

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

---

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ  
ЗАВЕДЕНИЙ

---

*Лесной журнал*

ГОД ИЗДАНИЯ ШЕСТНАДЦАТЫЙ

5

1973

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

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

---

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

Выходит 6 раз в год.



ИВУЗ, «Лесной журнал», 1973.

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

---

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 5

(Год издания шестнадцатый)

---

Сдан в набор 3/IX 1973 г. Подписан к печати 10/XII 1973 г. Форм. бум. 70X108<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Печ. л. 15,4 ± 3 вкл. Физ. л. 11. Уч.-изд. л. 15,87. Тираж 2300.  
Сл. 08207. Заказ 6323. Цена 1 руб.

---

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

## СОВЕТСКАЯ ВЫСШАЯ ШКОЛА — ЗА МИР И МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

В столице нашей Родины Москве в октябре 1973 г. состоялся Всемирный конгресс миролюбивых сил. Это событие огромного международного значения подвело итоги многолетних усилий народов в борьбе против угрозы войны, за укрепление международной безопасности, за мирное сосуществование государств с различным общественным строем. Конгресс отметил несомненные успехи всех форм движения сторонников мира и в своих важнейших документах — Призыве Всемирного конгресса миролюбивых сил, коммюнике «За международную безопасность и разоружение, за национальную независимость, сотрудничество и мир», наметил конкретную и четкую программу дальнейших действий.

В авангарде миролюбивых сил выступает Советский Союз и весь могучий лагерь социализма. Благодаря усилиям Коммунистической Партии Советского Союза, всех других братских партий, правительств социалистических стран, в мире происходит процесс последовательной разрядки напряженности и установления отношений сотрудничества между странами и народами. Переход от социализма к коммунизму, усиление борьбы народов за социальный прогресс, мир и демократию, углубление мирового революционного и национально-освободительного движения и, как результат этого, изменение соотношения сил на мировой арене в пользу мира и социализма — все это знаменует наступление качественно нового этапа борьбы миролюбивых сил за сохранение и упрочение мира на Земле.

С огромным вниманием делегаты Всемирного конгресса, представители 144 стран и десятков различных международных организаций выслушали речь Генерального Секретаря ЦК КПСС, лауреата международной Ленинской премии «За укрепление мира между народами» товарища Л. И. Брежнева.

В этой речи дан глубокий марксистский анализ международной обстановки, сформулированы важнейшие актуальные проблемы борьбы за мир, намечены пути и средства обеспечения справедливого и прочного мира, показана роль КПСС и Советского Государства в укреплении международной безопасности.

Студенты, преподаватели и все сотрудники высших учебных заведений СССР с горячим энтузиазмом восприняли речь Л. И. Брежнева. На многочисленных митингах и собраниях они выразили полную поддержку внутренней и внешней политики КПСС и Советского правительства, отметили большой личный вклад Генерального Секретаря ЦК КПСС Л. И. Брежнева в дело реализации Программы мира, выдвинутой XXIV съездом КПСС.

Сейчас повсеместно в вузах идет изучение речи товарища Л. И. Брежнева на Конгрессе миролюбивых сил. Это выступление, справедливо названное делегатами конгресса эпохальным, сыграет большую роль в воспитании молодого поколения.

Советские люди стремятся внести свой вклад в дело укрепления мира и развития всех форм международного сотрудничества.

Высшая школа СССР уже имеет значительный опыт международного сотрудничества, активно участвуя в мировых научных конгрессах и симпозиумах, обмениваясь делегациями ученых и специалистов, сотрудничая в органах ООН, оказывая практическую помощь развивающимся странам в постановке высшего образования и развитии науки.

Во всей этой многогранной работе участвуют и лесные отрасли производства, науки и высшей школы. Они много сделали для становления лесного хозяйства и лесной промышленности молодых государств Азии и Африки и подготовили для них большой отряд специалистов и ученых. Успешно развивается советский лесной экспорт. Ширится обмен научно-технической информацией, растут взаимные поставки оборудования для различных отраслей лесного комплекса. Значительным событием стала международная выставка «Лесдревмаш-73» в Москве.

Предметом особого внимания работников лесной науки, высшего образования и производства всех стран становятся в наше время вопросы охраны леса, сохранения и приумножения лесных ресурсов, комплексного использования древесины и всех других полезностей леса. Особенно желателен широкий обмен достижениями науки о жизни леса, если учесть длительность процессов роста и развития лесов и огромное разнообразие условий их произрастания. Высшая школа также должна и может сделать многое, чтобы все ее питомцы были горячими патриотами леса, охраны всей природы.

Сейчас высказывается много предложений о новых формах сотрудничества высшей школы разных стран. Это сближение учебных программ по естественно-математическим и техническим дисциплинам с целью обеспечить единый мировой уровень образования в соответствии с требованиями научно-технической революции; активное сотрудничество в изучении иностранных языков; широкий обмен учебниками, учебными кинофильмами и другими техническими средствами обучения; совместное проведение научных исследований. Вместе с тем должны получить дальнейшее развитие уже испытанные формы научного и делового сотрудничества.

Все эти контакты и формы сотрудничества — существенный вклад в дело всеобщего мира. Для дальнейшего их расширения и углубления нужно устранить угрозу войны, ликвидировать напряженность и недоверие. Вот почему вместе со всем советским народом труженики леса, лесной науки и высшей школы выражают свою непреклонную волю к миру. Под руководством Коммунистической Партии они добьются новых успехов в благородной деятельности на благо мира и социализма.

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 674.032.475.442

**ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ СЕМЕННЫХ ДЕРЕВЬЕВ  
СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ НА ЛЕСОСЕМЕННЫХ УЧАСТКАХ***М. Д. ДАНИЛОВ, Е. И. ШВЕДОВ*

Марийский политехнический институт

Изложены результаты физиологических исследований на лесосеменных участках сосны обыкновенной в Среднем Поволжье. Опыты показывают, что на низкоштамбовых участках и лесосеменных плантациях физиологические процессы более интенсивны.

В настоящее время уделяется большое внимание лесосеменным участкам хвойных пород, особенно сосны [1]—[11]. Однако изучению физиологического состояния семенных деревьев на создаваемых лесосеменных участках и плантациях посвящено мало работ.

Состояние семенного дерева хорошо характеризуется его морфологическими показателями — приростом, охвоенностью, развитостью кроны, высотой ствола, высотой живой части кроны от земли, степенью семеношения и т. д., однако причины хорошего или неудовлетворительного состояния семенных деревьев могут быть раскрыты только при физиологических исследованиях.

Для выяснения воздействия изреживания, обрезки вершин и вершинных побегов на физиологическое состояние семенных деревьев определяли фотосинтез, дыхание, транспирацию, содержание хлорофилла, общего азота и общих углеводов в хвое. Изучали особенности физиологических процессов у привоя и подвоя на лесосеменных плантациях. Исследования проводили на лесосеменных участках, созданных изреживанием, изреживанием с обрезкой вершин и вершинных побегов (низкоштамбовые) и прививками.

Объектами изучения служили лесосеменные участки Уржумского лесхоза Кировской области, Ибресинского лесокомбината Чувашской АССР и Учебно-опытного лесхоза Марийского политехнического института Марийской АССР. Возраст семенных деревьев в среднем 10 лет, высота 3—6 м, диаметр 6—14 см. Исследования проводили одновременно на одном из семенных и контрольном участках. На модельных или пробных деревьях в различных вариантах опыта выполняли по 16—18 измерений (определений) в трехкратной повторности.

Интенсивность фотосинтеза и дыхания определяли методом ассимиляционной колбы на неотделенных побегах [7]. Интенсивность транспирации устанавливали методом быстрого взвешивания (с помощью торсионных весов) на отделенных укороченных побегах, срезанных под парафином. Опыты ставили в течение всего дня, чтобы выявить дневной ход физиологических процессов.

На изучаемых участках одновременно определяли температуру воздуха и почвы, скорость ветра (ручным анемометром), относительную влажность воздуха (психрометром Ассмана) и силу света (люксметрами Ю-16).

Средние показатели интенсивности фотосинтеза, дыхания и транспирации, полученные в августе 1971 г., приведены в табл. 1.

Таблица 1

Способ создания участка	Год создания	Количество обрезок вершин	Интенсивность фотосинтеза, мг CO <sub>2</sub> на 1 д.м. хвои за 1 час	Критерий Стьюдента (t = 3,0)	Интенсивность дыхания, мг CO <sub>2</sub> на 1 д.м. хвои за 1 час	Интенсивность транспирации на 1 г сухого веса хвои за 1 час	Влажность хвои, % к сухому весу
		Год последней обрезки					
Изреживание	1969	—	2,32±0,18	12,2	0,67	640	130
Контроль	—	—	0,97±0,06		0,43	430	150
Низкоштамбовый	1971	1	0,93±0,05	4,5	0,56	—	—
Контроль		—	1,38±0,09		0,32	—	—
Низкоштамбовый	1969	1	1,6±0,06	3,2	0,33	700	98
Контроль		—	1,35±0,07		0,30	460	148
Низкоштамбовый	1965	3	2,8±0,13	6,8	0,50	—	—
Контроль		—	1,58±0,13		0,70	—	—
Привой	1969	—	2,0±0,16	4,7	1,40	900	166
Подвой	—	—	1,2±0,06	0,0	1,06	500	142
Контроль (без прививки)	—	—	1,1±0,08	—	0,45	—	—

Из таблицы видно, что интенсивность фотосинтеза у семенных деревьев с изреживанием больше, чем в контроле, на низкоштамбовых участках она зависит от времени, прошедшего с момента обрезки. Так, на участке, где обрезка произведена в год исследований, интенсивность фотосинтеза несколько ниже, чем в контроле. На участках, где вершины были обрезаны двумя годами ранее (1969), интенсивность фотосинтеза значительно выше, чем на контрольных.

Повышенная по сравнению с контролем интенсивность фотосинтеза наблюдается и на участке с неоднократной обрезкой вершин и вершинных побегов. Низкоштамбовые участки после трехкратной обрезки (последняя в 1969 г.) также имеют повышенную интенсивность фотосинтеза.

На лесосеменной плантации сосны привои обладают повышенной интенсивностью фотосинтеза по отношению к подвою и контролю.

Интенсивность дыхания на низкоштамбовых участках, сформированных в 1969 г., мало отличается от контрольных. На низкоштамбовом участке, сформированном в 1971 г. (в год проведения исследований), интенсивность дыхания превышает почти вдвое показания контроля. Изреживание лесосеменных участков привело к увеличению площади питания оставшихся семенных деревьев, изменению их водного режима, о чем свидетельствуют показатели интенсивности транспирации.

Семенные деревья сосны обыкновенной после изреживания имеют повышенную интенсивность транспирации и меньшую влажность хвои. На низкоштамбовых участках наблюдается такая же картина. На лесосеменной плантации у привоев транспирация в 1,8 раза выше, а влажность хвои в 1,3 раза ниже, чем у подвоев.

На образование хлорофилла влияют запасы углеводов, азота, наличие света. Результаты определения (в августе 1971 г.) содержания хлорофилла, общего азота и общих сахаров на участках, созданных в 1969 г., представлены в табл. 2.

Таблица 2

Способ создания участка	Содержание хлорофилла, мг/г воздушно-сухой хвои	Общий азот, % от сухого веса	Общие сахара, % от сухого веса
Изреживание	1,26	1,55	6,1
Контроль	1,21	1,38	5,6
Низкоштамбовый	1,30	1,43	6,4
Контроль	1,27	1,35	6,2
Привой	1,31	1,61	6,7
Подвой	1,28	1,42	5,9
Контроль (без прививки)	—	1,41	6,0

Из таблицы видно, что световая хвоя по содержанию хлорофилла на изреженных и низкоштамбовых участках существенно не отличается от контроля. Содержание общих сахаров и азота больше в хвое сосны обыкновенной на участках с изреживанием и низкоштамбовых. На лесосеменных участках хвоя привоя содержит хлорофилла 1,31 мг/г воздушно-сухого веса хвои, подвоя — 1,28 мг/г. В прямой зависимости от количественного содержания азота и сахаров находится и количественное содержание хлорофилла.

Данные наших исследований показывают, что семенные деревья сосны обыкновенной спустя три года после обрезки вершин восстанавливают основные физиологические параметры и даже превосходят семенные деревья на участках, созданных изреживанием без обрезки вершин, и контрольные.

Сопоставление показывает, что на низкоштамбовых семенных участках и лесосеменных плантациях физиологические процессы более интенсивны, а следовательно, эти насаждения должны быть более перспективными в семеношении.

Деревья, растущие на открытом месте, обычно дают очень много семян. Физиологической основой их высокой способности к семеношению является, по-видимому, большее количество углеводов, как результат активного фотосинтеза на открытом месте.

В. Н. Любименко [8] указывал, что характер роста растений зависит от особенностей их фотосинтетической деятельности. Растения, обладающие большой активностью фотосинтеза, растут быстрее.

При дальнейшем уходе за лесосеменными участками необходимо оставлять наиболее физиологически активные семенные деревья, которые имеют положительную генетическую основу, то есть те, которые обильно плодоносят, сочетая быстрое развитие с быстрым ростом. По классификации проф. М. Д. Данилова [3], такие деревья относятся к первой и второй категориям роста и развития с хорошо развитой кроной.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Д. Я. Гиргидов. Лесосеменные участки сосны. Л., 1956. [2]. М. Д. Данилов. Классификация деревьев в древостоях на основе теории стадийного развития. Журн. «Лесное хозяйство» № 3, 1949. [3]. М. Д. Данилов. Применение классификации деревьев в чистых сосновых древостоях с учетом их возрастной стадийности. Йошкар-Ола, 1951. [4]. М. Д. Данилов, Т. А. Леухина, Г. Т. Ведерников, В. В. Шелепова. Низкоштамбовые семенные участки сосны обыкновенной. Журн. «Лесное хозяйство» № 4, 1966. [5]. В. И. Ермаков. Итоги исследований по селекции, семеноводству и физиологии древесных пород в Карелии. В кн.: Вопросы селекции, семеноводства и физиологии древесных пород Севера, Петрозаводск, 1967. [6]. Л. А. Иванов. Фотосинтез и урожай. Сборник работ по физиологии растений памяти К. А. Тимирязева, изд-во АН СССР, М.—Л., 1941. [7]. Л. А. Иванов, Н. Л. Коссович. Полевой метод определения фотосинтеза

в ассимиляционной колбе. «Ботанический журнал», т. 31, № 5, 1946. [8]. В. Н. Любименко. Фотосинтез и хемосинтез в растительном мире. Сельхозгиз, М.-Л., 1935. [9]. В. Н. Ненюхин. Некоторые физиологические особенности прививок сосен в период их приживания. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1965. [10]. Т. П. Некрасова. Современное состояние и перспективы развития лесного семеноведения. Известия Сибирского отделения АН СССР, № 8, 1962. [11]. Е. П. Проказин. Новые методы семеноводства сосны. Сельхозиздат, М., 1962.

Поступила 15 декабря 1972 г.

УДК 634.0.114

## ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ МЕЛИОРАЦИИ ЕЛОВЫХ МОЛОДНЯКОВ КУЛЬТУРОЙ МНОГОЛЕТНЕГО ЛЮПИНА НА БИОЛОГИЧЕСКИЙ КРУГОВОРОТ ВЕЩЕСТВ

Б. Д. ЖИЛКИН, Т. А. РИХТЕР

Белорусский технологический институт

Проведены исследования в 16—20-летних культурах ели, произрастающих в ельниках орляково-черничном и кисличном. Определены запасы опада и подстилки и содержащихся в них азота и зольных элементов. Оказалось, что многолетний люпин в этих условиях не изменяет типа биологического круговорота веществ, но способствует более быстрому разложению подстилки и высвобождению из нее азота и зольных элементов.

Исследованиями установлено, что биологическая мелиорация еловых молодняков культурой многолетнего люпина приводит к ускорению их роста и улучшению условий почвенного питания. Последнее связано с различным количеством и качеством органических остатков, ежегодно поступающих на поверхность почвы, и скоростью их разложения.

Для оценки влияния биологической мелиорации еловых молодняков на скорость разложения органического вещества подстилки и тип биологического круговорота мы использовали опадо-подстилочный коэффициент и 10-балльную шкалу оценки биологического круговорота, которую предложили Н. И. Базилевич и Л. Е. Родин [1].

Исследования, заключающиеся в учете опада и подстилки, их весомом и химическом анализе, проводили на пяти стационарах кафедры лесоводства БедТИ, заложенных в ельниках орляково-черничном и кисличном Негорельского учебно-опытного, Воложинского и Молодечненского лесхозов. Опад учитывали на площадках размером  $1 \times 1$  м, подстилку — на площадках  $32 \times 32$  см. Повторность определения 10-кратная. Мокрое озоление опада и подстилки производили по методу В. Пиневич. В полученной вытяжке азот и фосфор определяли колориметрическим методом, кальций и магний — комплексометрическим, калий — на пламенном фотометре.

