20	7,0	3,7	12,4	12,4	13,36	0,607	56,8	2,84	1,86	Ос	2,5	—	—				
	2,0Б	4,3Б						Б	17	4,5	2,3	11,4	19,1	4,75	0,758	16,2	0,95	1,72					—			
0,7Ив	0,8Ив	Ив						20	6,4	3,5	1,5	1,7	1,46	0,609	5,7	0,23	0,68	—								
20	0,3Е	0,7Е						Е	22	2,8	2,3	2,1	2,7	0,88	0,975	2,4	0,12	0,24								

# УКАЗАТЕЛЬ К «ЛЕСНОМУ ЖУРНАЛУ»

за 1969 год



## ПЕРЕДОВЫЕ

- Войчал П. И.** К дальнейшему прогрессу лесохозяйственной науки 3—3.
- Войчал П. И., Романов Е. С.** За новый подъем индустрии леса 5—3.
- Коперин Ф. И.** Основные направления развития лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности 1—5.
- Романов Е. С.** Достижения науки — народному хозяйству 1—3.
- Романов Е. С.** см. Войчал П. И. 5—3.
- Романов Е. С.** Технический прогресс и подготовка инженеров 6—3.

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

- Алексеев В. А.** О микроклимате в осинниках 4—7.
- Альбицкая М. А., Маймур Л. С.** Засеменность почвы пойменных лесов Среднего Днепра 1—37.
- Ахмеров А. М.** Рост хвой сосны в течение вегетационного периода 1—30.
- Блинцов И. К.** Почвенно-грунтовые условия произрастания Новогрудских елово-грабовых дубрав 3—22.
- Букзеева О. Н.** Физиологическое состояние деревьев сосны, поврежденных и не поврежденных точечной смолевкой 5—25.
- Васильев М. Е.** Роль защитных лесонасаждений в повышении плодородия полей 5—18.
- Вихров В. Е., Федоров Н. И., Кочановский С. Б., Мельников Е. Г.** Типы гнилей ствола осины и их характеристика 2—11.
- Волков Ф. И., Иерусалимов Е. Н.** Объективный метод определения фазы полного листопада дуба черешчатого 5—27.
- Вялых Н. И.** Выживаемость и рост подрастающей ели на концентрированных вырубках Архангельской области 3—16.
- Гаврилов Б. И.** Об устойчивости сосновых насаждений против снеголома и ожеледи 2—17.
- Гаврилов Б. И.** Лесные плантации быстрого прироста 4—14.
- Генцирук С. А., Туркевич Н. В.** Современное состояние лесного фонда Украинской ССР и возможный объем рубок главного пользования 3—26.
- Грбовский Г. П.** см. Левин В. И. 2—29.
- Григорьев В. П.** см. Жилкин Б. Д. 3—5.
- Гром Н. Н., Харитонов Г. А.** Влияние различных методов ухода за культурами дуба черешчатого в западных областях УССР 6—8.

- Давыдов А. В., Кравченко В. И.** Продуктивность и естественный отпад ельников 1—20.
- Данилов М. Д.** Зависимость всхожести желудей от их размеров и формовых особенностей\* 1—10.
- Дыренков С. А.** О структуре древостоев девственных ельников на востоке европейской части среднетаежной подзоны 1—43.
- Евдокименко М. Д.** Влияние густоты модальных сосновых древостоев на товарную структуру отпада 6—12.
- Жилкин Б. Д., Григорьев В. П., Рожков Л. Н.** Опыт улучшения роста ельника дубово-смышьевого культуры люпина 3—5.
- Жилкин Б. Д., Шипова И. П.** Влияние биологической мелиорации на повышение смолопродуктивности спелых и средневозрастных насаждений сосны обыкновенной в БССР 6—5.
- Золотов Л. А.** см. Положенцев П. А. 4—3.
- Иванюта В. М.** Биометрический метод учета и оценки естественного возобновления леса 2—15.
- Иерусалимов Е. Н.** см. Волков Ф. И. 5—27.
- Изотов В. Ф.** О режиме поступления солнечной радиации под полог древостоя 4—20.
- Ильинский В. В.** О корневых системах сосны в насаждениях различных классов бонитета 6—20.
- Картелев В. Г.** Стандартизация посадочного материала сосны обыкновенной на принципиально новой основе 5—22.
- Коваленко А. И.** Почвозащитные свойства дубовых насаждений, произрастающих на черноземах Черного Леса 2—25.
- Косиченко Н. Е.** К вопросу о годичной слоистости луба древесных пород 1—33.
- Кочановский С. Б.** см. Вихров В. Е. 2—11.
- Кравченко В. И.** см. Давыдов А. В. 1—20.
- Курзин Н. И.** Новый простой метод составления таблиц объемов 4—23.
- Куприянов Н. В.** Опыт выращивания лиственницы в культуре в Горьковской области 1—39.
- Кушляев В. Ф., Лаздан В. С.** Об испытаниях машины «Дятел-1» 6—30.
- Лаздан В. С.** см. Кушляев В. Ф. 6—30.

- Левин В. И., Грабовский Г. П.** К вопросу о методах таксации лесосек в лесоизбыточных районах 2—29.
- Логгинов Б. И.** Лесные культуры Боярского учебно-опытного лесхоза Украинской сельскохозяйственной академии 1—13.
- Лылов Г. И.** Роль лиственных пород в повышении продуктивности сосновых культур 1—26.
- Львов П. Н.** К истории таежного лесоводства Европейского Севера 4—16.
- Маймур Л. С.** см. Альбицкая М. А. 1—37.
- Мельников Е. Г.** см. Вихров В. Е. 2—11.
- Мирошников В. С., Федоров Н. И.** О повреждении осиновых насаждений Забайкалья сердцевинной гнилью 3—13.
- Нестеров В. Г.** Столетний опыт лесоводства и программное выращивание лесов будущего 2—8.
- Ониськив Н. И., Яцв Я. М.** Эффективный способ создания предварительных лесных культур 6—16.
- Пайбердин М. В.** Таксационные показатели лещины обыкновенной 5—12.
- Патацкас А. И.** Аналитический метод определения текущего прироста древостоя по запасу 2—21.
- Патацкас А. И.** Некоторые закономерности, связанные с размерами крон деревьев 5—5.
- Положенцев П. А., Золотов Л. А.** Токсичность живицы и дубяной жидкости сосны для короедов 4—3.
- Рожков Л. Н.** см. Жилкин Б. Д. 3—5.
- Рубцов В. И.** Наши задачи в дальнейшем развитии лесного хозяйства 2—3.
- Рудаков В. Е.** К вопросу о методе изучения влияния метеорологических факторов на годичный текущий прирост дерева по диаметру 4—25.
- Самойлович Г. Г.** К пятидесятилетию советского лесоустройства 2—6.
- Сахаров Б. П.** О влиянии постепенных рубок на прирост елового подроста по высоте 4—10.
- Сляднев А. П.** Влияние разных доз азота аммиачной селитры на рост сосняков зоны смешанных лесов 3—8.
- Смертин Н. Г.** Использование видовых высот для проверки стандартной таблицы полнот и запасов 1—23.
- Смирнова В. К.** Опыт сравнительной оценки товарности сосняков, зараженных сосновой губкой, путем таксационно-фитопатологического анализа 5—16.
- Суворов П. А.** Дереворазрушающая способность дубовой губки (*Daedalea quercina* Fr.) 6—27.
- Толкач В. Н.** Влияние удобрений и рыхления почвы на рост и распространение корней соснового подроста 1—16.
- Туркевич Н. В.** см. Генсриук С. А. 3—26.
- Тюрин А. К.** Влияние способов рубок на формирование молодняков в дубравах лесостепи 3—19.
- Усанов А. В.** Физико-механические свойства семян сосны и ели 5—9.
- Федоров Н. И.** см. Вихров В. Е. 2—11.
- Федоров Н. И.** см. Мирошников В. С. 3—13.
- Харитонов Г. А.** см. Гром Н. Н. 6—8.
- Хашес Ц. М.** Физиолого-биохимические изменения в семенах клена татарского и липы мелколистной при стратификации 6—24.
- Шипова И. П.** см. Жилкин Б. Д. 6—5.
- Яцв Я. М.** см. Ониськив Н. И. 6—16.

## ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

- Андрійчук А. Ф., Костогрыз С. Г., Ковтун И. П.** Измерение ускорений с помощью фотоэлектрического акселерометра 3—61.
- Биричевский Л. П., Калинин Г. А., Щелкунов В. В.** Влияние положения колесной пары на напряженное состояние узкоколейных рельсов 3—39.
- Бондаренко Н. Ф.** см. Худяков А. Д. 4—50.
- Борисов М. В.** Исследование влияния вибраций на снижение усилий выравнивания торцов пучков 5—42.
- Ведерников А. А.** см. Удовенко В. М. 1—66.
- Владимиров С. А.** Установка «нуля» электродинамометров и контроль его под нагрузкой 2—65.
- Владимиров С. А.** К вопросу о расчете сил, действующих на такелажные крепления речных секционных плотов без оплотника 3—55.
- Ворухайлов С. А.** Определение давления гусениц на грунт при повороте трактора 6—51.
- Гарматюк В. К.** Об износе железобетонных плит на колеиных лесовозных автодорогах 3—36.
- Гороховский К. Ф.** Исследование процесса дробления сучьев вращающимися ножевыми головками 2—38.
- Дебердеев А. А.** О влиянии поперечных изгибных колебаний ствола на соударение дерева 1—72.
- Дебердеев А. А.** Обобщение влияния различных смягчающих факторов на ударные нагрузки при повале деревьев на агрегатные машины 2—32.
- Дебердеев А. А.** Некоторые вопросы динамики повала деревьев на наклонную приемную балку 3—31.
- Дебердеев А. А.** Исследование движений дерева после удара об опору при повале на наклонную приемную балку 5—30.
- Дудюк Д. Л.** Повышение эффективности использования штабелевочно-грузочных кранов на лесных складах 3—45.
- Жуков А. В.** К вопросу о поперечной устойчивости механизмов на трелевке леса 2—47.
- Зайцев Н. Т.** Запанный пыж заданной структуры 2—52.

- Калинин Г. А. см. Биричевский Л. П. 3—39.
- Ковалев Ю. Л. Тяговая динамика трактора ТДТ-60 при движении по неровному пути 5—49.
- Коваленко Н. П. см. Худяков А. Д. 4—50.
- Ковтун И. П. см. Андрийчук А. Ф. 3—61.
- Козлов В. Г. Новый метод расчета длительности намокания древесины при молевом сплаве 1—53.
- Корунов М. М., Кузнецов Ф. И. К обоснованию годового грузооборота для автомобильных лесовозных дорог 6—33.
- Костогрыз С. Г. см. Андрийчук А. Ф. 3—61.
- Костогрыз С. Г. Особенности применения электронизмерительной аппаратуры для исследования колебаний остова трелевочного трактора 5—55.
- Кувалдин Б. И. Расчет узкоколейного рельсового пути с учетом дополнительных силовых факторов 6—42.
- Кудряшов Н. Я. см. Пикушов А. Н. 1—69.
- Кузнецов Н. И. см. Попов В. Ф. 2—41.
- Кузнецов Ф. И. см. Корунов М. М. 6—33.
- Ленюк Г. К. Некоторые вопросы вертикальной и поперечной динамики специального типа сцепа ужд 2—59.
- Манухин Г. А., Харитонов В. Я., Таскаев В. Г. К вопросу о расчете береговых анкерных опор 6—38.
- Марченко П. Ф. К вопросу об использовании алюмосиликатного катализатора при газификации древесины 6—62.
- Мельников В. И. К установлению величины поперечного смещения прицепов при складывании автопоездов 1—48.
- Морозов С. И. О возможности выброса бесстыкового пути при его подьемке 6—56.
- Нестеренко В. Г. Особенности силового резания сучьев жесткими и гибкими шарнирными резаками 4—34.
- Павлов Ф. А., Столбов Н. Ф. Устойчивость колесопровода из железобетонных плит на хворостяной выстилке 4—46.
- Пикушов А. Н., Кудряшов Н. Я. Совершенствование кинематики лесовозного автопоезда 1—69.
- Попов В. Ф., Кузнецов Н. И. Влияние износа нагнетательного элемента топливного насоса распределительного типа с дозированием на нагнетании на процесс впрыска 2—41.
- Попов В. Ф., Тюкавин В. П., Попов Ф. П. К вопросу о корректировании режимов технического (профилактического) обслуживания лесовозных автомобилей 5—36.
- Попов Ф. П. см. Попов В. Ф. 5—36.
- Прохоренко А. Г. Исследование выносливости несущих канатов открытого типа двойной свивки 4—29.
- Слабодкин А. Я. Гидроморфометрический способ расчета сплавопропускной способности равнинных рек 1—59.
- Смирнов Р. Г. О влиянии вида частичной окорки березовых бревен на интенсивность атмосферной сушки 3—49.
- Столбов Н. Ф. см. Павлов Ф. А. 4—46.
- Таскаев В. Г. см. Манухин Г. А. 6—38.
- Тюкавин В. П. см. Попов В. Ф. 5—36.
- Уваров Б. В. Некоторые результаты расчетов железобетонных плит колеиных покрытий лесовозных автомобильных дорог 4—41.
- Уловенко В. М., Ведерников А. А. К вопросу экспериментального исследования условий работы лесовозных автопоездов 1—66.
- Харитонов В. Я. см. Манухин Г. А. 6—38.
- Худяков А. Д. Исследование деформации торфа под действием пригрузочного слоя песка 2—53.
- Худяков А. Д., Коваленко Н. П., Бондаренко Н. Ф. Уплотнение торфяных грунтов и изменение их физико-механических характеристик в результате глубинного осушения 4—50.
- Цыбулько И. С. Центр тяжести деревьев основных пород Европейского Севера СССР 5—45.
- Чекалкин К. А. О динамике вращения Т-образного разворотного-подающего механизма формировочных машин 4—54.
- Шелопаев Г. И. Назначение толщины дорожной одежды автомобильных лесовозных дорог в Ангаро-Енисейском лесном районе 4—39.
- Щелкунов В. В. см. Биричевский Л. П. 3—39.
- Яковлев Л. С. Методика определения монтажных характеристик тросового ускорителя 1—56.

## МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВОСИНЫ

- Апостол А. В., Галинкин Б. Е., Бендин А. С., Воронин В. В. К вопросу изучения основных закономерностей изменения твердости прессованной древесины 4—94.
- Бендин А. С. см. Апостол А. В. 4—94.
- Берлин Э. П. Экспериментальное исследование влияния аэродинамических направляющих на поперечную жесткость полотна ленточной пилы 2—85.
- Берсенева А. П. Исследование влияния ускоренных процессов старения на физико-механические свойства плит из древесных частиц 2—77.
- Бродович Т. М., Цыбык Б. И. Физико-механические свойства древесины псевдотсути зеленой 2—74.
- Варфоломеев Ю. А. К исследованию пневматического цилиндра одностороннего действия 1—101.

- Варфоломеев Ю. А.** К расчету пневматического цилиндра одностороннего действия 2—94.
- Волынский В. Н.** Влияние взаимной ориентации годичных слоев на прочность клеевых соединений древесины при раскалывании 5—81.
- Воронин В. В.** см. Апостол А. В. 4—94.
- Галинкин Б. Е.** см. Апостол А. В. 4—94.
- Гамов В. В.** Экспериментально-теоретические исследования зависимости прочности древесностружечных плит от их толщины 4—88.
- Гернет Г. М.** см. Юрьев Ю. И. 5—79.
- Гнусов Ю. В.** Качество пропитки пресованной древесины металлом 2—82.
- Гореньков М. П., Чесноков В. Ф.** Влияние ультрафиолетовых лучей на изменение цвета лаковых покрытий древесины 4—66.
- Гореньков М. П.** см. Чесноков В. Ф. 6—93.
- Грубе А. Э., Санев В. И., Пашков В. К.** Характер изменения температуры по радиусу дисковых пил и влияние температурного перепада на их поперечные колебания 4—60.
- Дерягин Р. В.** О динамической устойчивости рамных пил 5—89.
- Долацис Я. А., Ильясов С. Г.** Обследование оптических свойств древесины в инфракрасной области спектра 2—70.
- Ерыхов Б. П., Перфильева Н. Л.** Исследование реологических свойств древесины в динамическом режиме нагружения 6—82.
- Жестяников В. М.** см. Сырников Ю. П. 2—67.
- Заяц И. М.** Выбор оптимальных скоростей резания и подачи при шлифовании древесины хвойных пород абразивными кругами 6—87.
- Зинов Б. К.** Влажность древесины казакского бука 5—85.
- Ильясов С. Г.** см. Долацис Я. А. 2—70.
- Ильяшенко Б. М.** см. Цыбулев П. Н. 3—78.
- Капустин В. А.** К вопросу о выборе емкости буферных магазинов 2—89.
- Кныш В. А.** Тепло- и массообмен в процессе радиационно-конвективной сушки шпона при постоянной скорости 4—75.
- Королев В. И.** Осесимметричная деформация трехслойных цилиндрических оболочек, изготовленных на основе пенопластмасс и древесных материалов 4—71.
- Кудрявин Г. В.** Теоретические основы по расчету расхода древесины для витой стружки — заполнителя щитов 1—97.
- Кузьмин Н. Ф.** см. Цыбулев П. Н. 3—78.
- Левченко В. П.** Физико-механические свойства древесины сучков сосны 1—93.
- Леськив В. Д.** К вопросу об определении удельного усилия резания при фрезеровании древесины 3—84.
- Малых А. П.** Исследование взаимного расположения круглых лесоматериалов в бункере питающих устройств 2—98.
- Манасевич А. Д.** Исследование внутреннего трения в древесине 6—70.
- Мовнин М. С., Перевязкин Ю. Д.** Влияние материала вальца на скорость подачи древесины 6—66.
- Никанов В. И.** Выход пиломатериалов из осинового пиловочника 2—88.
- Осиновский А. М.** см. Цыбулев П. Н. 3—78.
- Отто С. Э.** Интенсификация процесса производства древесностружечных плит методом комбинированного нагрева 3—89.
- Парфененко Г. А.** Номограммы для определения удельного расхода древесины сырья и смолы в производстве древесностружечных плит 4—85.
- Пашков В. К.** см. Грубе А. Э. 4—60.
- Перевязкин Ю. Д.** см. Мовнин М. С. 6—66.
- Перфильева Н. Л.** см. Ерыхов Б. П. 6—82.
- Плюснин В. Н.** см. Санев В. И. 5—61.
- Поздняков А. А.** Упругие постоянные древесностружечной плиты как квазиизотропного материала 5—71.
- Потяркин Л. П.** Экспериментальное исследование условий работы ременных передач привода главного движения лесопильных рам 3—81.
- Преловский В. Б.** Выбор типа излучателя для исследования древесины 1—88.
- Санев В. И.** О нагреве ленточных пил при распиловке древесины на ленточнопильных станках 3—64.
- Санев В. И.** см. Грубе А. Э. 4—60.
- Санев В. И., Плюснин В. Н.** Теоретическое исследование распределения температуры по ширине ленточной пилы для ребровой распиловки древесины 5—61.
- Симонов А. С.** Формирование стружки-продукта при резании древесины на станках роторного типа 3—72.
- Симонов А. С.** Сопrotивляемость древесины резанию на станках роторного типа 6—73.
- Стахий Ю. М.** Влияние диаметра зажимных шайб на начальную форму потери устойчивости дисков дерево-режущих пил 5—67.
- Сырников Ю. П., Жестяников В. М.** Электрический пробой мерзлой древесины березы 2—67.
- Тимонен С. М.** Износ и затупляемость зубьев пил как функции пути резания 3—67.
- Фонкин В. Ф.** К вопросу о величине хода и траектории перемещения пильной рамки у лесопильной рамы 1—83.
- Хрулев В. М.** Склеивание древесины, модифицированной стиролом 2—79.
- Цыбулев П. Н., Кузьмин Н. Ф., Ильяшенко Б. М., Осиновский А. М.** Из-