Проведенные исследования показывают (табл. 1), что в 16—20-летних культурах ели на поверхность почвы поступает 726—4010 кг/га мертвых органических остатков. Их количество минимально в ельнике орляково-черничном, где культуры медленно росли и накопили меньшую органическую массу. С повышением плодородия почвы и появлением в составе насаждения сосны, дуба и других лиственных пород масса ежегодного опада мертвого органического вещества увеличивалась. Несмотря на медленное поступление опада в

Таблица 1

Стационар	Секция	Тип ельника	Возраст ели, лет	Срок действия люпина, лет	Состав	Средняя высота, см	Средний диаметр, см	Запас на 1 га, м <sup>3</sup>	Подстилка	Опало-подстилочный коэффициент (а)	Балл (б)	Тип круговорота (г)
									Опад зеленой части $\left(\frac{п}{о}\right)$			
8 <sup>а</sup>	Контроль	Орляково-черничный	18	—	10Е	320	2,80	12	$\frac{5381}{726}$	7,4	5	Сильно заторможенный
	С люпином	То же	18	11	10Е	460	4,20	38	$\frac{5949}{1039}$	5,7	5	"
1	Контроль	Кисличный	18	—	10Е	433	4,00	45	$\frac{6081}{2077}$	2,9	6	Заторможенный
	С люпином		18	10	10Е	543	4,70	70	$\frac{8942}{2978}$	3,0	6	
2	Контроль	"	17	—	10Е	406	3,80	38	$\frac{5232}{1370}$	3,8	6	"
	С люпином		17	10	10Е	446	4,10	43	$\frac{8488}{1867}$	4,5	6	"
3	Контроль	"	16	—	10Е	456	3,70	38	$\frac{5228}{2742}$	1,9	6	"
	С люпином		16	14	10Е	545	4,40	59	$\frac{6445}{3047}$	2,1	6	"
4	Контроль	"	20	—	4Е6С+Б, ед.Д, Кл	582	4,10	92	$\frac{14448}{3810}$	3,8	6	"
	С люпином		20	18	6Е4С+Д, ед.Б, Кл	699	4,80	120	$\frac{13523}{4010}$	3,4	6	"

Таблица 2

Стацио- нар	Секция	N		P		K		Ca		Mg	
		$\frac{п}{о}$	$\frac{а_N}{б}$	$\frac{п}{о}$	$\frac{а_P}{б}$	$\frac{п}{о}$	$\frac{а_K}{б}$	$\frac{п}{о}$	$\frac{а_{Ca}}{б}$	$\frac{п}{о}$	$\frac{а_{Mg}}{б}$
8 <sup>з</sup>	Контроль	51,9	5,9	5,3	6,6	15,6	6,2	35,9	8,8	1,5	7,5
		8,8	5	0,8	5	2,5	5	4,1	5	0,2	5
	С люпином	68,6	5,3	4,8	4,4	16,8	5,3	40,5	7,1	2,8	5,6
		12,9	6	1,1	6	3,2	6	5,7	5	0,5	5
1	Контроль	61,8	2,5	6,5	2,4	20,4	3,1	45,0	3,2	2,7	2,7
		25,0	6	2,7	6	6,6	6	13,9	6	1,0	6
	С люпином	69,7	2,0	7,4	2,5	30,0	3,1	75,2	3,9	5,7	3,2
		34,7	6	3,0	6	9,6	6	19,3	6	1,8	6
2	Контроль	58,4	3,9	6,4	3,8	22,0	6,3	35,2	4,1	3,3	3,3
		15,1	6	1,7	6	3,5	5	8,7	6	1,0	6
	С люпином	78,1	3,4	7,4	3,4	33,8	6,4	49,4	3,9	5,5	4,0
		22,6	6	2,2	6	5,3	5	12,6	6	1,4	6
3	Контроль	70,6	2,4	7,5	2,3	18,0	2,5	53,2	3,1	3,3	2,4
		29,8	6	3,3	6	7,2	6	17,4	6	1,4	6
	С люпином	63,2	1,8	6,5	1,8	16,1	1,9	56,3	2,8	3,0	1,6
		35,5	6	3,7	6	8,3	6	20,4	6	1,9	6
4	Контроль	126,1	2,5	13,6	2,3	35,8	3,3	78,3	3,8	8,2	2,7
		49,6	6	5,9	6	10,9	6	20,8	6	3,0	6
	С люпином	118,6	2,2	12,2	1,8	34,4	2,8	88,8	3,2	8,2	2,3
		54,6	6	6,7	6	12,5	6	27,9	6	3,6	6

ельнике орляково-черничном запас органического вещества подстилки был почти таким же, как в чистых культурах ельника кисличного. В смешанных культурах ели с дубом и сосной запас подстилки был выше, чем в чистых. Это объясняется тем, что в смешанных культурах подстилка начала формироваться сразу после их создания, а в чистых — только на 6—7-й год, когда начала опадать хвоя у ели.

По типам леса и вариантам опыта наблюдаются значительные различия в значениях опадо-подстилочных коэффициентов. Многолетний люпин способствовал ускорению разложения подстилки и уменьшению этого коэффициента в ельнике орляково-черничном и в смешанном сосново-дубово-еловом насаждении ельника кисличного. В чистых же ельниках кисличных он увеличивается. Последнее связано с повышением доли участия хвои в составе ежегодного опада в культурах с люпином. Тип же биологического круговорота веществ под влиянием люпина не изменился. В условиях ельника орляково-черничного в обоих вариантах опыта он был сильно заторможенным, а в условиях ельника кисличного — заторможенным. Ранее [3] уже сообщалось о том, что многолетний люпин не изменяет типа биологического круговорота, а меняет только его емкость в несомкнувшихся культурах ели в условиях ельников черничного и снытьевого.

Химический анализ опада и подстилки показал (табл. 2), что в подстилке ельников орляково-черничного и кисличного в наибольшем количестве накапливается азот, кальций, калий, фосфор и магний. Преобладание в подстилке азота над кальцием свидетельствует о кальциево-азотном типе химизма. Такой тип характерен для подзоны широколиственно-хвойных и мягколиственных лесов [2].

Так как между количеством опада и подстилки и содержанием в них азота и зольных элементов наблюдается прямая зависимость, мы использовали опадо-подстилочный коэффициент и шкалу Н. И. Базилевич и Л. Е. Родина для оценки интенсивности и типа круговорота отдельных элементов. Полученные данные не только подтверждают ранее приведенную закономерность, но и показывают, что биологическая мелиорация ельников культурой люпина во всех случаях повышает подвижность азота и в большинстве случаев — фосфора, калия, кальция и магния. И не случайно запас определяемых элементов в подстилке в опытных вариантах в отдельных случаях ниже по сравнению с контролем, несмотря на более интенсивное поступление их с опадом. В ельнике орляково-черничном по азоту, фосфору и калию тип биологического круговорота из сильно заторможенного на контроле перешел в заторможенный в варианте с люпином; по кальцию и магнию он не изменился. В ельнике кисличном многолетний люпин не вызывает изменения типа биологического круговорота, но повышает интенсивность высвобождения азота и зольных элементов из подстилки. Это оказывает положительное влияние на естественное плодородие почвы. В ельнике орляково-черничном, произрастающем на супесчаной почве с малой емкостью поглощения, при регулировании скорости разложения подстилки необходимо следить, чтобы количество азота и зольных элементов, высвобождающихся из подстилки, не превышало общей емкости поглощения елового биогеоценоза. В противном случае возможно вымывание этих элементов за пределы досягаемости корней.

Улучшение роста культур под влиянием биологической мелиорации многолетним люпином свидетельствует о том, что отмеченная интенсификация процессов в нисходящей ветви биологического круговорота между растениями и почвой сопровождается интенсификацией соответствующих процессов и в его восходящей ветви. Следовательно

но, в еловых молодняках, в которых подстилка формируется из плохо разлагающегося опада хвои, основные элементы питания надолго выключаются из годовичного цикла и в больших количествах концентрируются в подстилке. Для усиления биологического круговорота веществ в таких культурах до смыкания вполне целесообразно применять биологическую мелиорацию многолетним люпином. После смыкания еловых молодняков на смену люпину, почвоулучшающая роль которого в связи с изреживанием уменьшается, могут прийти такие биологические мелиоранты, как ольха серая и черная, береза бородавчатая и подлесочные: дрок, ракитник и др. Это позволяет поддерживать благоприятные условия почвенного питания и хороший рост ели в течение длительного времени.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Н. И. Базилевич, Л. Е. Родин. Типы биологического круговорота зольных элементов и азота в основных природных зонах Северного полушария. «Генезис, классификация и картография почв СССР», доклады к VIII Международному конгрессу почвоведов, М., 1964. [2]. Н. И. Базилевич, Л. Е. Родин. Продуктивность и круговорот элементов в естественных и культурных фитоценозах (по материалам СССР). В кн.: Биохимическая продуктивность и круговорот химических элементов в растительных сообществах, Л., 1971. [3]. Б. Д. Жилкин, В. П. Григорьев, Л. Н. Рожков. Исследование биологического круговорота азота и зольных элементов в ельняках с междурядной культурой люпина. Материалы научно-технической конференции по итогам научных работ за 1968 г. (краткие сообщения), Минск, 1969.

Поступила 9 марта 1973 г.

УДК 581.524.1 : 581.1

### К ОБОСНОВАНИЮ ВЫБОРА ПОРОД-ПРИМЕСЕЙ ДЛЯ СМЕШАННЫХ КУЛЬТУР ТОПОЛЯ КАНАДСКОГО

*М. В. КОЛЕСНИЧЕНКО, В. В. ЧУМАКОВ*

Воронежский сельскохозяйственный институт

В лабораторных и вегетационных опытах изучали биохимические взаимодействия тополя канадского с другими породами. По отклонению от контроля скорости накопления  $P^{32}$  в стволиках, приросту по высоте и диаметру судили о характере действия фитонцидов. Это имеет значение для выбора оптимальных схем смешения в лесных культурах.

Культура быстрорастущего тополя канадского имеет большое значение для лесного хозяйства и полезащитного лесоразведения. Из опыта лесоразведения известно, что смешанные насаждения более продуктивны и биологически устойчивы, чем чистые. Поэтому новые насаждения надо создавать смешанными. При подборе пород для совместного роста, помимо влияния почвенно-климатических условий, надо учитывать еще взаимоотношения растений. В настоящее время эти взаимоотношения изучены недостаточно полно, и существующие принципы подбора компонентов для смешанных культур учитывают не все виды взаимодействия. Из-за недостатка сведений пока совершенно не учитывается биохимическое влияние через фитонциды [9].

На основании изучения биохимических взаимодействий древесных пород и анализа опыта степного лесоразведения нами [3], [6] выдвинута гипотеза аллелопатического соответствия древесных пород в сложившихся (хорошо растущих) лесных насаждениях. На ее осно-

ве проведено данное исследование по обоснованию подбора древесных пород для смешанных тополевых насаждений. Была поставлена серия опытов по оценке биохимических взаимовлияний тополя канадского с рядом древесных пород, могущих расти с ним в одинаковых почвенно-климатических условиях: акацией белой, акацией желтой, березой бородавчатой, бузиной красной, вязом мелколистным, жимолостью татарской, ольхой черной, скумпгией и ясенем пушистым. Опыты поставлены в двух звеньях: лабораторном и вегетационном по ранее разработанным методикам [4], [5]. Поскольку в полевых условиях пока нельзя отделить биохимические взаимовлияния от других форм проявления взаимоотношений, исследования проводили в условиях однофакторного лабораторного опыта.

Изучали влияние летучих воздушных и водорастворимых почвенных фитонцидов ряда древесных растений (доноров) на интенсивность минерального питания тополя канадского (растение-акцептор). Схема опытов была следующей: 1 — общий контроль без воздействия фитонцидами; 2 — растения под воздействием фитонцидов: а) воздушных; б) воздушных и почвенных одновременно.

Опыты проводили в два периода: а) контрольный, для выявления нормального уровня жизнедеятельности; б) при воздействии фитонцидами. Опытные растения содержали при оптимальном увлажнении, ежедневно поливая до определенного веса.

Растениями-акцепторами служили 1—2-летние растения тополя канадского, выращенные из черенков в почвенной культуре. Источником летучих воздушных фитонцидов были 2—3-летние растения-доноры, также в почвенной культуре. Водорастворимые почвенные фитонциды получали в виде дренажной воды от полива 2—3-летних сеянцев древесных пород, растущих в вегетационных сосудах. При воздействии воздушными фитонцидами растения-доноры помещали вместе с растениями-акцепторами в экологические камеры со свободной вентиляцией. При изучении совместного влияния воздушных и почвенных фитонцидов вазоны с растениями-акцепторами кроме того поливали (до постоянного веса) дренажной водой от растений-доноров. Методом бумажной хроматографии в составе этой воды обнаружен ряд физиологически активных веществ: аминокислоты, фенольные соединения и органические кислоты.

Изменение интенсивности процесса жизнедеятельности учитывали по суточной скорости накопления  $P^{32}$  в стволиках опытных растений тополя. Радиоактивный фосфор активностью 35 мкк на вазон (2 л) вводили в виде  $KH_2P^{32}O_4$  вместе со смесью Гельригеля. Питательную смесь вносили для создания примерно одинаковой обеспеченности растений элементами питания, а также для использования ее фосфорных соединений в качестве носителя радиоактивного фосфора. Радиоактивность измеряли на целых растениях прижизненно всегда в одной точке стволика торцовым счетчиком СБТ-7, подключенным к установке типа В-3. Опыты проводили в течение 10—12 дней. В первые 4 дня выявляли нормальную скорость накопления  $P^{32}$ , в течение последующих 6—8 дней — в условиях воздействия фитонцидами. Отклонение скорости накопления радиоактивного фосфора от нормальной в период воздействия служило мерой эффекта влияния фитонцидов. В проведенных ранее исследованиях было установлено, что накопление  $P^{32}$  в стволиках связано с ростом тканей. По аналогичной схеме выполнены опыты по выявлению активности фосфорилазы в листьях тополя. При этом использована известная методика [8].

Результаты наиболее характерных лабораторных опытов показаны на рис. 1, из которого видно, что без воздействия фитонцидами

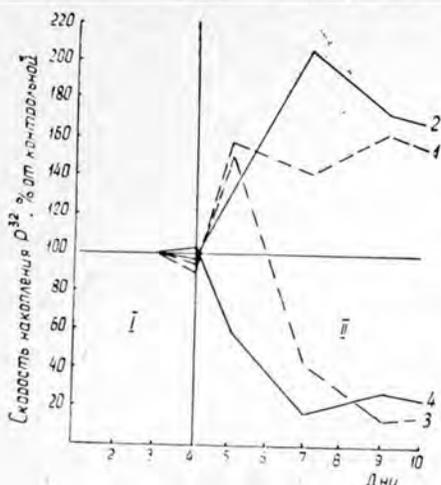


Рис. 1.

*I* — контрольный период; *II* — период воздействия фитонцидами; 1, 2 — жимолости татарской; 3, 4 — бузины красной; 1, 3 — воздушными; 2, 4 — одновременно воздушными и почвенными.

скорость накопления  $P^{32}$  у растений опытных и общего контроля мало различалась. В период воздействия фитонцидами этот процесс сильно изменяется. Фитонциды жимолости татарской вызвали активирование, а бузины красной — ингибирование скорости накопления  $P^{32}$ .

Аналогичным путем получены результаты при воздействии фитонцидами других пород (табл. 1).

Таблица 1

Воздействующая порода	Отклонение скорости накопления $P^{32}$ от нормы, %, в стволиках тополя канадского при воздействии фитонцидами	
	воздушными	воздушными + почвенными
Акация белая	+ 124	+ 87
Акация желтая	+ 68	+ 91
Береза бородавчатая	- 27	- 29
Бузина красная	- 79	- 74
Вяз мелколистный	- 17	- 45
Жимолость татарская	+ 59	+ 79
Ольха черная	+ 24	+ 32
Скумпия	+ 83	+ 46
Ясень пушистый	+ 37	+ 46

Материалы таблицы свидетельствуют о том, что фитонциды березы бородавчатой, бузины красной и вяза мелколистного уменьшают скорость накопления  $P^{32}$  в стволиках тополя канадского, а фитонциды акации белой, акации желтой, жимолости татарской, ольхи черной, скумпии и ясеня пушистого — увеличивают.

Различие в характере действия фитонцидов разных пород на интенсивность фосфорного питания тополя канадского можно объяснить их видовой спецификой, обусловленной различным качественным составом [6].

Действие фитонцидов сказывается и на других процессах жизнедеятельности растений. Так, активность фосфорилазы в листьях тополя канадского повысилась, по сравнению с контролем, при воздействии воздушных фитонцидов жимолости татарской на 99%, при совместном воздействии воздушных и почвенных — на 118%. Действие

фитонцидов бузины красной снизило активность фосфорилазы соответственно на 49 и 63%.

Параллельно с лабораторными проводили вегетационные опыты. Сосуды емкостью 6 л наполняли почвой и сажали по 4 растения (неокорененные черенки тополя и 2-летние растения других пород). Схема опытов: чистые культуры (контроль) и смешанные (2 растения одного вида и 2 другого). Каждый вариант опыта (по 4 сосуда) обособливали от других пленочной камерой, открытой сверху для свободной вентиляции. В камерах создавали концентрацию летучих воздушных фитонцидов, близкую к естественной. Увлажнение и снабжение элементами минерального питания в сосудах были оптимальными, поэтому конкуренция растений сводилась к минимуму. В каждый сосуд вносили радиоактивный фосфор активностью 150 мкк.

За показатели физиологического состояния древесных пород, произрастающих в смешанных культурах, были взяты радиоактивность нижней части стволика, прирост по высоте и диаметру за вегетационный период 1972 г. Результаты, приведенные в табл. 2, обработаны методом математической статистики.

Таблица 2

Вариант смешанных культур	Общий уровень радиоактивности	Прирост по высоте	Прирост по диаметру
	% от контроля		
Тополь + бузина красная	80,0**	83,0****	82,0****
	123,0****	110,8****	116,0**
Тополь + жимолость татарская	120,0**	113,2	136,5***
	180,0*	188,0****	198,6****
Тополь + береза бородавчатая	82,5**	87,0*	66,8****
	69,6***	60,0****	63,2***
Тополь + вяз мелколистный	72,6***	63,6****	78,6***
	57,3****	66,7****	83,0**
Тополь + акация желтая	152,4***	144,1	131,9**
	149,1***	174,3****	157,3
Тополь + скуппия	151,9*	158,1***	158,2****
	89,8	90,2	56,4****

Примечание. Разница достоверна с доверительным уровнем вероятности: \* — 0,95; \*\* — 0,99; \*\*\* — 0,999; \*\*\*\* — 1,0.

Данные табл. 2 говорят о том, что береза бородавчатая, бузина красная и вяз мелколистный угнетают жизнедеятельность тополя канадского, а акация желтая, жимолость татарская и скуппия — стимулируют. Сами же породы-примеси в смешении с тополем ведут себя также по-разному: акация, бузина, жимолость стимулируются тополем; а береза, вяз и скуппия угнетаются.

Сопоставление результатов табл. 1 и 2 обнаруживает полную их согласованность. Это говорит о том, что в вегетационных опытах действие фитонцидов было таким же существенным, как и в лабораторных. По характеру влияния фитонцидов на главную породу нами введено деление пород-примесей на активаторы и ингибиторы; оно облегчает выбор оптимальных сочетаний древесных пород в лесных насаждениях.

Анализ опубликованных материалов по выращиванию смешанных культур тополя канадского показывает, что он лучше растет в присутствии акации белой, акации желтой, жимолости татарской, ольхи черной, скуппии и ясеня пушистого [2], [7] и плохо с березой

бородавчатой и бузиной красной [1], [7]. Опыт выращивания тополя с вязом мелколистным авторам неизвестен.

Приведенные материалы подтверждают ранее выдвинутую гипотезу об аллелопатическом соответствии древесных растений в хорошо растущих, сложившихся лесных насаждениях, равно как и несоответствие их в плохо растущих, разрушающихся насаждениях.

Проведенные исследования имеют и практическое значение для более обоснованного выбора пород-примесей для смешанных тополевых культур. Можно рекомендовать следующие пропорции смешения: главные породы — более 50%, породы-активаторы — 20—30%, породы-ингибиторы — 10—20%. Малая примесь пород-ингибиторов полезна, так как вызовет стимулирование жизнедеятельности тополя, как ответной защитной реакции. Большое разнообразие фитонцидов в насаждении будет повышать биологическую устойчивость насаждения против вредителей и болезней.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. М. М. Вересин, М. А. Мамырин, И. Я. Шемякин, А. Н. Якубюк. Столетний опыт лесоразведения в Савальском лесничестве. Гослесбумиздат, М., 1963. [2]. В. Н. Егоров, И. В. Трещевский, В. Г. Шаталов. Полезащитное и пойменное лесоразведение. Центрально-Черноземное книжное изд-во, Воронеж, 1967. [3]. М. В. Колесниченко. О биохимическом соответствии древесных пород в лесном насаждении. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 6, 1964. [4]. М. В. Колесниченко. Методика учета влияния фитонцидов на древесные растения по изменению интенсивности фотосинтеза и минерального питания. Сб. «Физиолого-биохимические основы взаимодействия растений в фитоценозах», вып. 2, Киев, изд-во «Наукова думка», 1971. [5]. М. В. Колесниченко, Ю. М. Спахов, А. С. Спахова. Особенности сезонного ритма и скорости поглощения фосфора древесными породами при совместном произрастании. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1971. [6]. М. В. Колесниченко. Биохимические взаимодействия древесных растений. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1968. [7]. Д. Д. Лавриненко, Г. И. Редько, А. А. Лишенко, А. К. Ковалевский, А. В. Прилуцкий, С. Г. Черемской, А. В. Лесовский, В. А. Тимченко. Создание тополевых насаждений. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1966. [8]. Б. П. Плешков. Практикум по биохимии растений. Изд-во «Колос», М., 1968. [9]. Б. П. Токни. Явления фитонцидов — предмет экологических исследований. Сб. «Летучие биологически активные соединения биогенного происхождения», изд. Московского университета, 1971.

Поступила 19 февраля 1973 г.

УДК 634.0.232:674.031.632.13

### ИТОГИ ИСПЫТАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ БЕРЕЗЫ В ЛЕСОСТЕПНОЙ ОПЫТНО-СЕЛЕКЦИОННОЙ СТАНЦИИ

В. И. БИРЮКОВ

Брянский технологический институт

Рассмотрен вопрос об изучении опыта интродукции и акклиматизации 13 видов и одной разновидности березы в Лесостепной опытно-селекционной станции Липецкой области. Выявлены наиболее перспективные из них для защитного и массовного лесоразведения, а также для зеленого строительства.

Изучением возможности внедрения различных видов березы в посадки степных и лесостепных районов европейской части СССР занимались многие исследователи [1]—[5]. Основное внимание они обращали на быстроту роста, устойчивость против неблагоприятных фак-

торов среды, декоративность и другие производственные и биологические качества.

Большую работу по интродукции и акклиматизации березы проделала Лесостепная опытно-селекционная станция (ЛОСС). Здесь испытывается 41 вид и разновидность этой породы [4].

Мы изучали 13 видов и одну форму березы в дендрарии и на участке опытных лесных культур ЛОСС, куда интродуцируемые породы были высажены группами, куртинами и небольшими насаждениями, отделенными друг от друга свободными от древесной растительности полянами.

Таблица I

№ участка	Площадь участка, м <sup>2</sup>	Вид березы	Возраст, лет	Количество учетных деревьев, шт.	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Средний объем ствола, м <sup>3</sup>	Средний годичный прирост по	
								высоте, м	диаметру, см
57	18	Маньчжурская	14	6	8,5	10,8	0,04	0,60	0,77
47	90	Туркестанская	17	22	9,1	10,4	0,04	0,53	0,61
16	75	Пушистая	32	11	16,9	17,4	0,18	0,52	0,54
57	84	Ребристая	33	22	9,5	13,3	0,07	0,29	0,40
62	54	Японская	34	6	16,1	22,5	0,26	0,47	0,66
97	48	Голубая	34	10	16,4	17,8	0,20	0,48	0,52
97	37	Желтая	37	9	10,9	14,6	0,09	0,29	0,39
16	120	Бородавчатая	41	24	18,9	19,9	0,25	0,46	0,48
27	168	Бородавчатая плакучей формы	44	25	18,2	20,6	0,30	0,41	0,47
97	170	Бумажная	44	48	13,4	13,8	0,10	0,30	0,31
57	48	Плосколистная	44	10	13,8	17,2	0,14	0,31	0,39
50	132	"	44	40	12,7	13,7	0,09	0,27	0,31
50	65	"	45	16	14,0	15,1	0,11	0,31	0,33
50	80	Даурская	45	20	11,4	14,3	0,09	0,25	0,32
62	36	"	46	7	11,3	17,1	0,15	0,24	0,37
97	21	Тополистная	45	6	12,3	14,8	0,10	0,27	0,32
42	68	Резниченко	47	14	16,0	20,1	0,22	0,34	0,42

Примечание. Объем древесных стволов определяли с помощью номограммы Г. М. Козленко.

Все виды березы, испытываемые на выщелоченном черноземе дендрария, находятся в сравнительно однородных условиях местопроизрастания, что подтверждается анализом механического и химического состава почвы. Это позволяет произвести сравнительную оценку успешности роста и акклиматизации их. Из приведенных в табл. I данных видно, что наиболее быстрорастущими в условиях засушливого плато дендрария оказались береза бородавчатая обыкновенная и ее плакучая форма, пушистая, а также голубая, японская, маньчжурская, туркестанская. Все они быстро растут в высоту и по диаметру, что свидетельствует об их нетребовательности к влагообеспеченности почв и способности переносить суровые климатические условия (засухи и низкие температуры); достаточно декоративны. Особо надо отметить североамериканскую березу голубую с оригинальной окраской коры (белой с голубоватым оттенком) и прямыми стройными стволами, а также березу бородавчатую с плакучей формой кроны.

Хороший рост в высоту и по диаметру имеет береза Резниченко, выращенная из семян, присланных из Ташкента.

Умеренно растут восточносибирские березы (даурская, плосколистная, ребристая) и североамериканские березы (бумажная, тополистная и желтая). Все эти виды, как свидетельствуют литературные данные, требовательны к влажности почв.

Березы плосколистная и бумажная выделяются яркой белизной стволов. Береза ребристая относится к красивым парковым деревьям с оригинальной светло-желтой, иногда с розоватым оттенком, корой, у молодых деревьев отслаивающейся тонкими пластинками, и с блестящей светло-зеленой листвой. Древесина этой березы обладает высокими техническими качествами.

Шелушащаяся кора, отслаивающаяся лоскутами, — своеобразное украшение березы даурской.

При изучении березы на участке опытных лесных культур были заложены две пробные площади в смешанных культурах березы бородавчатой и бумажной, в кварталах 11 и 12 на склоне балки юго-восточной экспозиции. Культуры созданы посадкой 2-летних сеянцев с размещением  $2 \times 1$  м. Смешение чистыми рядами.

Пробная площадь № 1 заложена в квартале 12 на верхней пологой части склона. Почва — деградированный чернозем. Пробная площадь № 2 заложена в квартале 11 в культурах, занимающих весь склон. В связи с этим почвенно-грунтовые условия на протяжении по склону различны. В верхней части склона почва — деградированный чернозем, свежеватая; в средней — серая оподзоленная на гяжелом суглинке, свежая; в нижней — темно-серая слабооподзоленная на делювиальном суглинке, свежая. Богатство почв и степень их влажности оказывают заметное влияние на рост березы (табл. 2).

Таблица 2

№ пробы	Площадь, га	Вид березы	Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Средний объем дерева, м <sup>3</sup>	Средний годичный прирост по	
							высоте, м	диаметру, см
1	0,5	Бородавчатая	40	18,6	18,6	0,23	0,46	0,46
		Бумажная	40	15,9	11,8	0,08		
Верхняя часть склона								
	0,13	Бородавчатая	38	16,4	15,3	0,17	0,43	0,40
		Бумажная	38	13,8	11,1	0,04		
Средняя часть склона								
2	0,13	Бородавчатая	38	17,8	14,7	0,17	0,45	0,39
		Бумажная	38	15,0	10,2	0,07		
Нижняя часть склона								
	0,13	Бородавчатая	38	16,0	14,9	0,16	0,42	0,39
		Бумажная	38	15,0	13,6	0,09		

Данные таблицы показывают, что береза бородавчатая на обеих пробных площадях растет в высоту и по диаметру лучше, чем береза бумажная.

На пробной площади № 2 береза бородавчатая как порода мало требовательная к богатству и влажности почвы, но светолюбивая и нуждающаяся в хорошей проветриваемости древостоев, растет в высоту лучше на средней, более крутой части склона.

Береза бумажная оказалась требовательней к влажности почвы. Она лучше растет в высоту в культурах на участке опытных лесных культур, чем в условиях засушливого плато дендрария. Наиболее

успешно она растет в средней и нижней частях склона балки, где почвы достаточно богаты и лучше увлажнены.

На пробной площади № 1 и на секциях пробной площади № 2 количество учтенных деревьев березы бородавчатой составляло не менее 101 шт., а бумажной — не менее 42 шт.

Из данных табл. 2 видно, что в смешанные с березой бородавчатой культуры не следует вводить березу бумажную, так как первая, обладая более энергичным ростом, затеняет и вытесняет березу бумажную из насаждения (сохранность 8,6—26,5%).

Как показали многолетние наблюдения и наши исследования, все рассмотренные виды березы в условиях ЛОСС оказались вполне устойчивыми. От морозов и заморозков они не страдают, болезнями и вредителями почти не повреждаются, засуху переносят удовлетворительно. Плодоносят с 9—15 лет, дают самосев. В ЛОСС имеются культуры из семян собственной репродукции, что говорит о полной акклиматизации инорайонных и иноземных видов березы.

В заключение можно сделать следующие выводы.

1. Как наиболее быстрорастущие и вполне устойчивые виды, березы бородавчатую (и ее плакучую форму), пушистую, японскую, голубую, маньчжурскую, туркестанскую и Резниченко необходимо шире внедрять в защитные и массивные насаждения Центральной лесостепи.

2. Для зеленого строительства целесообразно использовать наиболее декоративные березы голубую, бородавчатую плакучей формы, плосколистную, бумажную, ребристую и даурскую.

Внедрение в массивные, защитные и озеленительные посадки перечисленных видов березы поможет улучшить качественный состав наших лесов и обогатить дендрофлору европейской части СССР.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. Г. Акимочкин. Итоги интродукции древесных и кустарниковых пород на Лесостепной опытно-селекционной станции за 35 лет. Ефремов, 1961. [2]. Н. К. Вехов. Быстрота роста экзотов в условиях лесостепи. Курск, 1937. [3]. Н. К. Вехов. Быстрота роста экзотов в условиях степи. Гослесбумиздат, М.—Л., 1949. [4]. М. К. Кузьмин. Деревья и кустарники Лесостепной опытно-селекционной станции. Воронеж, 1969. [5]. Б. И. Логгинов. Древесные и кустарниковые породы для полейзащитных полос зоны южных черноземов. Сборник работ по полейзащитному лесоразведению, Харьков, 1940.

Поступила 4 мая 1973 г.

УДК 634.0.5 + 634.0.56 + 634.0.6

### ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ ТЕРРИТОРИИ ЗЕЛЕННЫХ ЗОН

А. В. ЗОРИН

Марийский политехнический институт

Территория зеленых зон делится на составные части с указанием их элементов. В основу деления, в зависимости от лесоводственных, эстетических, санитарно-гигиенических, рекреационных и историко-познавательных целей использования, положено функциональное значение отдельных частей этой категории лесов.

Директивы XXIV съезда КПСС указывают на необходимость более широкого и рационального использования природных ресурсов, к которым относятся, в частности, леса зеленых зон. Эта задача мо-

2\*

жет быть успешно решена только при условии дифференцированного подхода к ведению лесного хозяйства в зависимости от народнохозяйственного значения лесов. Имеющиеся классификации [1] — [7] относятся или к регионам, или к лесам пригородных зон в целом, или к лесопарковым насаждениям. Детальная классификация собственно лесов зеленых зон отсутствует.

Мы рекомендуем функциональное разделение территории зеленых зон (табл. 1). Оно имеет достоверную функциональную направленность, учитывает многостороннее современное значение этой категории лесов и может служить основой для лесоустroительного проектирования.

Таблица 1

Составные части	Элементы
1. Лесохозяйственные леса	Леса, предназначенные для лесохозяйственного использования
2. Придорожные защитно-декоративные насаждения	Леса вдоль железных и автомобильных дорог, около железнодорожных станций, автомобильных стоянок
3. Прибрежные защитно-декоративные насаждения	Леса вдоль рек, водохранилищ, каналов, озер, искусственных водоемов, источников водоснабжения
4. Лесопарки общего назначения	Живописные лесные массивы, прилегающие к населенным пунктам
5. Лесопарки учреждений массового отдыха	Пионерские лагеря, дома отдыха, пансионаты, дома матери и ребенка, туристские базы, мотели, рыболовно-спортивные базы
а) круглогодичного функционирования	Базы отдыха промышленных предприятий и разных учреждений, летние городки отдыха, дачи детских садов и яслей, лагеря труда и отдыха молодежи, кемпинги, трейлерные парки, охотничьи базы
б) сезонного функционирования	Лесные зоны, предназначенные для однодневного отдыха
в) кратковременного отдыха	Площади сохранившихся или мало тронутых лесохозяйственными мероприятиями естественных и искусственных насаждений
6. Зоны тихого отдыха	Места революционных событий и боевой славы. Лесопарки, аллеи, заложенные в память об исторических событиях
7. Мемориальные места	Местные курорты, санатории, профилактории, санаторные лесные школы
8. Лесопарки оздоровительного значения	Места источников лечебных минеральных вод, озерных и торфяных лечебных грязей и др.
9. Лесные зоны бальнеологического значения	Уникальные древостой по производительности; деревья, повествующие об истории народа; деревья-долгожители, деревья-оригиналы по своему росту и развитию
10. Памятники природы	Лесные зоны около промышленных предприятий, тепловых электростанций, промышленных котельных, очистных сооружений, объектов коммунального назначения.
11. Санитарно-защитные леса	

По основным положениям организации и ведения хозяйства леса зеленых зон должны служить резервом для перспективного расширения и организации зон массового отдыха населения.

Придорожные защитно-декоративные насаждения — это не аналог придорожных защитных полос вдоль железных и шоссейных дорог как отдельной категории лесов первой группы. Основная задача их заключается в декоративном оформлении дорог с исполь-

зованием естественных ландшафтов и частичной посадкой декоративных деревьев.

Перед прибрежными защитно-декоративными насаждениями, расположенными узкой полосой вдоль водных источников, ставится задача защиты берегов от размывов и смылов водой и декоративного оформления пляжей.

Лесопарки общего назначения должны максимально сохранять естественный природный ландшафт. Их благоустройство должно сводиться к созданию наилучших условий для кратковременного отдыха населения всех возрастов.

Лесопарки учреждений массового отдыха должны обеспечивать условия для активного отдыха, включающего участие отдыхающих в элементарном благоустройстве и сохранении леса.

Контингент отдыхающих в лесах зеленых зон по возрасту и вкусу весьма разнообразен. Одни, особенно молодежь, могут отдыхать в любой обстановке. Другие предпочитают нетронутый, сохранившийся лес. Такие зоны, называемые зонами тихого отдыха, также необходимо создавать на небольших площадях.

В предреволюционные годы и в годы Великой Отечественной войны многие лесные места стали свидетелями выдающихся событий. Они имеют большое мемориальное значение и должны служить для изучения истории КПСС, воспитания молодежи на революционных и боевых традициях. По этим местам должны пролегать туристские тропы.

Сейчас в каждой союзной республике, в большинстве автономных республик, краев и областей функционируют доступные местному населению лечебные учреждения. Многие из них расположены в лесу, поэтому здесь необходимо создавать лесопарки оздоровительного значения.

С целью лесоводственной и санитарной охраны лечебных источников необходимо выделять зоны бальнеологического значения.

Отдельные насаждения, ландшафтные группы и деревья, отличающиеся видовым составом, высокими эстетическими достоинствами; историчностью, оригинальностью роста и развития следует сохранять как памятники природы.

На территории многих зеленых зон или у границ их лесных массивов расположены промышленные предприятия, тепловые электростанции и объекты коммунального значения, загрязняющие своими выбросами окружающую среду. Для сохранения и защиты лесов и смягчения отрицательного действия вредных выбросов предприятий в зеленых зонах необходимо выделять защитные санитарные зоны.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. М. И. Гальперин. Организация хозяйства в пригородных лесах. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1967. [2]. М. И. Гальперин, А. А. Николин. Ландшафтная таксация лесопарковых насаждений, Свердловск, 1971. [3]. И. П. Коваль. Основы рационального использования горных лесов Черноморья. Журн. «Лесное хозяйство» № 11, 1971. [4]. В. П. Ковтунов. Особенности лесоустройства лесов зеленых зон. Гослесбуиздат, М., 1962. [5]. В. П. Ковтунов. Методические указания по лесоустройству некоторых категорий лесов. Львов, 1968. [6]. А. А. Николин. Основы лесоустройства лесопарковых насаждений зеленых зон промышленных центров Свердловской области. Свердловск, 1972. [7]. Л. В. Попов. Опыт типизации территории по хозяйственному значению леса. Доклады Института географии Сибири и Дальнего Востока, вып. 32, Иркутск, 1971.

УДК 634.0.2

## ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ЭСТЕТИЧЕСКОЙ И САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЛАНДШАФТОВ ЛЕСОПАРКОВ

В. П. КОВТУНОВ

Львовский лесотехнический институт

Даны принципы эстетической оценки ландшафтов по пятибалльной системе с учетом рельефа, почвы, растительности, породного состава, возраста, состояния насаждений, эмоционального воздействия на человека и др. Санитарно-гигиеническая оценка ландшафтов также определяется по пятибалльной системе, исходя из жизнеустойчивости насаждений, фитонцидности и газоустойчивости древесных и кустарниковых пород.

### *1. Эстетическая оценка ландшафтов*

Эстетическая оценка ландшафтов зависит от многих факторов: рельефа, почвы, растительности, породного состава, возраста и состояния насаждений, эмоционального воздействия, художественного вкуса и опыта таксатора и др.

Наши главные лесообразующие породы при надлежащем сочетании создают природные ландшафты изумительной красоты. Мы рекомендуем пятибалльную систему оценки ландшафтов, при которой первый класс является наивысшей оценкой, а пятый — самой низкой (табл. 1).

Эстетическая ценность ландшафта определяется общим впечатлением, произведенным на наблюдателя, но ни в коем случае не как среднеарифметическая из всех элементов ландшафта.

Среднеарифметический показатель характеризует класс совершенства данного ландшафта, по которому можно давать оценку ландшафта в настоящее время и после выполнения запроектированных мероприятий. Класс совершенства ландшафта обозначается как средний класс бонитета: II,3; III,5; V,1 и т. п.

### *II. Санитарно-гигиеническая оценка ландшафтов*

Санитарно-гигиеническая оценка ландшафтов также определяется по пятибалльной системе, исходя из жизнеустойчивости насаждений, фитонцидности и газоустойчивости древесных и кустарниковых пород.

1. Жизнеустойчивость насаждений оценивается по пяти степеням.

Первая степень — насаждения хорошего роста и развития, здоровые деревья составляют не менее 90%. Почва не уплотнена. Подрост и подлесок соответствуют условиям местопроизрастания. Требуется только охрана и защита леса в ближайшее время.

Вторая степень — насаждения такие же, как и первой степени, здоровые деревья составляют 75—90%. Требуют рубок ухода и формирования ландшафтов.

Третья степень — насаждения с признаками замедленного роста и развития. Здоровые деревья составляют 50—75%. Почва уплотнена.

Требуется срочное проведение выборочной санитарной рубки и ухода за подростом, подлеском и почвой.

Четвертая степень — насаждения в основном перестойные с началом распада. Здоровые деревья составляют только 25—50%. Почва сильно уплотнена. Требуется проведение лесовосстановительных сплошных рубок в первую очередь.