- нос прессованной древесины при трении на торец 3—78.
- Цыбык Б. И.** см. Бродович Т. М. 2—74.
- Чесноков В. Ф.** см. Гореньков М. П. 4—66.
- Чесноков В. Ф., Гореньков М. П.** Исследование влияния влажности и ультрафиолетового излучения на свойства лаковых пленок 6—93.
- Чивиксин Л. Е.** Исследование энергоемкости и силовых параметров процесса выборки гнили продольным фрезерованием 4—79.
- Чивиксин Л. Е.** К расчету процесса выборки гнили из поленьев продольным фрезерованием 6—77.
- Чуприн В. И.** Коэффициент трения при резании древесины сосны и дуба 6—91.
- Шкаленко И. Г.** К вопросу улучшения условий труда в цехах механической обработки древесины 5—76.
- Юрьев Ю. И., Гернет Г. М.** Об усилении зажима бревна клещами впередирамной тележки 5—79.
- ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА  
ДРЕВЕСИНЫ**
- Агранат А. Л.** см. Ладинская С. И. 2—103.
- Агранат А. Л.** см. Ладинская С. И. 3—107.
- Аким Л. Е., Брюзгина Т. С.** Влияние предварительного гидролиза на качественные показатели небеленой сульфатной целлюлозы из тополевой древесины 6—106.
- Акодус В. Я.** Исследование окисления сульфида кальция при получении эстрих-гипса из отходов лесохимической промышленности 4—96.
- Барабаш Н. Д., Левин Э. Д.** Ароматизация полукоска при скоростном пиролизе коры лиственницы сибирской 2—106.
- Богомолов Б. Д.** см. Сидорова Р. П. 1—116.
- Богомолов Б. Д., Пальмова С. Б., Попова Г. И.** Изменение содержания карбонильных групп лигнина в процессе щелочных варок 3—116.
- Богомолов Б. Д.** см. Пальмова С. Б. 4—102.
- Боховкин И. М.** см. Чесноков В. Ф. 3—99.
- Боховкин И. М., Семенов Б. К.** Физико-химические исследования взаимодействия фурфурола с фенолом и его нитропроизводными 5—100.
- Боховкин И. М., Семенов Б. К.** Физико-химическое исследование взаимодействия фурфурола с двухатомными фенолами 6—102.
- Брюзгина Т. С.** см. Аким Л. Е. 6—106.
- Буцаленко В. С.** см. Сидорова Р. П. 1—116.
- Гашкова М. Я., Шишкина А. П., Соловьева В. А., Сеницына К. Е., Соколов Д. В., Солечник Н. Я.** О влиянии грибов на выход эфирного экстракта из древесины и соотношение его компонентов 4—105.
- Головков С. И., Коперин И. Ф.** Определение и анализ условий зависания щепы из лесосечных отходов в шахте газогенератора энергохимической установки 2—121.
- Дранишников Г. Л.** см. Потуткин Г. Ф. 2—115.
- Дранишников Г. Л.** см. Потуткин Г. Ф. 6—110.
- Есафов В. И., Овчинников Г. Ф.** О действии бромистого водорода на  $\alpha$ -пинен в присутствии перекиси бензоила 1—105.
- Зайонц Е. Г.** см. Шарков В. И. 6—96.
- Зарубин М. Я., Кутневич А. М.** Механизм полимеризации изоэвгенола под влиянием щелочей и строение полимерного продукта 3—95.
- Иванов М. А., Рачков Г. В.** К характеристике нуклеофильности водных растворов двуокиси серы 3—103.
- Калинин Н. Н.** см. Киприанов А. И. 5—95.
- Калугина З. С.** см. Сидоровская И. П. 1—107.
- Калугина З. С., Меньшикова Л. В., Сидоровская И. П., Коротов С. Я.** Диффузия этанольных растворов канифоли в капиллярах древесины. Конкретные формы зависимости  $Pr' = -f(Eu'_n, Ar)$  2—111.
- Калугина З. С.** см. Меньшикова Л. В. 4—109.
- Калугина З. С., Меньшикова Л. В., Сидоровская И. П., Коротов С. Я.** Диффузия бутанольных растворов канифоли, находящихся в капиллярах древесины 5—117.
- Киприанов А. И., Коротов С. Я., Калинин Н. Н.** Механизм разгонки древесной пирогееной смолы в трубчатых печах. Сообщение 4. Кинетика процесса 5—95.
- Ковалев В. Е.** см. Крутов С. М. 4—99.
- Ковалев В. Е.** см. Крутов С. М. 5—105.
- Коперин И. Ф.** см. Головков С. И. 2—121.
- Коротов С. Я.** см. Сидоровская И. П. 1—107.
- Коротов С. Я.** см. Калугина З. С. 2—111.
- Коротов С. Я.** см. Меньшикова Л. В. 4—109.
- Коротов С. Я.** см. Киприанов А. И. 5—95.
- Коротов С. Я.** см. Калугина З. С. 5—117.
- Крутов С. М., Ковалев В. Е.** Исследование нейтральных веществ пиролизата древесносмоляных масел 4—99.
- Крутов С. М., Ковалев В. Е.** Качественный состав низкокипящих нейтральных веществ пиролизата древесносмоляных масел 5—105.
- Кутневич А. М.** см. Зарубин М. Я. 3—95.
- Ладинская С. И., Агранат А. Л., Солодкий Ф. Т.** Предварительные опыты