Пятая степень — насаждения с массовыми повреждениями насекомыми, болезнями, пожарами, ветровалом, снеголомом и создающие угрозу соседним насаждениям. Требуется срочное проведение сплошных санитарных рубок, независимо от возраста.

Средняя степень определяется как средний класс бонитета.

2. Фитонцидность устанавливается по показателям, приведенным в работе проф. В. Г. Нестерова [2].

3. Газоустойчивость определяется по показателям Н. П. Красинского и Е. И. Князева [1].

Анализ полученных данных (с учетом близости населенных пунктов и промышленных предприятий) позволит дать санитарно-гигиеническую оценку ландшафта.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Н. П. Красинский, Е. И. Князева. Дымоустойчивость растений и дымоустойчивые ассортименты. Сборник работ под общей ред. Н. П. Красинского, Горький — М., 1950. [2]. В. Г. Нестеров. Общее лесоводство, Гослесбуиздат, М.—Л., 1954.

Поступила 24 января 1973 г.

УДК 634.0.

## К ВОПРОСУ О РАСПРОСТРАНЕНИИ КОМЛЕВЫХ ГНИЛЕЙ В РАЗНОВОЗРАСТНЫХ ДРЕВОСТОЯХ ИЗ ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ

В. С. ПОЛЯКОВ

Брянский технологический институт

По данным перечислительной таксации в лиственничных насаждениях Красноярского края установлено, что в зависимости от географии района, условий среды (типов леса), типов возрастной структуры древостоев, возраста, диаметра деревьев зараженность лиственничников комлевыми гнилями изменяется в широких пределах. Наиболее развитые деревья менее устойчивы к приным заболеваниям, чем угнетенные, отстающие в росте.

Работу проводили на территории трех лесорастительных провинций Красноярского края [1]: Эвенкийской лиственничных и горнотаежных темнохвойных лесов, Приенисейской темнохвойных и лиственничных лесов, Ангарской сосновых лесов.

Исследования на массовом материале пробных площадей (221 пробная площадь, в том числе 21 со сплошной рубкой, с рубкой и таксацией на них 10159 деревьев) позволили сделать вывод о том, что у лиственницы сибирской преобладают комлевые гнили. Их распространению способствуют пожары, повреждающие корни деревьев.

В Приангарье гнили вызываются в основном трутовиками Швейнитца и смолистым, корневой губкой и еловым стереумом. Костяный трутовик, лиственничная разновидность еловой губки встречаются чаще на территории Приенисейской провинции.

В зависимости от географии района, условий среды (типов леса), типов возрастной структуры древостоев, возраста, диаметра деревьев зараженность лиственничников изменяется в довольно широких пределах [2].

Таблица 1

Диаметр на высоте груди, см	Пораженность деревьев, %, по классам возраста					
	VI (101—120)	VII (121—140)	VIII (141—160)	IX (161—180)	X (181—200)	XI (201—220)
16	3,2	—	—	—	—	—
20	4,8	4,4	—	—	—	—
24	5,1	8,8	—	—	—	—
28	12,6	11,6	20,5	—	—	—
32	18,8	22,2	21,8	28,8	—	—
36	16,1	25,8	31,3	30,2	—	—
40	24,1	23,5	36,6	41,3	40,6	—
44	29,3	33,1	41,8	41,6	51,3	50,1
48	32,8	31,6	44,6	51,8	55,8	60,5
52	32,3	38,8	49,2	53,1	56,3	70,5
56	34,5	39,2	51,8	59,1	58,8	75,6
60	36,2	40,5	55,1	60,5	59,0	—
64	—	46,1	—	62,1	60,5	—

Пораженность гнилями деревьев лиственницы, имеющих практически одинаковый возраст, находится в определенной связи с диаметрами: толстомерные деревья поражены гнилями в большем количестве, чем имеющие малые диаметры (табл. 1, данные пробных площадей, заложенных в лиственничных древостоях разнотравной группы типов леса Приангарской провинции сосновых лесов). Связь эта выражается коэффициентом корреляции, равным 0,63, корреляционным отношением — 0,66. Пораженность гнилями лиственниц с близкими диаметрами, но разного возраста находится в обратной зависимости от последнего: при практически одинаковых диаметрах более молодые деревья сильнее повреждены грибами-возбудителями гнилей. Таким образом, угнетенные (отставшие в росте) деревья лиственницы имеют повышенную устойчивость к грибным инфекциям в сравнении с теми, у которых нормальный или повышенный прирост. С точки зрения лесного хозяйства при проведении в разновозрастных лиственничниках длительно-постепенных и сплошнокуртинных рубок [3] приемлемо назначение в рубку некоторой части приспевающих лиственниц. В то же время вне рубки остается определенное количество деревьев, достигших возраста спелости, но отставших в росте, ибо развитые приспевающие деревья поражены гнилями больше, чем оставленные на корню спелые (угнетенные) тонкомерные стволы. Вывод о том, что пораженность деревьев гнилями хотя и имеет связь с возрастом и диаметром, но теснее связана с приростом по диаметру, сделанный Э. Н. Фалалеевым [4] при исследованиях в пихтовых древостоях Сибири, подтвержден нами для лиственницы.

В лиственничниках у деревьев близкого возраста гниль имеет большую высоту распространения и диаметр на пне у толстомерных деревьев (табл. 2, данные пробных площадей, заложенных в лиственничных древостоях разнотравной группы типов леса Приангарской провинции сосновых лесов). Деревья лиственницы примерно одинакового диаметра имеют тем большее распространение гнили по высоте, чем они моложе. Подобная закономерность отмечается и в отношении величины диаметра гнили: при одинаковой толщине ее больше у молодых деревьев. Обычно комлевые гнили не достигают 3,0 м по

Таблица 2

Диаметр на пне, см	Высота распространения гнили, м Диаметр гнили, см					
	VI (101—120)	VII (121—150)	VIII (141—160)	IX (161—180)	X (181—200)	XI (201—220)
16	$\frac{0,1}{5}$	—	—	—	—	—
20	$\frac{0,2}{7}$	$\frac{0,2}{6}$	—	—	—	—
24	$\frac{0,3}{9}$	$\frac{0,5}{8}$	—	—	—	—
28	$\frac{0,5}{10}$	$\frac{0,6}{11}$	$\frac{0,5}{8}$	—	—	—
32	$\frac{0,7}{11}$	$\frac{0,8}{13}$	$\frac{0,9}{12}$	$\frac{0,8}{10}$	—	—
36	$\frac{0,9}{17}$	$\frac{1,1}{18}$	$\frac{1,0}{17}$	$\frac{1,0}{15}$	—	—
40	$\frac{1,1}{24}$	$\frac{1,4}{21}$	$\frac{1,6}{20}$	$\frac{1,8}{14}$	$\frac{1,3}{10}$	—
44	$\frac{1,3}{25}$	$\frac{1,6}{26}$	$\frac{1,7}{25}$	$\frac{2,0}{21}$	$\frac{1,9}{13}$	$\frac{1,7}{20}$
48	$\frac{1,5}{27}$	$\frac{1,4}{31}$	$\frac{1,9}{28}$	$\frac{2,0}{26}$	$\frac{2,2}{19}$	$\frac{2,0}{24}$
52	$\frac{1,7}{26}$	$\frac{1,9}{28}$	$\frac{1,9}{31}$	$\frac{1,7}{30}$	$\frac{2,3}{23}$	$\frac{2,4}{31}$
56	$\frac{1,9}{28}$	$\frac{2,2}{31}$	$\frac{2,3}{30}$	$\frac{2,3}{31}$	$\frac{2,6}{30}$	$\frac{2,5}{37}$
60	$\frac{2,1}{34}$	$\frac{2,3}{35}$	$\frac{2,3}{33}$	$\frac{2,6}{34}$	$\frac{2,7}{33}$	—
64	—	$\frac{2,5}{38}$	—	$\frac{2,5}{36}$	$\frac{2,7}{31}$	—

высоте ствола, что несколько ограничивает их влияние на количество и качество деловой древесины.

Исследования влияния гнилей на прирост позволили сделать вывод о том, что средний периодический прирост по высоте у здоровых деревьев на 20—15% больше, что у пораженных гнилями. Следовательно, поражение лиственничников гнилями ведет к снижению их производительности.

Потери деловой древесины от повреждения деревьев лиственницы комлевыми гнилями в среднем составляют 6—8%.

В древостоях отмеченных лесорастительных провинций гнили имеют относительно равномерное (не очаговое) распространение, что в значительной степени облегчает составление таблиц по выявлению товарной структуры.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Леса СССР. Т. 4, М., 1969. [2]. В. С. Поляков. Лиственничные леса Красноярского края и научные основы ведения учетных работ в них. Отчет по научно-исследовательской работе на тему «Изучение роста, строения и состояния ле-

сов центральной Сибири и пути их улучшения», СТИ, Красноярск, 1969, [3]. В. С. Поляков. О способах рубок главного пользования в лиственных лесах Красноярского края. Сб. «Лесная таксация и лесоустройство», Красноярск, 1972, [4]. Э. Н. Фаталеев. Пихтовые леса Сибири. Диссертация на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук, Красноярск, 1967.

Получила 15 мая 1973 г.

УДК 634.0.232.315.3

## ВЫРАЩИВАНИЕ СЕЯНЦЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ

М. А. ЗЕЛЕНСКИЙ, В. М. СИДОРОВА

Саратовский сельскохозяйственный институт

Сообщаются итоги опытной работы по предпосевному намачиванию семян сосны в растворах солей некоторых микроэлементов. Наиболее эффективное действие оказало 12-часовое намачивание семян в 0,02%-ном растворе сернокислой меди, в 0,03%-ном растворе сернокислого цинка и в 0,005—0,01%-ном растворе сернокислого никеля.

Специалистам лесного хозяйства Саратовской области предстоит выполнить большие работы по созданию новых лесных насаждений в гослесфонде, намеченные пятилетним планом развития народного хозяйства СССР на 1971—1975 гг. Для этого потребуется огромное количество высококачественного посадочного материала. Однако до настоящего времени вопрос о выходе посадочного материала с единицы продуцирующей площади в условиях Саратовской области решен далеко не удовлетворительно, о чем свидетельствует фактический выход стандартных сеянцев, который в среднем колеблется от 36 до 89%.

Важный фактор увеличения выхода посадочного материала — усиление энергии прорастания и повышение всхожести семян. Здесь немаловажное значение имеет соответствующая подготовка семян к посеву. Как один из приемов подготовки можно использовать предпосевное намачивание семян в растворах микроэлементов.

Известно, что многие микроэлементы положительно влияют на энергию прорастания и всхожесть семян сельскохозяйственных культур. О выращивании основных древесных пород с применением микроэлементов данных немного ([1]—[7] и др.). Кафедра лесомелиорации Саратовского сельскохозяйственного института ряд лет ведет такие исследования. В 1970 и 1971 гг. мы изучали действие сернокислых солей цинка, меди, кобальта, никеля, марганца и борной кислоты на всхожесть семян и дальнейший рост сеянцев сосны обыкновенной. Исследования проводили лабораторным и полевым методами. Предварительно проводили агрохимическое обследование почвы на содержание питательных веществ и подвижных форм микроэлементов.

Наши исследования показали, что почва в корнеобитаемом слое опытного участка черноземно-луговая, легкосуглинистая, среднегумусная (6,8%) с нейтральной реакцией (рН = 6,0) по всему профилю, слегка карбонатная, незасоленная (плотный остаток 0,09%). Содержание подвижного калия высокое, а подвижного фосфора низкое. Обеспеченность микроэлементами подвижной формы низкая. Состояние семян сосны перед опытом: лабораторная всхожесть — 75%, энергия прорастания — 54,7%, абсолютный вес 1 тыс. семян — 7,65 г.

Методика лабораторных опытов заключалась в определении энергии прорастания и всхожести семян сосны, намоченных в растворах микроэлементов различных концентраций (0,003; 0,005; 0,01; 0,02; 0,025; 0,03; 0,04; 0,06; 0,08 и 0,12%) в течение 6, 12 и 20 час. Контрольные семена замачивали в дистиллированной воде. Энергию прорастания и всхожесть определяли по ГОСТу 15056.6—68.

Результаты опытов показали, что микроэлементы положительно влияют на энергию прорастания и всхожесть семян сосны обыкновенной. Наибольшее положительное действие микроэлементов наблюдалось при 20-часовом намачивании семян в растворах с неодинаковыми концентрациями для разных микроэлементов и немного ниже при 12-часовом намачивании (табл. 1).

Таблица 1

Вариант опыта	Концентрация, %	Энергия прорастания, % при замачивании		Всхожесть, %, при замачивании	
		на 12 час	на 20 час	на 12 час	на 20 час
ZnSO <sub>4</sub>	0,03	61,0	64,7	85,5	90,0
CuSO <sub>4</sub>	0,02	59,0	64,3	82,3	88,3
CoSO <sub>4</sub>	0,005	57,7	62,3	79,0	86,0
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	0,025	58,3	60,7	80,3	84,7
NiSO <sub>4</sub>	0,01	59,3	63,0	81,3	90,3
MnSO <sub>4</sub>	0,06	59,3	59,7	81,7	82,0
Контроль (вода)	—	54,3	53,3	73,3	75,0

В полевых опытах семена обрабатывали при 20-часовом намачивании растворами в концентрациях, указанных в табл. 1. Посев произведен 25 апреля 1970 г. в бороздки 15-метровой длины, в трехкратной повторности в каждом варианте. Как показали результаты исследований, благотворное влияние всех испытываемых микроэлементов сказалось на грунтовой всхожести, массовости всходов и их количестве (табл. 2).

Таблица 2

Вариант опыта	Дата появления массовых всходов	Ускорение срока появления всходов, дн.	Грунтовая всхожесть, %	Количество всходов	
				на 1 пог. м, шт.	% к контролю
ZnSO <sub>4</sub>	10. V	5	51,2	234,4	223,0
CuSO <sub>4</sub>	9. V	6	48,8	223,2	211,3
CoSO <sub>4</sub>	12. V	3	34,6	158,2	149,8
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	14. V	1	26,2	120,0	113,6
NiSO <sub>4</sub>	8. V	7	55,7	254,8	241,2
MnSO <sub>4</sub>	13. V	2	30,6	140,2	132,7
Контроль	15. V	—	23,1	105,6	100,0

Раньше других появились дружные всходы в вариантах с никелем, медью, цинком (на 7, 6, 5 дней раньше контрольных). Действие кобальта и марганца было менее эффективным, а бора — почти не отличалось от контроля. Наиболее высокий процент грунтовой всхожести семян наблюдался в вариантах с никелем, цинком и медью (на 32,6; 28,1; 25,7% выше контроля). Действие кобальта и марганца на грунтовую всхожесть семян менее эффективно, а бора — незначительно.

Под влиянием никеля, меди, цинка количество всходов было в 1,5—2 раза больше, чем на контроле. Действие кобальта несколько

ниже, чем в указанных вариантах, но все же достаточно сильно (на 68,5% выше контроля), а в вариантах с бором и марганцем количество всходов лишь на 13,6 и 32,7% превышает контроль.

Предпосевная обработка семян сосны особенно заметно сказывается на дальнейшем росте сеянцев. Они лучше развиваются, быстрее наращивают корневую систему и до наступления жары успевают окрепнуть.

Под действием большинства испытываемых микроэлементов наблюдается ускоренный рост сеянцев и накопление ими сухой массы как в первый, так и во второй годы вегетации.

Цинк, медь, никель наиболее эффективно влияют на рост сеянцев в высоту и по диаметру, увеличение мочковатости и длину корней, а также накопление сухой органической массы. Положительное действие кобальта сказалось лишь на увеличении длины корней и диаметра стволика у корневой шейки.

Благоприятное влияние микроэлементов сказывается не только на росте и продуктивности сеянцев, но и на значительной сохранности их в течение первого и второго годов вегетации и, в конечном итоге, на выходе стандартного материала. Здесь особенно положительное влияние оказали также цинк, медь и никель (увеличение соответственно на 65,7; 63,6 и 65,8%).

В данных вариантах выход стандартных сеянцев выше планового (1200 тыс. сеянцев сосны с 1 га по Саратовской области). В результате предпосевной обработки семян сосны растворами солей цинка, меди и никеля выход стандартных двухлетних сеянцев составил соответственно 1500, 1465 и 1488 тыс. шт. с 1 га.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Л. Г. Ганюшкина. Эффективность действия микроэлементов на древесно-кустарниковые растения. Сб. «Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине», Киев, 1963. [2]. Л. А. Гарина. Опыт применения внекорневых подкормок микроэлементами (в питомнике). Лесхозинформация № 23, 1968. [3]. В. Я. Капуст. Микроэлементы в питомниках. Журн. «Лесное хозяйство» № 6, 1964. [4]. И. А. Маркова. Предпосевная обработка семян микроэлементами. Журн. «Лесное хозяйство» № 5, 1968. [5]. С. И. Слухай. О питании сеянцев плодовых деревьев микроэлементами. Сб. «Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине», Киев, 1963. [6]. З. А. Смирнова. Применение микроэлементов в лесных питомниках. Журн. «Сельское хозяйство Казахстана» № 3, 1969. [7]. А. Н. Щербakov. Влияние микроэлементов на рост и химический состав сеянцев и саженцев древесных пород. Сб. «Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине», изд. АН Латв. ССР, 1956.

Поступила 1 марта 1972 г.

УДК 634.0.566

## ХОД РОСТА БЕРЕЗЫ В ПОЛЕЗАЩИТНЫХ ПОЛОСАХ ЛЕСОСТЕПИ ЦЧР

В. К. ПОПОВ, П. В. КОВАЛЕВ

Воронежский лесотехнический институт

Приводятся таблицы хода роста березы в полезащитных полосах, характеризующие рост березы от 2 до 30 лет на почвах черноземного комплекса (1б класс бонитета) и на серых лесных почвах (1а класс бонитета). Предлагаемые таблицы хода роста дополнены стандартной таблицей.

Исследование роста березы бородавчатой в полезащитных полосах было вызвано не только интересами теоретического, но и практического характера. В настоящее время в хозяйствах степных и лесостепных районов развернуты работы по созданию полной сети полезащитных полос. Наряду с этим назрела необходимость разработки рекомендаций по ведению хозяйства в существующих полезащитных полосах, которых в ЦЧР насчитывается 81361 га, из них на долю березы приходится 16181 га. С этой целью впервые проведено лесоустройство части защитных насаждений Воронежской области. В ближайшие годы намечаются лесоустроительные работы и в других областях ЦЧР. Лесоустроители встретились с рядом трудностей, связанных, в частности, с отсутствием таблиц хода роста. Особенности роста полезащитных лесных полос не дают возможности использовать как всеобщие, так и местные таблицы массивных насаждений. Даже в таблицах хода роста массивных искусственно созданных древостоев есть значительные отклонения в таксационных показателях. Применение их в практике лесоустройства приведет к существенным неточностям и условностям.

В основу составления таблиц хода роста березы в полезащитных полосах был положен графо-аналитический метод. Поскольку при создании полезащитных насаждений подбор пород связан с почвенно-грунтовыми условиями, то группировку и выравнивание исходного материала производили по типам почв с дополнением наиболее вероятного класса бонитета.

Принадлежность насаждений к одному естественному ряду развития устанавливали путем детального описания почв, местоположения и рельефа. Попытка установления условий местопроизрастания по почвенному покрову не привела к успеху, так как он представляет собой гамму разнообразных сочетаний злаковой растительности и сорняков, и только в более старовозрастных широких полосах появляются представители лесной растительности. Кроме того, принадлежность насаждений к одному естественному ряду проверяли по ходу роста в высоту модельных деревьев, взятых на большинстве пробных площадей.

Средние данные о ходе роста по высоте модельных деревьев в пределах каждого типа почв приведены в табл. 1.

Данные таблицы показывают, что береза успешно произрастает на всех разностях черноземных почв. На черноземовидных супесях она растет так же успешно, как на выщелоченных и типичных черноземах, так как меньший запас питательных веществ компенсируется

Таблица 1

Возраст, лет	Высота, м, на разных типах почв					
	чернозем типичный мощный	чернозем типичный среднемощный	чернозем выщелоченный мощный	чернозем выщелоченный среднемощный	черноземовидная супесь	серые лесные почвы
2	1,0	1,0	1,5	1,5	1,3	1,2
3	1,4	1,5	2,3	2,5	2,2	1,8
4	2,3	2,0	2,9	3,2	3,1	2,3
5	2,8	2,6	3,7	4,2	4,0	3,0
10	7,1	7,5	7,7	8,0	8,7	6,0
15	10,3	11,5	11,5	11,2	12,0	9,5
20	14,0	14,0	14,0	13,5	14,5	12,2
25	17,0	16,2	16,0	15,6	15,5	14,5
30	18,9	—	—	—	—	16,3

лучшими водно-физическими свойствами супесчаных почв. Только переходом на серые лесные почвы рост в высоту снижается на 2–2,5 м. Поэтому насаждения березы на почвах черноземного комплекса отнесены к одному естественному ряду, а на серых лесных почвах — к другому.

Возраст, лет	Остающаяся (основная) часть насаждения							
	средняя высота, м	средний диаметр, см	число стволов, шт.	сумма площадей сечений, м <sup>2</sup>	видовое число стволов, 0,001	запас стволовой древесины в коре, м <sup>3</sup>	изменение запаса	
							среднее	текущее

## Чернозем выщелоченный, типичный,

2	1,3	—	—	—	—	—	—	—
4	2,6	1,7	8810	2,0	961	5	1,2	—
6	4,2	3,5	6980	6,7	738	21	3,5	8,0
8	5,9	5,4	5676	13,0	624	47	6,0	13,0
10	7,5	7,1	4800	19,0	561	79	7,9	16,0
12	9,0	8,7	3970	23,6	525	112	9,3	16,5
14	10,4	10,1	3445	27,6	503	145	10,3	16,5
16	11,7	11,3	3090	31,0	486	177	11,1	16,0
18	12,9	12,3	2840	33,8	473	207	11,5	15,0
20	14,0	13,2	2645	36,2	464	236	11,8	14,5
22	15,0	14,1	2447	38,2	457	262	11,9	13,0
24	15,9	14,9	2282	39,8	450	285	11,9	11,5
26	16,7	15,6	2145	41,0	445	305	11,7	10,0
28	17,4	16,2	2038	42,0	440	322	11,5	8,5
30	18,0	16,7	1954	42,8	437	337	11,2	7,5

## Серые и темно-серые

2	1,2	—	—	—	—	—	—	—
4	2,3	1,2	11530	1,5	1043	4	1,0	—
6	3,5	2,7	7678	4,4	800	12	2,0	4,0
8	4,9	4,4	6184	9,4	673	31	4,0	9,5
10	6,4	6,0	5305	15,0	594	56	5,6	12,5
12	7,8	7,5	4436	19,6	552	85	7,1	14,5
14	9,0	8,8	3880	23,6	526	113	8,1	14,0
16	10,2	9,9	3508	27,0	506	140	8,8	13,5
18	11,3	10,9	3194	29,8	490	166	9,2	13,0
20	12,3	11,8	2943	32,2	481	191	9,5	12,5
22	13,2	12,6	2742	34,2	473	214	9,7	11,5
24	14,0	13,3	2579	35,8	465	234	9,8	10,0
26	14,7	13,9	2452	37,2	458	251	9,7	8,5
28	15,3	14,4	2345	38,2	453	266	9,5	7,5
30	15,9	14,8	2267	39,0	450	279	9,3	6,5

По совпадению или близости кривых хода роста модельных деревьев по высоте для составления таблиц хода роста было отобрано 40 пробных площадей, на которых срублено 50 модельных деревьев. На долю насаждений Iб класса бонитета приходилось 25 пробных площадей и 30 модельных деревьев, Ia класса — соответственно 15 и 20.

Последующее графическое выравнивание высот, полученных по данным пробных площадей, и кривых хода роста модельных деревьев дало возможность установить изменение средних высот с возрастом.

Ход роста деревьев по диаметру очень сильно варьировал. Это вполне понятно, так как диаметр более всего реагирует на изменение ширины полосы. В одних и тех же условиях произрастания в узких лесных полосах (2—3-рядных) он может быть в 1,5 раза больше, чем в широких. В то же время с изменением ширины полосы изменяется и высота деревьев, хотя в значительно меньшей степени, чем диаметр. Поэтому для большей взаимоувязки этих двух показателей средние диаметры выравнивали в зависимости от средней высоты. Средний диаметр и другие таксационные признаки (запас, видовое число, сумма площадей сечений) больше связаны с высотой, чем с возрастом.

Таблица 2

Выбираемая часть насаждения			Общая производительность			
запас, м <sup>3</sup>	сумма промежуточного пользования, м <sup>3</sup>	число стволов, шт.	запас, м <sup>3</sup>	прирост, м <sup>3</sup>		текущий прирост, %
				средний	текущий	

обыкновенный и черноземовидная супесь — Iб

—	—	—	5,0	1,2	—	—
0,9	0,9	1830	21,9	3,7	8,5	59,4
2,0	2,9	1304	49,9	6,2	14,0	39,0
2,7	5,6	876	84,6	8,5	17,3	12,8
3,4	9,0	830	121,0	10,1	18,2	8,9
3,9	12,9	525	157,9	11,3	18,5	6,6
4,2	17,1	355	194,1	12,1	18,1	4,3
4,3	21,4	250	228,4	12,7	17,1	4,0
4,4	25,8	200	261,8	13,1	16,7	3,4
4,5	30,3	198	292,3	13,3	15,2	2,7
4,5	34,8	165	319,8	13,3	13,8	2,3
4,5	39,3	137	344,3	13,2	12,2	1,8
4,2	43,5	107	365,5	13,1	10,6	1,5
3,7	47,2	84	384,2	12,8	9,4	1,3

лесные почвы — Ia

—	—	—	4,0	1,0	—	—
1,0	1,0	3852	13,0	2,1	4,5	26,5
1,7	2,7	1494	33,7	4,2	10,3	22,0
2,3	5,0	879	61,0	6,1	13,7	14,5
2,8	7,8	869	92,8	7,7	15,9	10,3
3,1	10,9	556	123,9	8,9	15,5	7,2
3,3	14,2	372	154,2	9,6	15,1	5,4
3,3	17,5	314	183,5	10,2	14,7	4,4
3,3	20,8	251	211,8	10,6	14,1	3,6
3,3	24,1	201	238,1	10,8	13,1	2,9
3,2	27,3	163	261,3	10,9	11,6	2,3
3,1	30,4	127	281,4	10,8	10,1	1,9
2,9	33,3	107	299,3	10,7	9,0	1,5
2,4	35,7	78	314,7	10,5	7,7	1,2

Поэтому все таксационные показатели таблиц хода роста были выравнены в зависимости от возраста и высоты. Подобная взаимоувязка расширяет сферу применения таблиц хода роста.

Суммы площадей сечений выравнивали графическим путем. Для этого на оси абсцисс наносили значения средних высот насаждений, а на оси ординат — сумм площадей сечений. Через точки, соответствующие большим суммам площадей сечений, проводили плавную кривую, которая характеризовала сумму площадей сечений при полноте 1,0.

Видовые числа были получены путем выравнивания фактических видовых чисел модельных деревьев в зависимости от высоты.

Средние запасы на 1 га вычислялись по формуле  $M = GHF$ .

Все полученные таксационные показатели дополнительно выравнивали через текущий прирост.

Для расчета выбираемой части насаждения определяли относительные размеры среднего дерева выбираемой части, которые устанавливались путем многочисленных наблюдений на пробных площадях. По объему среднего дерева и количеству деревьев вычисляли запас выбираемой части. Остальные таксационные показатели устанавливали общепринятым способом.

Рассмотренные данные об изменении отдельных таксационных показателей сведены в общую табл. 2, которая характеризует ход роста березы в полезационных полосах лесостепи ЦЧР, состоящих из пяти рядов и более.

Поскольку все таксационные показатели увязаны с высотой, составленные таблицы хода роста мы дополнили стандартной таблицей, в которой нашло отражение изменение диаметров, числа стволов, сумм площадей сечений, видового числа и запаса в зависимости от высоты. Предлагаемая таблица удобна для практического применения и может быть использована при таксации полезационных полос (табл. 3).

Таблица 3

Высота, м	Диаметр, см	Число стволов, шт./га	Сумма площадей сечений, м <sup>2</sup> /га	Видовое число	Запас, м <sup>3</sup> /га
4	3,0	7072	5,0	0,750	15
5	4,3	6404	9,3	0,660	31
6	5,5	5681	13,5	0,616	45
7	6,6	5115	17,5	0,580	71
8	7,7	4401	20,5	0,551	90
9	8,7	3969	23,6	0,526	112
10	9,7	3586	26,5	0,508	135
11	10,6	3308	29,2	0,494	144
12	11,5	3041	31,6	0,428	183
13	12,4	2814	34,0	0,473	209
14	13,2	2646	36,2	0,465	236
15	14,1	2447	38,2	0,457	262
16	15,2	2198	39,9	0,450	287
17	16,2	2013	41,5	0,443	312
18	17,1	1872	43,0	0,437	338
19	18,0	1744	44,4	0,433	365
20	19,0	1608	45,6	0,429	391

В заключение интересно сопоставить ход роста березы в полезационных полосах с данными всеобщих таблиц хода роста березы (А. В. Тюрина). Результаты сравнения показывают, что при равенстве высот диаметры в полезационных полосах в среднем на 20%, суммы

площадей сечений на 63% и запаса на 70% выше, чем в массивных насаждениях по всеобщим таблицам хода роста.

Такие существенные различия можно объяснить более высоким световым приростом березы по диаметру в полезащитных полосах и меньшим самоизреживанием древостоя, где в возрасте 30 лет число стволов на 1 га в 2 раза больше, чем в массивных древостоях.

Поступила 26 января 1973 г.

УДК 634.0.52

## ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕРЕВЬЕВ В СОСНЯКАХ ЛИТОВСКОЙ ССР

Р. А. ЮКНИС

Литовская сельскохозяйственная академия

Изучена возможность применения кривой нормального распределения, кривых Шарлье (типа А) и Пирсона в качестве математических моделей распределения расстояний между деревьями.

В нашей стране закономерности пространственного распределения деревьев в насаждениях изучены мало. Первые работы в этой области были проведены А. И. Лесковым еще в 1927 г. [3].

М. К. Бочаров [1] установил, что распределение расстояний между деревьями в насаждениях можно выразить кривой нормального распределения. В дальнейшем А. И. Патацкас [5] определил, что ввиду значительной асимметрии этих рядов распределений (по данным М. К. Бочарова, коэффициенты асимметрии  $\alpha = 0,5$ ), в качестве математической модели распределения расстояний между деревьями в насаждениях следует применять функцию обобщенного нормального распределения — функцию Шарлье (типа А).

В. М. Жириш [2], изучая распределения расстояний между деревьями в насаждениях аридной зоны, пришел к выводу, что эмпирические частоты хорошо выравниваются кривыми Пирсона и, в отдельных случаях, кривой Пуассона.

В наших исследованиях использованы снимки пространственного расположения деревьев четырех пробных площадей, величиной 1,44 га каждая. Пробные площади заложены в Швенченельском леспромхозе Литовской ССР, в лесах I группы. В изучаемых насаждениях проведены интенсивные рубки ухода за запасом. Условия произрастания для всех пробных площадей — сухая субошь. Возраст насаждений указан в табл. 1.

Для изучения закономерностей распределения расстояний между деревьями, на снимках горизонтального распределения деревьев соседние точки, обозначающие места расположения деревьев, соединены прямыми линиями. За соседние точки принимали такие, линия соединения которых короче, чем расстояние между любыми двумя точками, расположенными по сторонам линии. После этого все линии (расстояния между деревьями) были измерены. Сводка данных произведена по разрядам метровой величины, вследствие чего число рядов в приспевающих сосняках получилось — 15, в спелых — 17. Это вполне соответствует требованиям математической статистики.

Из табл. 1 видно, что для изучаемых сосняков характерна довольно большая изменчивость расстояний между деревьями, что является

Таблица 1

№ пробной площади	Возраст, лет	Число наблюдений	Среднее расстояние, м	Стандартное отклонение, м	Коэффициент вариации, %	Коэффициент асимметрии	Коэффициент эксцесса	Критерий согласия $\chi^2$ для теоретических кривых		
								нормальной	Шарлье (типа А)	Пирсона (типа I)
1	80	1450	5,3	2,4	46,0	0,698	0,506	140,4	17,3	9,4
								21,0	18,3	18,3
2	80	1301	5,6	2,4	44,0	0,612	0,404	109,1	18,0	14,3
								21,0	18,3	18,3
3	120	972	6,4	3,2	50,7	0,597	-0,141	88,5	24,5	18,8
								23,7	21,0	21,0
4	120	994	6,5	3,0	46,8	0,565	0,149	68,5	11,4	14,0
								27,7	21,0	21,0

результатом интенсивных выборочных рубок. Следует отметить, что в старших насаждениях (пробные площади № 3 и 4) изменчивость расстояний между деревьями больше, из-за большей разреженности насаждений. Это приводит к образованию значительного количества особенно длинных расстояний (рис. 1).

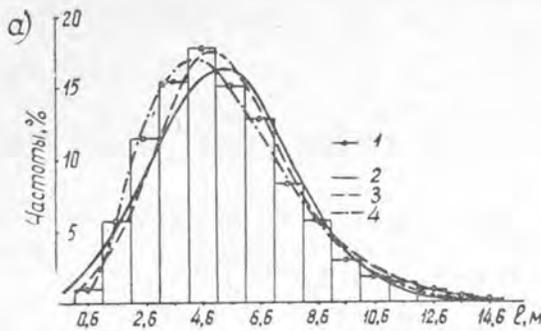
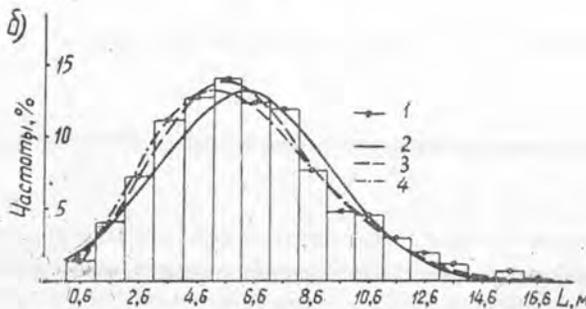


Рис. 1. Ряды распределения расстояний между деревьями.

а — на пробной площади № 1; б — на пробной площади № 2; 1 — эмпирические данные; 2, 3, 4 — теоретические кривые соответственно нормальная, Шарлье (типа А) и Пирсона (типа I).



Для определения математической модели распределения расстояний между деревьями эмпирические частоты выравнивали, применяя функцию нормального распределения, функцию Шарлье (типа А) и кривые Пирсона. Все вычисления проводили на электронно-вычислительной машине «Наири» при Литовском научно-исследовательском институте лесного хозяйства. Соответствующие программы составлены сотрудниками этого института на основании работ

А. К. Митропольского [4]. Оценка теоретических кривых выполнена по критерию согласия Пирсона  $\chi^2$ , при уровне значимости 0,05.

Основные статистические показатели этих рядов распределения представлены в табл. 1. В последних трех графах в числителе приведены значения критерия согласия Пирсона  $\chi^2$  для соответствующих теоретических кривых распределения. В знаменателе даны критические значения этого показателя при уровне значимости 0,05 и соответствующем числе степеней свободы в рядах распределения.

Число степеней свободы для кривой нормального распределения  $\nu$  определялось как  $\nu = k - 3$  ( $k$  — число разрядов в рядах распределения). Для кривой типа А и кривых Пирсона  $\nu = k - 5$ , так как здесь добавляются две линейные связи — третий и четвертый основные моменты.

Данные табл. 1 показывают, что ввиду значительной асимметрии и эксцесса изучаемых рядов распределения кривая нормального распределения не согласуется с этими рядами (рис. 1). Функция Шарлье (типа А) дает хорошее согласие с эмпирическими частотами. Только на пробной площади № 3 вычисленный критерий согласия  $\chi^2$  несколько превосходит свое критическое значение.

Кривые Пирсона почти всегда дают значительно лучшие результаты. Во всех случаях критерий кривых распределения  $\chi$  оказался меньше нуля и колебался от  $-0,228$  до  $-0,969$ . Это означает, что для

Таблица 2

№ пробной площади	i	Среднее расстояние, м	Стандартное отклонение, м	Коэффициент вариации, %	Коэффициент асимметрии	Коэффициент эксцесса	Критерий согласия $\chi^2$ теоретических кривых		
							нормальной	Шарлье (типа А)	Пирсона (типа 1)
1	1	3,0	1,2	39,5	0,482	-0,199	$\frac{16,7}{14,1}$	$\frac{2,3}{11,1}$	$\frac{2,4}{11,1}$
	2	4,2	1,3	31,2	0,387	0,024	$\frac{4,2}{11,1}$	$\frac{1,7}{7,8}$	$\frac{1,6}{7,8}$
	3	5,3	1,5	27,9	0,473	-0,141	$\frac{6,1}{11,1}$	$\frac{2,3}{7,8}$	$\frac{3,1}{7,8}$
	4	6,1	1,4	23,6	0,794	-0,237	$\frac{22,4}{7,8}$	$\frac{4,6}{3,8}$	$\frac{4,2}{3,8}$
	5	7,7	2,2	28,4	0,316	-0,303	$\frac{3,1}{7,8}$	$\frac{1,9}{3,8}$	$\frac{1,6}{3,8}$
	6	9,3	2,0	21,4	0,506	-0,327	$\frac{10,0}{7,8}$	$\frac{2,2}{3,8}$	$\frac{0,6}{3,8}$
3	1	3,4	1,6	46,5	0,447	-0,508	$\frac{15,6}{15,5}$	$\frac{7,4}{12,6}$	$\frac{7,2}{12,6}$
	2	4,6	1,8	39,1	0,438	-0,037	$\frac{13,7}{14,1}$	$\frac{7,3}{11,1}$	$\frac{10,3}{11,1}$
	3	6,3	1,9	30,6	0,577	0,611	$\frac{14,5}{12,6}$	$\frac{0,4}{9,5}$	$\frac{2,3}{9,5}$
	4	7,5	2,1	27,5	0,747	0,423	$\frac{22,9}{9,5}$	$\frac{3,3}{6,0}$	$\frac{3,7}{6,0}$
	5	8,6	2,4	27,8	0,467	-0,387	$\frac{12,5}{7,8}$	$\frac{3,2}{3,8}$	$\frac{4,6}{3,8}$
	6	9,9	2,5	24,9	0,609	0,199	$\frac{15,7}{7,8}$	$\frac{4,6}{3,8}$	$\frac{3,8}{3,8}$

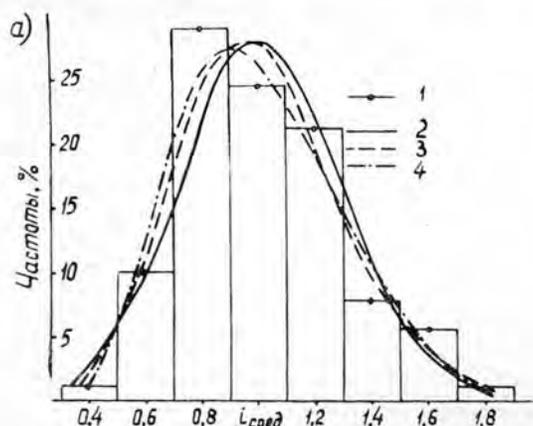
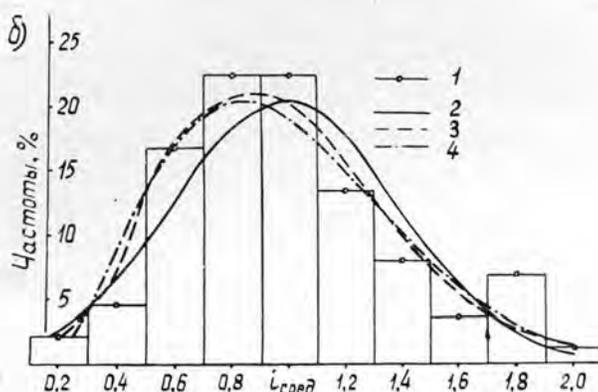


Рис. 2. Ряды распределения расстояний до  $i$ -тых ближайших деревьев.