- по непрерывной кристаллизации фитостерина из спиртовых растворов сульфатного мыла 2—103.
- Ладинская С. И., Агранат А. Л., Солодкий Ф. Т.** Очистка производственного фитостерина-сырца 3—107.
- Левин Э. Д.** см. Барабаш Н. Д. 2—106.
- Левин Э. Д.** см. Шайхатдинова М. К. 2—118.
- Лившиц Р. М.** см. Михайлов Г. С. 6—99.
- Меньшикова Л. В.** см. Сидоровская И. П. 1—107.
- Меньшикова Л. В.** см. Калугина З. С. 2—111.
- Меньшикова Л. В., Калугина З. С., Сидоровская И. П., Коротов С. Я.** Диффузия веществ в гидрофобных растворах, находящихся в капиллярах древесины 4—109.
- Меньшикова Л. В.** см. Калугина З. С. 5—117.
- Михайлов Г. С., Лившиц Р. М.** Исследование привитой сополимеризации на древесной массе. Роль древесных компонентов в реакции прививки ПММА на березовую дефибраторную древесную массу 6—99.
- Никитин В. М.** см. Штрейс Г. Б. 3—111.
- Овчинников Г. Ф.** см. Есафов В. И. 1—105.
- Пальмова С. Б.** см. Богомолов Б. Д. 3—116.
- Пальмова С. Б., Богомолов Б. Д.** О хинонных карбонилах лигнина 4—102.
- Попова Г. И.** см. Богомолов Б. Д. 3—116.
- Потуткин Г. Ф., Чесноков В. Ф., Дранишников Г. Л.** О некоторых изменениях сернокислотного лигнина в условиях прессования древесностружечных плит 2—115.
- Потуткин Г. Ф., Чесноков В. Ф.** Влияние отвердителя и температуры на процесс поликонденсации карбамидной смолы 5—113.
- Потуткин Г. Ф., Дранишников Г. Л.** Изменения древесины при температуре 180°C в условиях прессования древесностружечных плит 6—110.
- Прошкин Г. Ф., Тушина Л. Ф.** Исследование поглощения кислорода техническими лигнинами в растворе щелочи 6—113.
- Рачков Г. В.** см. Иванов М. А. 3—103.
- Свищук А. А.** см. Чернышева Н. К. 2—110.
- Семенов Б. К.** см. Боховкин И. М. 5—100.
- Семенов Б. К.** см. Боховкин И. М. 6—102.
- Сидорова Р. П., Богомолов Б. Д., Буцаленко В. С.** К вопросу о распределении серы при сульфатной варке целлюлозы 1—116.
- Сидоровская И. П., Меньшикова Л. В., Калугина З. С., Коротов С. Я.** Влияние гидродинамических условий на процесс экстракции смолистых веществ из смолы в потоке 1—107.
- Сидоровская И. П.** см. Калугина З. С. 2—111.
- Сидоровская И. П.** см. Меньшикова Л. В. 4—109.
- Сидоровская И. П.** см. Калугина З. С. 5—117.
- Синицына К. Е.** см. Гашкова М. Я. 4—105.
- Соколов Д. В.** см. Гашкова М. Я. 4—105.
- Солечник Н. Я.** см. Гашкова М. Я. 4—105.
- Соловьев В. А.** см. Гашкова М. Я. 4—105.
- Солодкий Ф. Т.** см. Ладинская С. И. 2—103.
- Солодкий Ф. Т.** см. Чернышева Н. К. 2—110.
- Солодкий Ф. Т.** см. Ладинская С. И. 3—107.
- Тихомирова Е. А.** см. Чернышева Н. К. 2—110.
- Тушина Л. Ф.** см. Прошкин Г. Ф. 6—113.
- Фломина Е. Е.** К вопросу о механизме фиксации в древесине антисептика МХМ-235 4—115.
- Чернышева Н. К., Солодкий Ф. Т., Тихомирова Е. А., Свищук А. А.** Получение концентрата витамина Е на основе неомыляемой фракции смолистых веществ хвои 2—110.
- Чернышевский И. К.** О физико-технической и энергетической стороне технологических требований, предъявляемых к сушке бумаги и целлюлозы 5—109.
- Чесноков В. Ф.** см. Потуткин Г. Ф. 2—115.
- Чесноков В. Ф., Боховкин И. М.** О взаимодействии формамида с фенолами и органическими кислотами в твердой фазе 3—99.
- Чесноков В. Ф.** см. Потуткин Г. Ф. 5—113.
- Шайхатдинова М. К., Левин Э. Д.** Влияние температуры пиролиза на температуропроводность и теплопроводность полукокса 2—118.
- Шарков В. И., Зайонц Е. Г.** Влияние предварительного размола в воде на реакционную способность целлюлозы к ацетилрованию 6—96.
- Шишкина А. П.** см. Гашкова М. Я. 4—105.
- Штрейс Г. Б., Никитин В. М.** О природе карбоксильных групп щелочных лигнинов 3—111.
- Ярцева Н. А.** О химическом составе кедра сибирского 1—112.

#### КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

- Астафьев А. А.** Автоматизация системы управления гидравлического манипулятора 2—129.

- Баум В. Г.** Основные параметры пыльного блока автоматической раскряжевки бревен 3—120.
- Борисов Г. А., Герасимов Б. С., Сюкияйнен Р. А.** Оптимизация схемы транспортного освоения лесосырьевой базы методами линейного программирования 1—123.
- Варфоломеев Ю. А.** О расчете пневматических цилиндров одностороннего действия 6—122.
- Герасимов Б. С.** см. Борисов Г. А. 1—123.
- Дудюк Д. Л.** К вопросу математического моделирования штабелевочно-грузочных процессов 5—124.
- Ковтун И. П.** см. Костогрыз С. Г. 5—127.
- Костогрыз С. Г., Ковтун И. П.** К вопросу динамики подрессорной массы трелевочного трактора как системы автоматического регулирования с обратной связью 5—127.
- Кудинов А. А.** Об оценке оперативного мышления оператора раскряжевочного агрегата 1—120.
- Музалевский В. И.** Самокомпенсированный по колебаниям толщины датчик влажности шпона 3—124.
- Николаев А. Ф.** Устойчивость чурака при лущении 4—117.
- Смирнов А. А.** Математическое описание воздушно-паровой лесосушильной камеры периодического действия как двухъемкостного объекта регулирования температуры агента сушки 2—125.
- Смирнов А. А.** Математическое описание роликовой сушилки как одноемкостного объекта автоматического регулирования влажности шпона 5—122.
- Смирнов А. А.** Математическое описание газовой барабанной сушилки как объекта автоматического регулирования температуры агента сушки 6—118.
- Сюкияйнен Р. А.** см. Борисов Г. А. 1—123.
- Лобовиков Т. С.** К определению форм концентрации производства и ее уровня 1—132.
- Лобовиков Т. С.** К изучению связей экономических показателей лесозаготовительного производства с его концентрацией 2—134.
- Лобовиков Т. С.** О размере лесопользования на Севере 5—132.
- Лукин А. В.** Экономическая эффективность внедрения быстрорастущих хвойных пород в лесные и защитные культуры на территории Липецкой области 2—143.
- Морозов Ф. Н., Деминцев Ю. И.** Опыт расчета многофакторной модели фондоотдачи в леспромхозах 5—140.
- Петров А. П., Щетинина К. И.** Экономические показатели производства технологической щепы из низкосортной древесины и древесных отходов 3—132.
- Попов В. Ф., Попов Ф. П.** К вопросу обоснования оптимальной номенклатуры неснижаемого оборотного фонда агрегатов и узлов 5—136.
- Попов Ф. П.** см. Попов В. Ф. 5—136.
- Попов Ф. П.** Использование ЭЦВМ для расчета оптимального количества оборотных агрегатов 6—136.
- Романов Е. С.** Нормирование основных фондов 3—128.
- Тарасов А. И.** О влиянии интенсивности рубок и доли эксплуатационной площади на себестоимость древесины в горных условиях 4—125.
- Щетинина К. И.** см. Петров А. П. 3—132.

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ  
ПРОИЗВОДСТВА

- Деминцев Ю. И.** см. Морозов Ф. Н. 5—140.
- Кайсин А. А.** Лесозакономическое районирование Кировской области 2—138.
- Клюковкин В. Н.** О содержании понятия «производственная мощность» 1—129.
- Кожин В. М.** Методика нормирования производственных запасов материалов в леспромхозах 4—128.
- Красавин С. А.** Экономическая эффективность работы и фондоотдача лесовозных дорог 6—128.
- Курис И. Е.** Резервы повышения производительности лесовозных машин 6—132.

- Алексеев В. А.** О влиянии ели и березы на фаунистость осины 2—154.
- Барабин А. И.** Сравнительный анализ урожая семян ели семенного и малурожадного года в учебно-опытном лесхозе АЛТИ 3—137.
- Бардышев И. И., Булгаков А. Н., Перцовский А. Л., Казушик В. Г., Винк Б. Р.** О химическом составе живицы сосны кулундинской (*Pinus silvestris L. subsp. kulundensis* Sukaczew.) 2—161.
- Берзов Ф. Г.** О влиянии сроков посадки на рост и развитие сосны в культурах 4—150.
- Бицин Л. В.** Продуктивность и современное состояние семенных дубрав Северного Кавказа и Крыма 6—158.
- Бойченко А. М.** О методических особенностях определения возраста у подростка хвойных, растущих в северной тайге 6—151.
- Ботман К. С.** Лесная подстилка в искусственных горных насаждениях и ее мелиоративное значение 1—142.
- Булгаков А. Н.** см. Бардышев И. И. 2—161.

- Бурневский Ю. И.** Эскиз таблиц хода роста сомкнутых смешанных осино-вых молодняков 6—160.
- Бяльский Л. А.** Установка для исследования демпфирующей способности прессованной древесины 5—163.
- Васильев О. А.**  $\text{H}_2$  системы вода—древесина 6—170.
- Винк Б. Р.** см. Бардышев И. И. 2—161.
- Возяков Г. С.** К вопросу об образовании придаточных корней и отводков лиственницы Сукачева на Среднем Урале 3—155.
- Волков А. Д.** Рост тонкомера ели на вырубках в ельниках черничных Южной Карелии 4—161.
- Гигаури Г. Н., Липартелиани Г. П., Тугуши К. Л.** Строение девственных пихтово-букowych лесов Абхазии 1—152.
- Гловацкий А. А.** О влиянии размера дров на выход деловых сортиментов при раскряжке хлыстов осины 4—155.
- Говорухин Д. Е.** Исследование активных почвообразующих рабочих органов 4—153.
- Горев Г. И.** Сравнительный анализ хода роста насаждений сосны, лиственницы, ели и дуба в одинаковых лесорастительных условиях 4—156.
- Гушин И. И.** Особенности возникновения и распространения сердцевинной гнили в стволах осины 6—163.
- Дворецкий М. Л.** Вычисление запаса древостоя через относительные объемы модельных деревьев 1—161.
- Дементьева Л. В.** Влияние осушения на формирование хвой сосны обыкновенной 3—150.
- Декатов Н. Н.** Структура лиственничных древостоев на площадях давних сплошных рубок 3—159.
- Дитрих В. И., Шевцов В. И.** Кедровники Горного Алтая и пути использования их ресурсов 4—139.
- Долгошеев В. М.** Физико-механические свойства древесины рано и поздно распускающихся форм осины в Кировской области 5—144.
- Дудоров М. А., Косников Б. И.** Сравнительная оценка чистых, сидеральных и занятых паров при выращивании сеянцев в лесных питомниках 3—142.
- Дыренков С. А.** Итоги среднеевропейских опытов с удобрением еловых древостоев 6—147.
- Ермоленко П. М.** Сроки опадения семян сосны в Восточном Саяне 6—146.
- Жеребцов В. Г.** О значении состояния и положений желудей при посеве 4—144.
- Жирин В. М.** Определение возраста саксаула по внешним таксационным показателям 2—147.
- Заведнюк В. Ф.** Перспективы применения аэрозолей в борьбе с вредителями леса 2—166.
- Зархина Е. С.** Размеры древесных волокон тополей в Амурской области 6—149.
- Илюшин А. С.** см. Орфанитский Ю. А. 1—169.
- Казушич В. Г.** см. Бардышев И. И. 2—161.
- Калиниченко А. А.** Экзоты Дальнего Востока на Украине — ценный материал для озеленения 6—145.
- Капанадзе А. Д.** Изменчивость высот древостоев в букowych лесах Западной Грузии 3—165.
- Карлин В. Р.** Рост и продуктивность пойменных насаждений Среднего Дона 5—145.
- Кауров И. А., Рахтенко И. Н.** К вопросу о взаимоотношениях ясеня, дуба и липы через их корневые выделения 5—156.
- Карышев В. Е.** О комплексной снегозащите дорог 6—165.
- Кирев А. Ф.** Типология пойменных лесов Волгоградской области 2—155.
- Киреев А. Н.** К вопросу о восстановлении балочных древостоев южной лесостепи и естественном возобновлении дуба 4—158.
- Клобукова Н. Н.** см. Фломина Е. Е. 2—163.
- Ковалев Л. С.** Влияние примеси березы и акации на разложение лесной подстилки и на рост сосны в культурах лесостепи центрально-черноземных областей 3—166.
- Ковалев М. С.** О влиянии глубины посадки на легких почвах на приживаемость и рост сосновых культур в Псковской области 4—159.
- Кожевников А. М.** Классификация типов условий местопроизрастания вдоль магистральных каналов дельты р. Терек 3—140.
- Константинов В. К., Сухорукова Л. И.** Сток и испарение на вырубках долгомошного типа 4—146.
- Константная А. А.** Использование синтетической смолы для закрепления антипиренов в древесине 2—165.
- Косников Б. И.** см. Дудоров М. А. 3—142.
- Кравченко Г. К.** см. Медведев А. Н. 4—131.
- Краскова Л. А.** см. Фломина Е. Е. 2—163.
- Краснитский А. М.** Лесохозяйственное значение зимней облиственности дуба черешчатого 6—161.
- Ламин Л. А.** Количественное выражение взаимоотношений древесных пород в лесных полосах Новосибирской области 5—151.
- Ларин В. Б.** К вопросу о сравнительной характеристике лесных культур в зависимости от способа механизированной подготовки почвы 1—139.
- Ларин В. Б.** О влиянии агротехники и давности механизированной подготовки почвы на грунтовую всхожесть семян ели (*Picea excelsa* Link.) 3—156.