$a$  — расстояний до третьего ближайшего дерева на пробной площади № 1;  $b$  — расстояний до второго ближайшего дерева на пробной площади № 3. Остальные обозначения см. на рис. 1.



всех изучаемых рядов распределения подходит кривая Пирсона типа I, которую и следует применять в качестве математической модели распределения расстояний между деревьями.

В последнее время особое внимание уделяется изучению изменчивости и распределений расстояний от статистически отобранных деревьев или точек до ближайших  $i$ -тых деревьев. Предлагается эти расстояния использовать для определения числа деревьев в насаждениях [6]—[8].

Мы изучали закономерности распределения от статистически отобранных деревьев до шести ближайших деревьев. Для этого на снимках пространственного расположения двух пробных площадей с помощью квадратной сетки отбирали по 100 точек. Ближайшие к ним деревья принимали за центральные и измеряли расстояния до шести соседних деревьев.

Для удобства сравнения рядов распределения отдельных расстояний данные сводили в разряды величиной 0,2 соответствующего среднего расстояния. После этого вычисляли теоретические частоты по трем упомянутым кривым. Основные статистические показатели этих рядов распределения приведены в табл. 2.

Из таблицы видно, что изменчивость расстояний до  $i$ -тых ближайших деревьев (в особенности более отдаленных) значительно меньше общей изменчивости расстояний между деревьями, вследствие чего по этим расстояниям можно определить число деревьев в насаждениях.

Ввиду того, что показатели асимметрии и эксцесса этих рядов распределения меньше, в некоторых случаях даже кривая нормального распределения дает хорошее согласие с эмпирическими частотами. Однако кривые Шарлье (типа А) и Пирсона (типа I) дают значительно лучшие результаты (рис. 2). Из кривых Пирсона применялась только кривая типа I, так как критерий кривых распределения  $\chi$  колебался в пределах от  $-0,102$  до  $-2,499$ .

Кривые Шарлье (типа А) и Пирсона (типа I) дают примерно одинаковое согласие с эмпирическими частотами. Но поскольку теоретические частоты кривой Шарлье (типа А) исчисляются значительно проще, то при выборе теоретической кривой распределения расстояний до  $i$ -тых ближайших деревьев этому распределению следует отдать предпочтение.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. М. К. Бочаров, Г. Г. Самойлович. Математические основы дешифрирования аэроснимков леса. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1964. [2]. В. М. Жирин. Распределение расстояний между деревьями в насаждениях аридной зоны. «Совершенствование существующих и разработка новых методов инвентаризации лесов», Л., 1970. [3]. А. И. Лесков. К вопросу об изменчивости расстояний между деревьями. Труды Ленинградского общества естествоиспытателей, вып. 1, Л., 1927. [4]. А. К. Митропольский. Техника статистических вычислений. Изд-во «Наука», М., 1971. [5]. А. И. Патацкас. Некоторые распределения и корреляции в строении насаждений. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1967. [6]. A. Priesol. Zistovanie zasob porastov metodom stromovych rozstupov. «Lesnictvi», Nr. 16(8), 1970. [7]. M. Prodan. Punktstichprobe für die Forsteinrichtung. «Der Forst- und Holzwirt», Nr. 23(11), 1968. [8]. A. Stoffels. Die Genauigkeit der Bestimmung der Stammzahl pro Nektar durch Messung Stammabständen. «Forstwissenschaftliches Centralblatt», Nr. 718, 1955.

Поступила 18 апреля 1973 г.

## ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 627.13.424

СООТНОШЕНИЕ КРИТИЧЕСКИХ ГЛУБИН ПОТОКА,  
ЗАРЕГУЛИРОВАННОГО ДАМБОЙ ИЗ КАМЕННОЙ НАБРОСКИ

А. А. ЗАЙЦЕВ

Ленинградская лесотехническая академия

Рассмотрен один из вопросов движения речного потока вдоль регуляционного фильтрующего сооружения. Это частный случай движения жидкости с переменной массой, поэтому для расчета соотношения глубин на зарегулированном участке можно применить некоторые положения теории переменной массы. Решением общего уравнения установившегося движения потока с переменным расходом впервые получена зависимость соотношения критических глубин на зарегулированном участке. Она очень проста и удобна для практического применения.

Один из наиболее простых, дешевых и эффективных способов регулирования мелководных участков сплавных рек — строительство фильтрующих дамб из каменной наброски. Вопросом регулирования сплавных рек подобными сооружениями занимался ряд исследователей [3], [5], [6], [1], однако только некоторые из них [6], [1] использовали известную теорию переменной массы [2], [4], считая движение потока вдоль фильтрующих дамб частным случаем движения жидкости с переменным расходом по пути. Применяв эту теорию, мы вывели зависимость между глубинами потока по длине зарегулированного участка, необходимую для расчета гидравлических параметров, обеспечивающих беспрепятственное продвижение сплавной древесины.

Ниже приводятся результаты теоретических исследований автора по построению кривых свободной поверхности потока, зарегулированного одиночной фильтрующей дамбой (рис. 1, а).

Фильтрующее сооружение, введенное в поток, полностью изменяет его параметры, так как одна часть потока отделяется в процессе фильтрации, а вторая — основной поток — продолжает двигаться вдоль дамбы. Экспериментальные исследования воздействия дамб на поток, проведенные нами в гидротехнической лаборатории ЛТА, показали, что отделение потока происходит равномерно по всей длине зарегулированного участка, то есть  $Q'_\phi = q_\phi \cdot X$ . Расход основного потока в любом поперечном сечении расчетного участка

$$Q = Q_1 - Q'_\phi, \quad (1)$$

где  $Q_1$  — полный расход потока;  
 $Q'_\phi$  — фильтрационный расход на участке длиной  $X$ ;  
 $Q$  — расход в расчетном створе;

$$q_\phi = \frac{Q_\phi}{L};$$

здесь  $q_\phi$  — удельный фильтрационный расход, отнесенный к единице длины дамбы  $L$ ;

$Q_\phi$  — полный фильтрационный расход через дамбу.

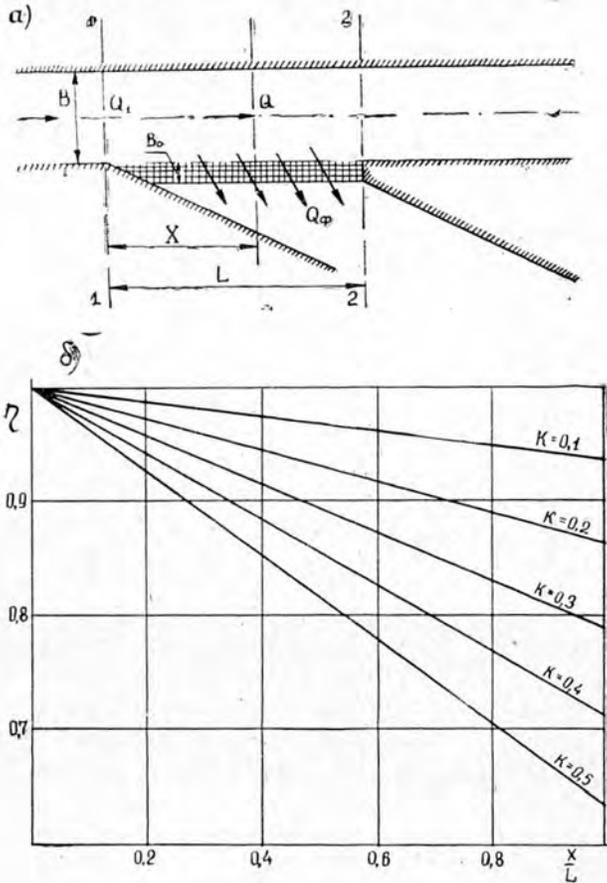


Рис. 1.

Для определения глубин потока в любом сечении воспользуемся уравнением движения жидкости с переменным расходом вдоль пути [2] (обозначения, общепринятые в гидравлике)

$$\frac{dZ}{dX} = \frac{\alpha_0 V}{g\omega} \cdot \frac{dQ_1}{dX} - \frac{\alpha_0}{2g} \cdot \frac{d(V^2)}{dX}. \quad (2)$$

Заменяя в нем  $\frac{dZ}{dX} = \frac{dH}{dX} - i$ ;  $Q_1 = qB$ ,  $V = \frac{Q_1}{\omega}$ , продифференцировав с учетом  $Q'_\phi = q_\phi X$  и разделив все члены на  $\frac{dH}{dX}$ , получим

$$i \frac{dX}{dH} = 1 - \frac{\alpha_0 \left( \frac{q^2 L^2}{L^2} - 2L \frac{q \cdot q_\phi}{L \cdot B} \cdot X + \frac{q_\phi^2}{B^2} \cdot X^2 \right)}{gH^3}. \quad (3)$$

При малых значениях  $i$  можно допустить, что  $i \frac{dX}{dH} = 0$ . Тогда выражение (3) примет вид

$$\frac{\alpha_0 \left( q^2 - 2q_\phi X \frac{q}{B} + q_\phi^2 \cdot \frac{X^2}{B^2} \right)}{gH^3} - 1 = 0, \quad (4)$$

где  $q$  — удельный расход потока в корне сооружения, отнесенный к единице ширины русла  $B$  до регулирования.

Разделив все части уравнения (4) на  $\frac{q_{\Phi}^2}{B^2}$ , получим

$$\frac{L^2}{K^2} - 2L \frac{X}{K} + X^2 - \frac{gH^3 B^2}{\alpha_0 q_{\Phi}^2} = 0, \quad (5)$$

где  $K$  — коэффициент отбора жидкости, выражающий долю фильтрационного расхода от полного. Для эффективного регулирования сплавных рек коэффициент отбора не должен превышать 0,5. Величина  $K$  вычисляется по формуле

$$K = \frac{0,184 \cdot K_{\Phi} \cdot L}{B \cdot \sqrt{Fr}} \cdot \sqrt{\frac{1 - S^3}{B_0}}, \quad (6)$$

где  $K_{\Phi}$  — коэффициент фильтрации каменной наброски;

$Fr$  — число Фруда;

$B_0$  — средняя ширина дамбы;

$S$  — отношение глубины фильтрационного потока к глубине основного в расчетном сечении.

Из уравнения (5) находим глубину потока в расчетном сечении

$$H = \sqrt[3]{\frac{\alpha_0 q_{\Phi}^2 L^2 \left( \frac{1}{K} - \frac{X}{L} \right)^2}{g B^2}}. \quad (7)$$

Числитель подкоренного выражения соответствует расходу потока в данном сечении (в квадратной степени), так как

$$q_{\Phi} L \cdot \frac{1}{K} - q_{\Phi} L \frac{X}{K} = Q_1 - Q_{\Phi} = Q.$$

Таким образом, из уравнения (7) видно, что глубина воды в расчетном створе при расположении сооружения параллельно направлению движения бытового потока равна критической, соответствующей расходу в этом сечении.

Представим числитель подкоренного выражения в уравнении (7) в следующем виде:

$$q_{\Phi} L \left( \frac{1}{K} - \frac{X}{L} \right) = Q_1 - Q_{\Phi} \frac{X}{L} = Q_1 \left( 1 - K \frac{X}{L} \right).$$

Значит,

$$H = H_{кр} \sqrt[3]{\left( 1 - K \frac{X}{L} \right)^2} \quad (8)$$

или

$$\eta = \sqrt[3]{\left( 1 - K \frac{X}{L} \right)^2}, \quad (9)$$

где  $\eta$  — отношение глубины потока  $H$  в расчетном сечении к критической глубине основного потока  $H_{кр}$  в сечении, соответствующем корню сооружения.

На рис 1,б представлены кривые свободной поверхности потока на зарегулированном участке, вычисленные по формуле (9) для  $K = 0,1 \div 0,5$ , при расположении фильтрующей дамбы параллельно направлению основного потока.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. А. Зайцев. Характеристика скоростного и уровенного режимов потока, зарегулированного фильтрующими дамбами. Изд. ЦНИИЛесосплава, 1969. [2]. А. С. Кожевников. Общие уравнения установившегося движения потока с переменным расходом и их решения. Гокэнергоиздат, 1949. [3]. Н. Н. Панов. Гидравлические обоснования схем регулирования горных и полугорных рек. ЦНИИЛесосплава. Техотчет № 3, 1959. [4]. Г. А. Петров. Гидравлика переменной массы. Изд. Харьковского университета, 1964. [5]. В. Е. Сергулин. Эффективность применения водопроницаемых лесосплавных дамб. Сборник НТИ по лесной промышленности, № 4, Гослесбумиздат, 1960. [6]. А. П. Сидоров. Гидравлический расчет водоподпорных и руслостеснительных стенок, сооружаемых на сплавных реках. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1964.

Поступила 28 мая 1973 г.

УДК 634.0.386

## ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНЫХ РАСХОДОВ И СКОРОСТЕЙ ТЕЧЕНИЯ В НИЖНЕМ БЬЕФЕ ПОПЕРЕЧНОЙ ЗАПАНИ

В. А. ОСТРОВСКИЙ

ЦНИИЛесосплава

Выведены зависимости, характеризующие перераспределение удельных расходов и скоростей течения по периметру поперечной запани. Предлагаемые зависимости дают возможность рассчитать поле скоростей у запани, что позволит подойти к прогнозированию русловых деформаций, вызванных пыжом, и наметить меры к их устранению.

Поперечная запань с пыжом значительно изменяет бытовой режим потока, что обычно влечет за собой размыв берегов у опор запани и нередко приводит к аварийной ситуации. Очень важно поэтому создать метод расчета для количественной оценки возможных деформаций в русле с поперечной запанью. Он должен учитывать распределение удельных расходов и скоростей течения в потоке с пыжом.

Как показали наши исследования, проведенные в гидросплавной лаборатории ЦНИИЛесосплава [2], [3], поток в нижнем бьефе поперечной запани имеет сложную пространственную кинематическую структуру. Характерная особенность потока ниже запани — наличие в нем поперечной циркуляции, источником которой служит сама запань. Местные размывы в нижнем бьефе поперечной запани, в частности, по периметру лежня и у берегов, обусловлены ростом подпыжевых скоростей и смещением к берегам максимальных удельных расходов, величина которых может быть вычислена на основе разработанного нами метода.

Как показали экспериментальные данные, струи потока, подходя к запани, стремятся пройти сжатое сечение по направлению, близкому к нормали лежня запани. Подобная картина имеет место только в средней части потока. У берегов же вектор средней скорости на вертикали не совпадает с нормалью к лежню запани. На рис. 1 приведена схематизированная эпюра удельных расходов  $q_1$ , приведенных к удельному расходу

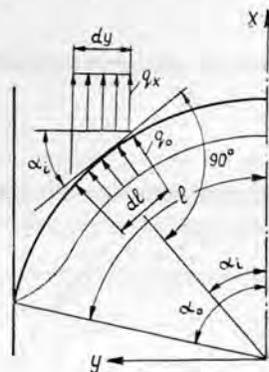


Рис. 1. Схема к выводу формулы (2).

в проекции на нормаль к ложню запани. Характер изменения  $q_l$  по длине ложня запани зависит от безразмерной стрелы провеса запани  $f = \frac{f}{B}$  и от степени стеснения потока пыжом  $p$  (здесь  $B$  — ширина русла).

Расчетная зависимость для перераспределения удельных расходов по длине ложня запани выведена из условия, что

$$q_x \cdot dy = q_l \cdot dl, \quad (1)$$

где  $q_x$  — удельный расход в проекции на ось  $x$ ;  
 $q_l$  — удельный расход, нормальный к ложню запани;  
 $dl$  — элементарный отрезок ложня запани;  
 $dy$  — проекция  $dl$  на ось  $y$ .

Учитывая, что  $\frac{dy}{dl} = \cos \alpha_i$ , можно записать

$$q_x = \frac{q_l}{\cos \alpha_i} = \frac{q_l}{\cos [\alpha_0 \cdot \tilde{\alpha}_i]}, \quad (2)$$

где  $\alpha_i$  — угол между нормалью к ложню запани и осью потока;

$\tilde{\alpha}_i = \frac{\alpha_i}{\alpha_0}$  — относительное значение того же угла (доля угла  $\alpha_0$ );

$\alpha_0$  — половина центрального угла запани.

В формуле (2) значение  $q_l$  — переменная величина, имеющая максимальное значение  $q^l$  на оси потока и минимальное у берегов.

Для удобства пользования формулу (2) приведем к следующему виду (в безразмерных единицах):

$$\tilde{q}_x = \frac{q_x}{q_{cp}} = \frac{K_0}{\cos \alpha_{ip}} = \frac{K_0}{\cos [\alpha_0 \cdot \tilde{\alpha}_{ip}]}, \quad (3)$$

где  $K_0 = \frac{q_{l_0}}{q_{cp}}$  — безразмерный опытный коэффициент, учитывающий уменьшение удельного расхода на оси потока по сравнению со средним его значением в русле  $q_{cp}$ ;

$\alpha_{ip}$  — расчетный угол между вектором средней скорости на данной вертикали ложня запани и осью потока;

$\tilde{\alpha}_{ip} = \frac{\alpha_{ip}}{\alpha_0}$  — относительное значение того же угла.