- Лебедев Ю. В.** Некоторые вопросы исследования железобетонных рамных лежней для узкоколейных дорог 6—167.
- Левченко В. П.** Строение древесины завитков сосны 6—142.
- Леонтьев А. Г.** Сетчатый высотомер-кronомер 1—146.
- Липартелиани Г. П.** см. Гигаури Г. Н. 1—152.
- Лисенков А. Ф.** Скорость передвижения воды в темно-серых лесных почвах в лиственных лесах Хакассии 1—157.
- Ляпченко Л. В.** Непарный шелкопряд и златогузка в лесах Татарской АССР и Ульяновской области и меры борьбы с ними 4—152.
- Макарьин Р. И.** см. Попов В. Ф. 4—166.
- Марусов А. А.** Культуры кедра сибирского в Пермской области 1—151.
- Марусов А. А.** О выжимании лесных культур морозом в условиях Пермской области 5—166.
- Матузанис Я. К., Саценикс Р. Я., Тауриньш Я. К.** Новый метод расчета ожидаемого диаметра деревьев 5—154.
- Матюк И. С.** Развитие корневых систем древесных пород в смешанных насаждениях в зависимости от строения почвогрунта 1—141.
- Матюк И. С.** Лесоводственно-таксационные показатели насаждений с высокими ландшафтными достоинствами 6—152.
- Медведев А. Н., Кравченко Г. К.** Использование корреляционной зависимости между всхожестью и энергией прорастания семян для ускоренного их анализа 4—131.
- Мойко М. Ф.** Особенности роста клена остролистного и липы, которые следует учитывать при создании ценных кленовых и кленово-липовых свежих дубрав 6—154.
- Набатов Н. М.** Смыкание сосны в культурах, созданных посевом и посадкой 6—156.
- Невзоров И. М.** Хозяйственное значение лиственных насаждений и способы их реконструкции 2—157.
- Неволин О. А.** О полндревесности сосны в смешанных сосново-березовых насаждениях Архангельской области 1—163.
- Ненюхин В. Н.** Суточная динамика роста терминальных побегов сосны обыкновенной 3—145.
- Николин Б. Н.** Ржавчинные болезни молодняков древесных пород на концентрированных вырубках Севера и их предупреждение 4—147.
- Новоселов С. Д., Шеклеин Н. А.** Опыт проведения лесных культур на неподготовленной почве в сосновых лесах Кировской области 4—149.
- Носенков А. И.** Об установлении оптимальной лесистости в многолесных районах 1—138.
- Орфанитский Ю. А., Илюшин А. С., Русановский Н. С.** Из опыта создания снегозащитных лесных полос в тундре 1—169.
- Павленко И. А.** О ширине и направлении коридоров при реконструкции малоценных молодняков 1—159.
- Пантелеева Н. И., Тышкевич Г. Л.** О формировании годичного слоя бука, произрастающего в Молдавии 3—152.
- Панчулидзе А. К.** Процесс естественного возобновления в девственных буковых лесах Грузии и обоснование способов рубки в них 5—157.
- Пионтковский А. Б.** Влияние динамики процесса нанесения лака на равномерность лаковых покрытий 5—164.
- Перевертайло Б. И.** Корневая система ореха черного в молодых культурах 2—151.
- Перцовский А. Л.** см. Бардышев И. И. 2—161.
- Песоцкий А. Н., Чантурия Г. Н.** Некоторые исследования технологической характеристики букового пиловочного сырья Грузии 3—171.
- Петров П. Г.** Некоторые особенности рубок ухода за лесом в Приморье 3—162.
- Поляков Н. Е.** Бессонниковый способ образования посадочной щели на связных почвах 4—137.
- Посохов П. П.** Классификация лесорастительных условий южной части Предгорного Дагестана 4—140.
- Попов В. Ф., Макарьин Р. И.** К вопросу о влиянии активного хода плунжера на плотность плунжерных пар 4—166.
- Потуткин Г. Ф.** Способ улучшения физико-механических показателей древесностружечных плит 1—167.
- Потуткин Г. Ф.** Влияние способа сушки стружки на физико-механические свойства древесностружечных плит 4—168.
- Пятецкий Г. Е.** Классификация лесомелиоративного фонда Карелии по группам эффективности осушения 2—168.
- Прибылова-Насонова М. В.** Вредители плодов и семян бука восточного на Северном Кавказе 5—147.
- Рахтеенок И. Н.** см. Кауров И. А. 5—156.
- Релина Н. И.** О борьбе с полеганием семян сосны обыкновенной в Северном Казахстане 3—168.
- Рубцов В. И.** О росте и качестве семенной и порослевой ольхи черной в крапивном типе леса 6—141.
- Русановский Н. С.** см. Орфанитский Ю. А. 1—169.
- Рыжолов Л. Е.** Производительность и естественное возобновление лесов Северо-Осетинской АССР 3—160.

- Савич Г. В.** Особенности развития корневых систем у различных форм сосны *Pinus silvestris* L. subsp. *kuldensis* Sukaczew (1934) при трехлетней культуре их в одинаковых условиях 6—172.
- Савченко А. М.** О значении света для подроста пихты сибирской 3—163.
- Самошкин Е. Н.** Изменчивость количественных признаков семян сосны обыкновенной под влиянием химических мутагенов 1—165.
- Самошкин Е. Н.** Изменчивость семян ели обыкновенной под воздействием химических мутагенов 4—132.
- Саценник Р. Я.** см. Матузанис Я. К. 5—154.
- Сибирякова М. Д.** Полезная роль почвенной мезофауны в лесу 2—160.
- Сидорова В. М.** см. Шабаев А. И. 4—134.
- Стадниций Г. В.** Влияние качества пищи на выживаемость и темпы развития рыжего соснового пилильщика 5—159.
- Стяжкин В. П.** Влияние увлажнения на приживаемость и рост лесных культур 5—149.
- Солодунин Е. Д.** К вопросу о ведении хозяйства в разновозрастных лесах 6—144.
- Сулейманов С. А.** Некоторые итоги производственных опытов по повышению продуктивности лесов в Кировобадском лесхозе 4—142.
- Суханова И. В.** Некоторые заболевания и повреждения осины в лесах Севера 3—138.
- Сухорукова Л. И.** см. Константинов В. К. 4—146.
- Тауринш Я. К.** см. Матузанис Я. К. 5—154.
- Тугуш К. Л.** см. Гигаури Г. Н. 1—152.
- Тутыгин Г. С.** О позднелетних и осенних посадках сосны и ели 2—148.
- Тышкевич Г. Л.** см. Пантелеева Н. И. 3—152.
- Удод В. Е.** Влияние технологии производства культур ели на пераскорчеванных лесосеках на сохранность и рост культур 1—155.
- Удод В. Е.** Лесоводственная оценка рядовых и гнездовых культур дуба в разных экологических условиях 3—147.
- Фломина Е. Е., Чащина Л. М., Краскова Л. А., Клобукова Н. Н.** Определение хрома, мышьяка и меди в древесине, пропитанной антисептиками 2—163.
- Фрейберг И. А.** Предварительные культуры сосны в низкоплодных колках Зауралья 4—136.
- Ходоревский В. А.** Определение биологически допустимой защитной зоны при механизированных уходах за посевами в питомниках 2—159.
- Цветков Е. А.** Погрузка пиломатериалов пакетами 1—148.
- Чантурия Г. П.** см. Песоцкий А. Н. 3—171.
- Чащина Л. М.** см. Фломина Е. Е. 2—163.
- Чопенко В. Ф.** Сезон и сроки посадки лесных культур в южных районах Сахалина 3—170.
- Чупров Н. П.** Таблица объемов стволов тонкомерной березы и методика ее составления 5—161.
- Шабаев А. И., Сидорова В. М.** Предпосевное намачивание желудей растворами микроэлементов 4—134.
- Шаргунова В. А.** Влияние некоторых аллелопатических факторов на лабораторную всхожесть семян лиственницы Сукачева 2—149.
- Шевцов В. И.** см. Дитрих В. И. 4—139.
- Ширмаедов М.** Особенности лесных культур на песках по трассе Каракумского канала 1—149.
- Шеклеин Н. А.** см. Новоселов С. Д. 4—149.