Анализ опытных данных показал, что как  $K_0$ , так и  $\alpha_{ip}$  зависят от  $f$  и  $p$ .

Опытные значения  $K_0$  и  $\tilde{\alpha}_{ip}$  определяются по графикам, приведенным на рис. 2 и 3.

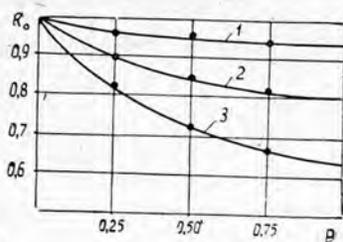
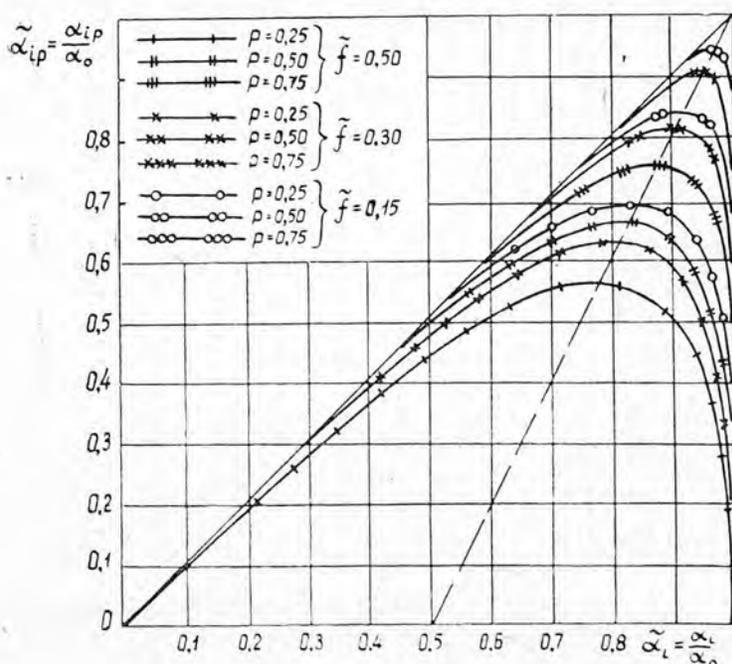


Рис. 2. График зависимости

$$K_0 = f(\tilde{f}, p).$$

$$1 - \tilde{f} = 0,15; \quad 2 - \tilde{f} = 0,30;$$

$$3 - \tilde{f} = 0,50.$$

Рис. 3. График зависимости  $\tilde{\alpha}_{ip} = f(\tilde{f}, \rho, \tilde{\alpha}_i)$ .

Значения  $\alpha_{ip}$  вычислены на основании наших опытных данных ( $K_0, \tilde{q}_x$ ) по следующей формуле:

$$\alpha_{ip} = \arccos \frac{K_0}{q_x}. \quad (4)$$

Как видно из рис. 3, расчетный угол вектора средней скорости в данной точке лежня круговой поперечной запани можно определить из выражения

$$\tilde{\alpha}_{ip} = \tilde{\alpha}_i - \tilde{\Delta\alpha}_{ip}, \quad (5)$$

здесь  $\tilde{\Delta\alpha}_{ip}$  — величина отклонения расчетного угла вектора средней скорости от нормали к лежню в данной точке запани.

На рис. 4 приведены кривые  $\tilde{\Delta\alpha}_{ip} = f(\tilde{\alpha}_i)$ , построенные на основе графиков  $\tilde{\alpha}_{ip} = f(\tilde{f}, \rho, \tilde{\alpha}_i)$  — рис. 3, с использованием формулы (5).

Обработка опытных данных позволила установить тесную связь между  $\tilde{\Delta\alpha}_{ip}$  и  $\tilde{\alpha}_i$  в виде параболической зависимости

$$\tilde{\Delta\alpha}_{ip} = \tilde{\alpha}_i^{m_0}, \quad (6)$$

здесь  $m_0 > 1$  — показатель параболы (безразмерный опытный коэффициент, постоянный для данной запани, учитывающий влияние  $\tilde{f}$  и  $\rho$ ).

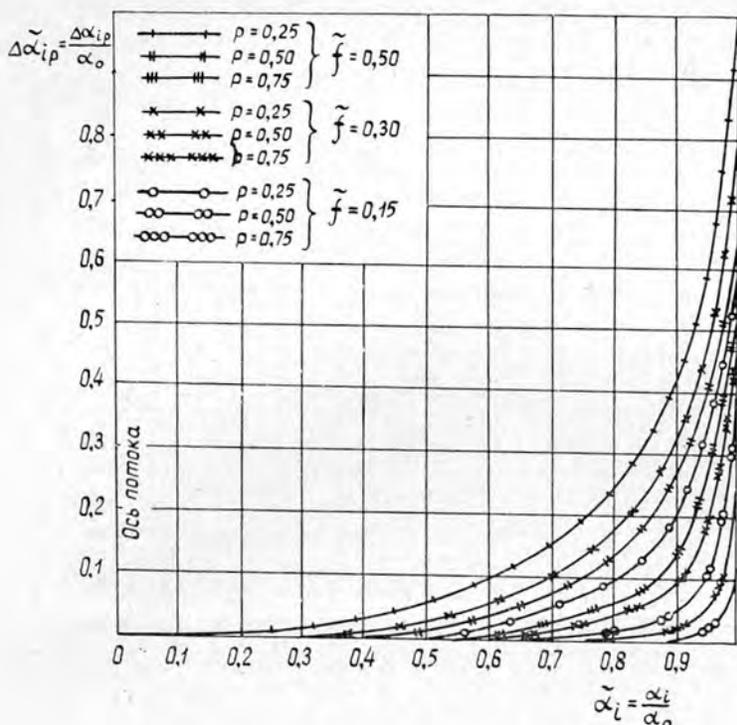


Рис. 4. График зависимости  $\tilde{\Delta\alpha}_{ip} = f(\tilde{f}, \rho, \tilde{\alpha}_i)$ .

Значение  $m_0$  вычисляли методом графического интегрирования по формуле

$$m_0 = \frac{F_1}{F_2}, \quad (7)$$

где  $F_1$  и  $F_2$  — площади графика (рис. 4) соответственно над и под рассматриваемой кривой.

На рис. 5 приведены опытные кривые  $m_0 = f(\tilde{f}, \rho)$ .

Подставим теперь значение  $\tilde{\Delta\alpha}_{ip}$  из (6) в (5). После соответствующих преобразований получим

$$\tilde{\alpha}_{ip} = \tilde{\alpha}_i \left( 1 - \tilde{\alpha}_i^{m_0 - 1} \right). \quad (8)$$

С учетом (8) уравнение (3) приводится к окончательному виду

$$\tilde{q}_x = \frac{q_v}{q_{cp}} = \frac{K_0}{\cos \left[ \alpha_0 \cdot \tilde{\alpha}_i \left( 1 - \tilde{\alpha}_i^{m_0 - 1} \right) \right]}. \quad (9)$$

По формуле (9) можно определить удельный расход в любой точке на луже запани. Отметим также, что удельные расходы, полученные экспериментально, а также вычисленные по формуле (9), имеют удовлетворительную сходимость (рис. 6). Это говорит о том, что зависимость (9) достаточно точно описывает кинематические соотношения по периметру круговой поперечной запани.

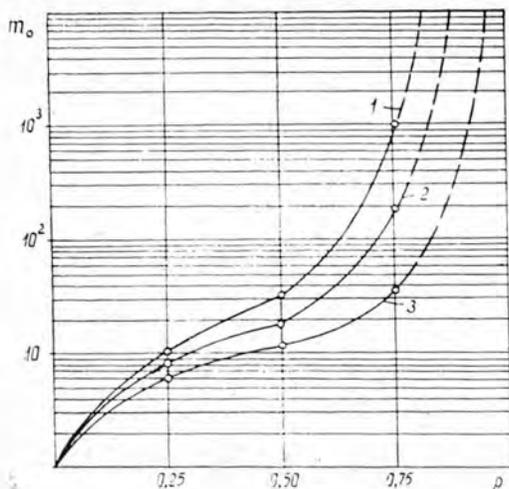
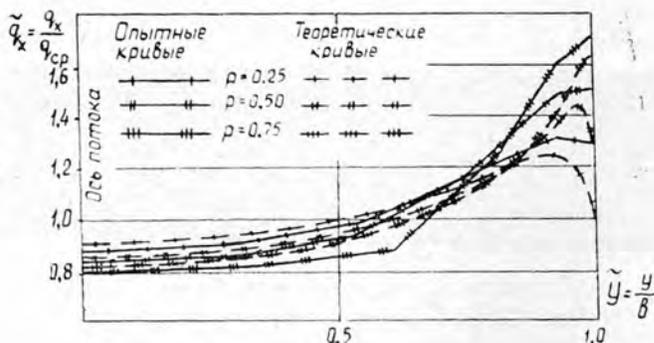


Рис. 5. График зависимости  $m_0 = \tilde{f}(f, \rho)$ .

1 -  $\tilde{f} = 0,15$ ; 2 -  $\tilde{f} = 0,30$ ;  
3 -  $\tilde{f} = 0,50$ .

Рис. 6. График изменения безразмерных удельных расходов  $q_x$  по длине лежня запани (по ширине русла) с  $f = 0,3$ .



Если в уравнении (8) взять первую производную от  $\tilde{\alpha}_{ip}$  по  $\tilde{\alpha}_i$  и приравнять ее нулю, получим точку на лежне запани (угол  $\tilde{\alpha}_{i_0}$ ) с максимальным значением  $\tilde{\alpha}_{ip}$

$$\tilde{\alpha}_{i_0} = \left( \frac{1}{m_0} \right)^{\frac{1}{m_0 - 1}}. \quad (10)$$

Максимальное значение расчетного угла вектора средней скорости найдем, подставив в уравнение (8)  $\tilde{\alpha}_{i_0}$  из уравнения (10)

$$\tilde{\alpha}_{ip(max)} = \left( 1 - \frac{1}{m_0} \right) \left( \frac{1}{m_0} \right)^{\frac{1}{m_0 - 1}}. \quad (11)$$

Местоположение  $\tilde{\alpha}_{ip(max)}$  определится в точке пересечения лежня запани с прямой линией, проведенной из центра кривизны запани под углом  $\tilde{\alpha}_{i_0}$  к оси  $Ox$ .

Максимальный удельный расход на лежне запани можно найти, подставив в выражение (9) значение  $\tilde{\alpha}_{i_0}$  из уравнения (10)

$$\tilde{q}_{x(max)} = \frac{q_{x(max)}}{q_{cp}} = \frac{K_0}{\cos \left[ \alpha_0 \left( 1 - \frac{1}{m_0} \right) \left( \frac{1}{m_0} \right)^{\frac{1}{m_0-1}} \right]}. \quad (12)$$

Решим теперь задачу об осредненном поле скоростей непосредственно у запани. При постоянной глубине  $h$  по ширине потока можно записать

$$q_x = V_x \cdot h; \quad (13)$$

$$q_{cp} = V_{cp} \cdot h, \quad (14)$$

где  $V_x$  — средняя скорость на вертикали лежня запани в проекции на ось  $x$ ;

$V_{cp}$  — средняя скорость потока в бытовом состоянии.

Разделив выражение (14) на (13), получим

$$\tilde{q}_x = \frac{q_x}{q_{cp}} = \frac{V_x}{V_{cp}} = \tilde{V}_x. \quad (15)$$

Таким образом, перераспределение безразмерной средней скорости  $\tilde{V}_x$  и безразмерного удельного расхода  $\tilde{q}_x$  по длине лежня запани определяется одной и той же зависимостью (9).

Выразим удельный расход на лежне запани следующей формулой:

$$q_x = q'_x + q''_x, \quad (16)$$

где  $q'_x = mq_x$  — фильтрационный удельный расход;

$q''_x = (1-m)q_x$  — подпыжевой удельный расход;

$m = f(p, h)$  — коэффициент водопрпускной способности пыжа [1].

Средняя фильтрационная  $V'_x$  и средняя подпыжевая  $V''_x$  скорости на данной вертикали лежня круговой поперечной запани определяются следующими зависимостями:

$$V'_x = \frac{q'_x}{t} = \frac{mq_x}{t} = \frac{m \cdot V_x \cdot h}{t} = \frac{m}{p} V_x; \quad (17)$$

$$V''_x = \frac{q''_x}{h-t} = \frac{(1-m)q_x}{h-t} = \frac{(1-m)V_x \cdot h}{h-t} = \frac{1-m}{1-p} V_x, \quad (18)$$

где  $t$  — толщина подводной части пыжа.

С учетом изложенного получим расчетные зависимости (в безразмерном виде) для средней  $\tilde{V}_x$  средней фильтрационной  $\tilde{V}'_x$  и средней подпыжевой  $\tilde{V}''_x$  скоростей потока на данной вертикали лежня поперечной запани

$$\tilde{V}_x = \frac{V_x}{V_{cp}} = \frac{K_0}{\cos \left[ \alpha_0 \cdot \tilde{\alpha}_i \left( 1 - \tilde{\alpha}_i^{m_0-1} \right) \right]}; \quad (19)$$

$$\tilde{V}'_x = \frac{V'_x}{V_{cp}} = \frac{m \cdot K_0}{p \cdot \cos \left[ \alpha_0 \cdot \tilde{\alpha}_i \left( 1 - \tilde{\alpha}_i^{m_0-1} \right) \right]}; \quad (20)$$

$$\tilde{V}''_x = \frac{V''_x}{V_{cp}} = \frac{(1-m) K_0}{(1-p) \cdot \cos \left[ \alpha_0 \cdot \tilde{\alpha}_i \left( 1 - \tilde{\alpha}_i^{m_0-1} \right) \right]}. \quad (21)$$

Максимальные значения скоростей  $\tilde{V}_{x(max)}$ ,  $\tilde{V}'_{x(max)}$  и  $\tilde{V}''_{x(max)}$  на данной вертикали лежня запани определяются по формулам

$$\tilde{V}_{x(max)} = \frac{V_{x(max)}}{V_{cp}} = \frac{K_0}{\cos \left[ \alpha_0 \left( 1 - \frac{1}{m_0} \right) \left( \frac{1}{m_0} \right)^{\frac{1}{m_0-1}} \right]}; \quad (22)$$

$$\tilde{V}'_{x(max)} = \frac{V'_{x(max)}}{V_{cp}} = \frac{m \cdot K_0}{p \cdot \cos \left[ \alpha_0 \left( 1 - \frac{1}{m_0} \right) \left( \frac{1}{m_0} \right)^{\frac{1}{m_0-1}} \right]}; \quad (23)$$

$$\tilde{V}''_{x(max)} = \frac{V''_{x(max)}}{V_{cp}} = \frac{(1-m) K_0}{(1-p) \cdot \cos \left[ \alpha_0 \left( 1 - \frac{1}{m_0} \right) \left( \frac{1}{m_0} \right)^{\frac{1}{m_0-1}} \right]}. \quad (24)$$

В заключение отметим, что экспериментальные исследования проводили на жесткой модели в прямоугольном русле. Поэтому предлагаемые расчетные формулы будут справедливы для любого момента времени при жестком русле прямоугольной формы или в начальный момент возникновения русловых деформаций при размываемом русле.

Количественные зависимости для расчета кинематики потока в нижнем бьефе поперечной запани при формах русел, отличных от прямоугольного, могут быть получены на основе предложенного метода после соответствующих дополнительных исследований.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. С. Я. Мучник. О расчете запаней, устанавливаемых в непризматических руслах. Сборник научно-исследовательских работ по лесосплаву № 1, Гослесбумиздат, 1951. [2]. В. А. Островский. Возникновение циркуляционных течений под влиянием пьжа, сформировавшегося в поперечной запани. Первоначальный сплав древесины. Сборник трудов ЦНИИЛесосплава, изд-во «Лесная промышленность», М., 1972. [3]. В. А. Островский. Кинематика потока в нижнем бьефе поперечной запани. Вторая научно-техническая конференция по лесосплаву (краткие тезисы докладов) ЦНИИЛесосплава, 1972.

Поступила 21 мая 1973 г.

УДК 634.0.378.34

## НЕКОТОРЫЕ УТОЧНЕНИЯ К РАСЧЕТУ ИНЕРЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПЛОТОВ

А. А. МИТРОФАНОВ

Архангельский лесотехнический институт

Предлагается метод расчета пути и времени остановки плота постоянной тормозной силой. Действующая масса плота считается переменной и изменяющейся по линейному закону в функции от относительной скорости движения. Основные положения работы подтверждаются экспериментальным материалом.

Исследования ряда авторов [10], [8], [11] по инерционным свойствам плотов базируются на предположении о постоянстве действующей массы плота. Согласно гипотезе локальности [6], принимается, что в реальных условиях имеет место такая же инерционная гидродина-

мическая сила, как было бы при обтекании плота неограниченным потенциальным потоком идеальной жидкости.

Вместе с тем в этих исследованиях используется гипотеза стационарности, согласно которой сопротивление воды при неустановившемся движении плота такое же, как и при равномерном движении со скоростью, совпадающей с мгновенным значением скорости неустановившегося движения. В реальных же условиях движения плота вязкость жидкости, наличие свободной поверхности, невыполнение граничного условия о непроницаемости его смоченной поверхности и, особенно, значительное вихреобразование дополнительно влияют на гидродинамические составляющие силы сопротивления.

В гидродинамике указывается [6], что расчеты инерционной силы по гипотезе локальности удовлетворительно согласуются с опытными данными только при безотрывном режиме обтекания. Таким образом, гипотезы локальности и стационарности не могут полностью соответствовать реальным условиям движения плота при остановке. Этот вывод подтверждается и нашими исследованиями [2]—[5]. Согласно им, действующая масса плота — величина переменная. Ускорение вызывает значительное по величине дополнительное сопротивление воды движению плота. Пренебрежение этими обстоятельствами может вносить существенные погрешности в определение пути и времени торможения.

В соответствии с нашими исследованиями, действующая масса плота

$$M = M_d(1 + n), \quad (1)$$

где  $M_d$  — масса древесины в плоту;

$n$  — переменный коэффициент, учитывающий совокупное влияние присоединенной массы воды, массы воды, заполняющей пустоты в габаритах плота, и дополнительного сопротивления воды движению плота, вызванного нестационарностью процесса.

При обтекании плота потоком во время остановки следует различать два периода. В первом периоде (который разные авторы [10], [8], [11] называли первой стадией остановки, а впоследствии К. А. Чекалкин [9] подразделил на две стадии: пассивного и активного торможения) под действием тормозных сил техническая скорость движения плота  $v$  снижается до скорости речного потока  $v_n$ , а во втором от скорости потока до нуля.

Первый период при активном торможении плота обычно кратковременен, и допущение о постоянстве действующей массы плота не вносит существенных погрешностей в расчет пути и времени торможения. Поэтому в этом периоде вместо коэффициента  $n$  в формулу (1)

можно подставлять его осредненное значение  $\tilde{n}$ , численная величина которого определяется по формуле [5]

$$\tilde{n} = 0,413 \frac{B}{\sqrt[3]{W_n}} + 27,164 \exp\left(-\frac{4,605B}{\sqrt[3]{W_n}}\right) - 0,137, \quad (2)$$

где  $W_n$  — объем погруженной части плота;

$$W_n = \frac{\gamma_d}{\gamma} BLT;$$

$L$ ,  $B$  и  $T$  — длина, ширина и осадка плота;

$\gamma_d$  и  $\gamma$  — объемный вес древесины и удельный вес воды.