## ЗА РУБЕЖОМ

- Батин И. В.** см. Сиротов И. И. 5—169.
- Ефимовский Е. Н.** Ценные древесные породы африканских лесов 4—171.
- Кислова Т. А.** Лесоэкономические исследования, проводимые Варшавской сельскохозяйственной академией 3—173.
- Морозов Ф. Н.** Организация высшего образования и научных исследований в лесном хозяйстве Финляндии 4—170.
- Сиротов И. И., Батин И. В.** О механизации лесопользования и лесоскладских работ в ряде стран 5—169.
- Тарасов А. И.** Проблема оценки леса в современной буржуазной экономике 5—167.

## ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ

- Войчал П. И.** см. Правдин Л. Ф. 1—171.
- Керженцев Н. И.** Первые таблицы товарности насаждений в СССР 5—171.
- Правдин Л. Ф., Войчал П. И.** Профессор Михаил Елевферьевич Ткаченко 1—171.

## ИЗ ЖИЗНИ ВУЗОВ

- Кишинский М. И.** О методологии и организации научно-исследовательских работ 2—170.

НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ  
И СОВЕЩАНИЯ

- Белая Н. М.** см. Корунов М. М. 5—175.
- Войчал П. И.** Совещание по генетике и селекции древесных растений 4—174.
- Ионов Б. Д.** см. Корунов М. М. 5—175.
- Ипатов Л. Ф.** Семинар по таксации молодых лесов 6—174.

- Корунов М. М., Белая Н. М., Куклинов Б. А., Кувалдин Б. И., Щелкунов В. В., Ионов Б. Д.** Республиканская научно-техническая и методическая конференция по сухопутному транспорту леса 5—175.
- Кувалдин Б. И.** см. Корунов М. М. 5—175.
- Куклинов Б. А.** см. Корунов М. М. 5—175.
- Мосин В. И.** см. Правдин Л. Ф. 5—174.
- Правдин Л. Ф., Мосин В. И.** Конференция селекционеров Казахстана 5—174.
- Щелкунов В. В.** см. Корунов М. М. 5—175.

## КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

- Войчаль П. И.** Об одной краеведческой книге 4—173.
- Григорьев В. П.** см. Костюкевич Н. И. 2—171.
- Дыренков С. А.** По страницам зарубежной лесной печати 2—172.
- Ермаков В. Е.** см. Костюкевич Н. И. 2—171.
- Костюкевич Н. И., Ермаков В. Е., Григорьев В. П.** Полезная книга 2—171.
- Щербаков Б. В.** Неудачное пособие по декоративной дендрологии 1—173.

## ЮБИЛЕИ

- Алимбек Б. М., Чистяков А. Р., Денисов А. К., Пчелин В. И.** и др. Профессор Михаил Данилович Данилов 1—175.
- Богомолов Б. Д.** Юбилей доктора химических наук М. И. Чудакова 6—175.
- Венценосцев Ю. Н.** Юбилей ученого 4—175.
- Давидов М. В.** Профессор, доктор сельскохозяйственных наук К. Е. Никитин 2—174.
- Денисов А. К.** см. Алимбек Б. М. 1—175.
- Песоцкий А. Н.** Доктору технических наук, профессору Г. Д. Власову 70 лет 4—175.
- Попов В. В.** и др. Серафим Степанович Шанин 6—175.
- Пчелин В. И.** см. Алимбек Б. М. 1—175.
- Чистяков А. Р.** см. Алимбек Б. М. 1—175.

## НЕКРОЛОГИ

- Богомолов Б. Д.** Памяти академика П. Н. Одинцова 2—175.

**Подписывайтесь  
на журнал на 1970 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.

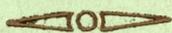
Подписка принимается органами «Союзпечати». В случае отказа в приеме подписка может быть оформлена через редакцию.

По заявке, направленной в редакцию, комплекты журналов и отдельные номера высылаются наложенным платежом.

Адрес редакции: Архангельск, 7, Набережная В. И. Ленина, 17, АЛТИ, «Лесной журнал».

МИНИСТЕРСТВО  
ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
СССР

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ



ЛЕСНОЙ  
ЖУРНАЛ



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

Цена 1 руб.

Индекс 70368

**Подписывайтесь  
на журнал на 1970 г.**

**«ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ»  
МИНИСТЕРСТВА ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
СССР**

**Р а з д е л**

**„ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ“**

«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: Архангельск, 7, Набережная В. И. Ленина, 17, АЛТИ, «Лесной журнал».

## ВНИМАНИЮ АВТОРОВ!

К каждой статье, присылаемой в редакцию, автор должен приложить 2 экземпляра автореферата, без них статьи не будут приниматься редакцией к рассмотрению.

### Требования, предъявляемые к реферату

1. В реферате кратко излагается основное содержание статьи. Реферат должен дать читателю представление о характере освещаемой работы, оригинальности постановки вопроса, методике проведения исследования и его основных результатах.

2. Реферату должно предшествовать библиографическое описание в следующем виде: название статьи, фамилия и инициалы автора, название журнала, где помещается статья. Текст реферата начинается непосредственно с изложения существа работы без повторения заголовка. Форма изложения материала не обязательно должна повторять форму изложения оригинальной статьи.

3. Если оригинал содержит большое количество цифровых данных, их следует обобщить и систематизировать.

4. Средний объем реферата 1—1,5 страницы машинописного текста, отпечатанного через два интервала на белой писчей бумаге обычного формата (30×21) в двух экземплярах с полем 4 см с левой стороны.

5. Таблицы, схемы, графики и пр. могут быть включены в том случае, если они отражают основное содержание работы или сокращают текст реферата. Сообщение о наличии в реферируемой работе таблиц, схем, графиков, фотографий, карт, рисунков необходимо давать в конце реферата. Например, табл. 2, илл. 10.

6. Формулы приводятся только в том случае, если они необходимы для понимания статьи. Громоздкие математические выражения помещать не следует. Формулу следует вписывать четко, не изменяя принятых в оригинале обозначений величин. Формулы и буквенные обозначения вписываются чернилами черными во второй экземпляр. Вписывание формул и буквенных обозначений, а также исправление замеченных опечаток в первом экземпляре не делается.

7. В конце реферата в квадратных скобках указывается название учреждения или предприятия, в котором автор реферируемой работы (если эти данные приводятся в статье) провел работу. Подпись автора и дату написания реферата следует ставить в левом нижнем углу на обоих экземплярах реферата.