Для второго периода, доминирующего по длительности торможения и длине тормозного пути, пренебрежение непостоянством действующей массы плота не оправдано.

Цель настоящей работы — предложить метод расчета тормозного времени и пути во втором периоде торможения\*. При решении этой задачи будем исходить из условия, что плот тормозится постоянной тормозной силой  $F$ . Дифференциальное уравнение движения плота в этом периоде можно записать в следующем виде:

$$M_d(1+n) \frac{dv}{dt} = r(v_n - v)^2 \pm R_y - F, \quad (3)$$

где  $r$  — приведенное сопротивление воды движению плота;

$R_y$  — сумма постоянных для каждого рассматриваемого случая сил влечения плота от уклона и ветра.

Коэффициент  $n$  для этого периода линейно зависит от  $v$  и, согласно [5], может быть определен по формуле

$$n = n_1 + n_2 \frac{v_n - v}{v_p}, \quad (4)$$

где  $n_1$  и  $n_2$  — безразмерные коэффициенты;

$$n_1 = 0,469 \frac{B}{\sqrt[3]{W_n}} - 0,369; \quad (5)$$

$$n_2 = 0,564 \frac{B}{\sqrt[3]{W_n}} + 0,648; \quad (6)$$

$v_p$  — скорость равномерного движения, которую может приобрести плот в конце разгона под действием постоянной силы  $P = F \pm R$

$$v_p = \sqrt{\frac{P}{r}}. \quad (7)$$

С учетом выражений (4) и (7) уравнение (3) принимает вид

$$M_d \left[ 1 + n_1 + n_2(v_n - v) \sqrt{\frac{r}{P}} \right] \frac{dv}{dt} = r(v_n - v)^2 - P. \quad (8)$$

Из уравнения (8) после простых преобразований и разделения переменных определяем время торможения

$$t = M_d \left( 1 + n_1 + n_2 v_n \sqrt{\frac{r}{P}} \right) \int \frac{dv}{rv^2 - 2rv_n v + rv_n^2 - P} - M_d n_2 \sqrt{\frac{r}{P}} \int \frac{v dv}{rv^2 - 2rv_n v + rv_n^2 - P}. \quad (9)$$

Имея в виду, что  $\frac{dv}{dt} = v \frac{dv}{ds}$ , получим уравнение для определения пути движения плота

$$S = M_d \left( 1 + n_1 + n_2 v_n \sqrt{\frac{r}{P}} \right) \int \frac{v dv}{rv^2 - 2rv_n v + rv_n^2 - P} - M_d n_2 \sqrt{\frac{r}{P}} \int \frac{v^2 dv}{rv^2 - 2rv_n v + rv_n^2 - P}. \quad (10)$$

Остановка плота возможна при условии, если равнодействующая постоянных сил  $P$  превышает силу влечения плота потоком  $rv_n^2$ . Отношение этих сил обозначим безразмерным коэффициентом

\* Работа выполнена под руководством доц., канд. технических наук, К. А. Чекалкина.

$$k = \frac{P}{rv_n^2}, \quad (11)$$

который должен быть больше единицы, откуда требуемое тормозное усилие

$$F = kr v_n^3 \pm R_{\Sigma}. \quad (12)$$

Очевидно, что максимальная величина силы  $F$  не должна превышать продольной прочности плота.

Интегралы в уравнениях (9) и (10) можно решить в элементарных функциях. Знак дискриминанта квадратного полинома в знаменателях подынтегральных функций с учетом (11) и (12)

$$\Delta = 4rP > 0.$$

Учитывая знак дискриминанта, подбираем табличные интегралы [1] и получаем решение в общем виде

$$t = \frac{M_{\lambda}}{\sqrt{4rP}} \left[ -n_2 \ln |r(v_n - v)^2 - P| + (1 + n_1) \ln \frac{2r(v - v_n) - \sqrt{4rP}}{2r(v - v_n) + \sqrt{4rP}} \right] + C; \quad (13)$$

$$S = M_{\lambda} \left\{ -\frac{2n_2v}{\sqrt{4rP}} + \left( \frac{1+n_1}{2r} - \frac{n_2v_n}{\sqrt{4rP}} \right) \ln |r(v_n - v)^2 - P| + \left[ \frac{v_n(1+n_1)}{\sqrt{4rP}} - \frac{n_2}{2r} \right] \ln \frac{2r(v - v_n) - \sqrt{4rP}}{2r(v - v_n) + \sqrt{4rP}} \right\} + C. \quad (14)$$

Формулы для определения времени и пути торможения плота во втором периоде получаем, учитывая обозначение (11), подстановкой в уравнение (13) и (14) начальных условий  $v = v_n$ ,  $t = 0$  и  $S = 0$ :

$$t_2 = \frac{M_{\lambda}}{2rv_n\sqrt{k}} \left[ n_2 \ln \frac{k}{k-1} + (1+n_1) \ln \frac{\sqrt{k}+1}{\sqrt{k}-1} \right]; \quad (15)$$

$$S_2 = \frac{M_{\lambda}}{2r\sqrt{k}} \left\{ 2n_2 - [(1+n_1)\sqrt{k} - n_2] \ln \frac{k}{k-1} + (1+n_1 - n_2\sqrt{k}) \ln \frac{\sqrt{k}+1}{\sqrt{k}-1} \right\}. \quad (16)$$

Для примера по формуле (16) подсчитали при разных значениях  $k$  путь торможения для трех плотов, буксируемых соответственно в Северодвинском, Волжско-Камском и Ангаро-Енисейском бассейнах. Основные расчетные данные о плотах приведены в табл. 1.

Таблица 1

Номер плота	Размеры плотов, м			$M_{\lambda}$ , кг сек <sup>2</sup> /м	$r^*$ , кг сек <sup>2</sup> /м <sup>2</sup>	$n_1$	$n_2$
	L	B	T				
1	415	80	1,8	$2,870 \cdot 10^6$	15660	0,665	1,891
2	460	54	1,68	$2,088 \cdot 10^6$	11070	0,418	1,594
3	650	33	1,6	$1,398 \cdot 10^6$	9231	0,144	1,265

\* Значения  $r$  подсчитаны по формуле, рекомендуемой проф. В. Н. Худоговым [7].

Зависимость пути торможения от величины коэффициента  $k$  на рис. 1 показана сплошными линиями. Цифрами обозначены номера

плотов в соответствии с табл. 1. Для сравнения аналогичные расчеты выполнены по формулам, рекомендуемым К. А. Чекалкиным [8] (штрих-пунктирные линии) и В. А. Щербаковым [11] (штриховые).

Для всех плотов по существующим методам расчета получается практически постоянная зависимость  $S = f(k)$ , что не соответствует действительности. Влияние нестационарности движения на инерционные силы и силу сопротивления значительно и зависит не только от объема, но и от ширины плота  $B$  — формулы (2), (5), (6). Для плота № 1 большой ширины результаты расчетов по существующим формулам получаются заниженными и, наоборот, для плота малой ширины № 3 — завышенными. Аналогичное соотношение параметров имеет место и для времени торможения.

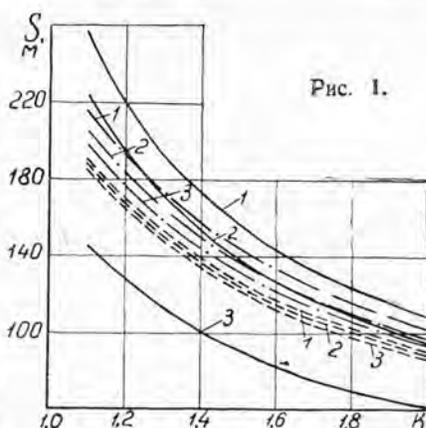
В практических условиях размеры и продольная прочность плотов, предназначенных к буксировке, известны. Поэтому графики зависимости  $S = f(k)$  для обоих периодов остановки для каждого плота могут быть построены заранее.

Если по условиям остановки известен необходимый путь торможения, то по графикам определяется величина  $k$  и затем по формуле (12) необходимо тормозное усилие. При известном же тормозном усилии обратным порядком определяется путь торможения.

Естественно, что в случае необходимости продольную прочность плотов нужно увеличивать установкой добавочного такелажа, а тормозные средства рассчитывать на оптимальный вариант.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Г. Б. Двайт. Таблицы интегралов и другие математические формулы. Изд-во «Наука», М., 1966. [2]. А. А. Митрофанов, К. А. Чекалкин. О критериях подобия при моделировании неустановившегося движения плотов. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 1971. [3]. А. А. Митрофанов. Методика исследования на моделях неустановившегося движения плотов. Сборник трудов АЛТИ, № 33, 1972. [4]. А. А. Митрофанов. Натурная проверка результатов модельных исследований неустановившегося движения плотов. Сборник трудов АЛТИ, № 33, 1972. [5]. А. А. Митрофанов, К. А. Чекалкин. Результаты исследования на моделях неустановившегося движения плотов. Сборник трудов АЛТИ, № 33, 1972. [6]. А. Н. Патрашев, Л. А. Кивако, С. И. Гожий. Прикладная гидромеханика. Военное изд-во Министерства обороны СССР, М., 1970. [7]. В. Н. Худогов. Гидродинамическое взаимодействие плотов и внешней среды. Красноярск, 1966. [8]. К. А. Чекалкин. К теории расчетов средств остановки плотов. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 1963. [9]. К. А. Чекалкин. Теоретические предпосылки к расчету остановки плотов на рейдах приплыва гидродинамическим торможением. Методическое пособие, Архангельск, 1971. [10]. Г. М. Черкасов. К теории движения буксируемых плотов. Татарстаниздат. Казань, 1949. [11]. В. А. Щербаков. Расчет пути и времени торможения пучковых плотов при остановке в пунктах приплыва. Сборник научных трудов по лесосплаву, № 4, изд-во «Лесная промышленность», М., 1964.



Поступила 27 июня 1972 г.

УДК 62-6:634.0.37

## ГРАФО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД РАСЧЕТА ТОПЛИВНОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ ЛЕСОВОЗНОГО АВТОПОЕЗДА

П. Д. КЛЫЧКОВ

Хабаровский политехнический институт

Указывается, что существующие методы расчета топливной экономичности лесовозного автопоезда справедливы только для частного случая. Предлагается метод, основанный на связи дорожных условий, тяговой характеристики, режимов работы двигателя по оборотам и нагрузке и многопараметровой характеристики двигателя.

Существует несколько методик для определения расхода топлива автомобилем по результатам стендовых испытаний двигателя. Все они в той или иной мере основаны на связи условий движения автопоезда (силы сопротивления и скорость) с режимом работы двигателя (крутящий момент и число оборотов), однако коэффициент полезного действия силовой передачи во всех известных нам методах принимается постоянным.

При снятии скоростных и нагрузочных характеристик двигателя по ГОСТу 14846—69 (491—55) вентилятор, компрессор и глушитель не устанавливаются, а в условиях эксплуатации вне зависимости от сил сопротивления движению определенная часть мощности затрачивается на их действие. Поэтому относительная доля этих потерь может изменяться в довольно широких пределах.

Кроме того, значительная часть эффективной мощности, развиваемой двигателем, теряется в трансмиссии, причем в зависимости от скорости движения и силы тяги на ведущих колесах относительная доля этих потерь также изменяется.

Поскольку основную часть времени двигателя автомобилей, в особенности лесовозных (в первую очередь, из-за ухабистости дорог) работают на частичных режимах, то использование результатов стендовых испытаний двигателя на топливную экономичность для расчета расходов топлива автомобилем в условиях эксплуатации не дает нужной точности. Это обуславливается не только (и не столько) переменным режимом, но и тем, что не учитывается степень изменения к.п.д.

С учетом указанных потерь мощности сила тяги, подводимая от двигателя к ведущим колесам автомобиля в каждый данный момент, будет отвечать следующему уравнению:

$$P_k = \left[ (M_e - an) \frac{i}{r} - (B + bV) \right] \eta \text{ кгс}, \quad (1)$$

где  $M_e$  — эффективный крутящий момент, развиваемый двигателем в данный момент, кгс м;  
 $an$  — затраты на привод служебных агрегатов (определяются экспериментально), кгс м;  
 $n$  — скорость вращения коленчатого вала двигателя, об/мин;  
 $i$  — общее передаточное число трансмиссии;

- $r$  — динамический радиус колеса, м;
- $B + bV$  — усилие, затрачиваемое на преодоление трения в механизмах трансмиссии при холостом ходе (определяется экспериментально), кгс;
- $V$  — скорость движения автомобиля, км/ч;
- $\eta$  — коэффициент влияния нагрузки, определяемый по формуле

$$\eta = 0,985^l \cdot 0,977^k \cdot 0,99^m,$$

здесь  $l, k$  и  $m$  — число пар соответственно цилиндрических и конических шестерен и число карданов, участвующих в передаче крутящего момента.

При использовании уравнения (1) коэффициент полезного действия автомобиля

$$\eta_a = \frac{P_k}{\frac{P_k}{\eta} + an \frac{i}{r} + B + bV} \quad (2)$$

Предлагаемая номограмма (рис. 1) позволяет выполнить тяговые расчеты и определить расходы топлива с учетом переменного значения к.п.д. Состоит она из четырех независимых, но увязанных между собой графиков (каждые два графика имеют одну общую ось). Построение выполнено по параметрам лесовозного автомобиля КраЗ-255Л (двигатель ЯМЗ-238);  $i = 7,67$ ;  $r = 0,6$  м;  $\eta = 0,86$ . На основании литературных данных [1], [2], [3] принято:  $a = 0,0032$ ;  $B = 40$ ;  $b = 1,4$ .

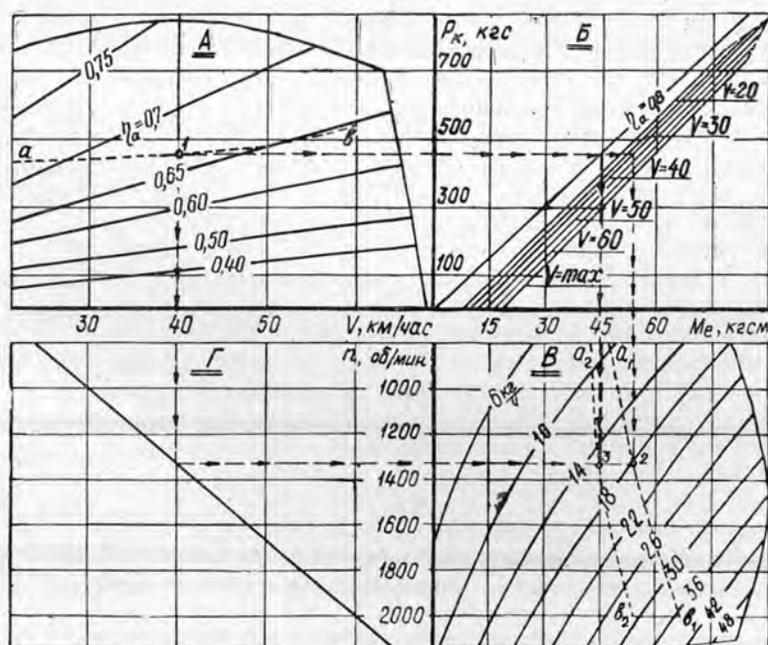


Рис. 1.

На графике А приведена тяговая характеристика для высшей передачи, полученная по формуле (1), и нанесены линии «равных значений  $\eta_a$ ». Для построения последних использована формула (2), по

которой, варьируя  $P_k$ , сначала получили вспомогательный график зависимости  $\eta_a$  от  $P_k$  при  $n = cV = \text{const}$ , а затем определили значения  $\eta_a = \text{const}$  как функции  $P_k$  и  $V$ .

Луч на графике  $\Gamma$  построен по уравнению

$$V = 0,377n \frac{r}{i}.$$

Для преобразования  $P_k$  в  $M_e$  с учетом действующего к.п.д., на графике  $B$  построен пучок лучей по уравнению (1), при  $V$ , равном 20, 30, 40, 50 и 60 км/ч и  $V = \text{max}$  (соответственно регуляторной ветви внешней скоростной характеристики) и построена прямая по формуле

$$P_k = 0,8M_e \frac{i}{r}. \quad (3)$$

На график  $B$ , на основании перестроения нагрузочных характеристик двигателя ЯМЗ-238, нанесены линии «равного часового расхода топлива».

Поясним примером порядок проведения анализа с помощью такой номограммы. На график  $B$  нанесена линия  $a_1b_1$  по результатам междуведомственных испытаний лесовозного автопоезда КрАЗ-255Л + ТМЗ-803 на топливную экономичность в соответствии с ГОСТом 6875—54 при полном весе автопоезда 38,5 т. Построение выполнено по формуле

$$Q_q = \frac{Q_{к.м} \cdot V}{100} \cdot \Delta \text{ кг/ч}, \quad (4)$$

где  $Q_q$  — часовой расход топлива, кг/ч;

$Q_{к.м}$  — расход топлива за единицу пути, л/100 км;

$\Delta$  — объемный вес дизельного топлива, г/см<sup>3</sup>.

Проектируя точки, принадлежащие кривой  $a_1b_1$ , на соответствующие лучи графика  $B$  и используя луч на графике  $\Gamma$ , получим абсолютные значения и закономерность изменения сил сопротивления движению в зависимости от скорости (кривая  $ab$  на графике  $A$ ).

Допустим теперь, что кривая  $ab$  получена экспериментально и, если мы, желая определить величину и закономерность изменения расхода топлива, воспользуемся на графике  $B$  лучом  $\eta_a = \text{const} = 0,8$  (то есть будем считать значение к.п.д. постоянным), то на графике  $B$  получим линию  $a_2b_2$ . Как видно из сравнения  $a_2b_2$  с  $a_1b_1$ , ошибка в определении расхода топлива составит 15—30%.

Пунктирными линиями со стрелками показан пример переноса точки 1 с графика  $A$  на график  $B$  (точка 2 получена с учетом переменного значения к.п.д., а точка 3 — для случая  $\eta_a = \text{const} = 0,8$ ).

Если на графике  $B$  построить линии равного расхода топлива по результатам стендовых испытаний двигателя с установленными служебными агрегатами, то на графике  $A$  можно нанести линии равного к.п.д. трансмиссии, единые для всего диапазона передач, однако на графике  $B$  и в этом случае для каждой из передач будет свой пучок лучей.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. В. Иванов и др. Основы теории автомобиля и трактора. Изд-во «Высшая школа», М., 1970. [2]. М. И. Лурье, А. А. Токарев. Скоростные качества и топливная экономичность автомобиля. Изд-во «Машиностроение», М., 1967. [3]. О. А. Ставров. Методика приведения основных параметров дизелей к единой системе. Журн. «Автомобильная промышленность» № 10, 1972.

УДК 625.143.48

## О ПРИМЕНЕНИИ ДЛИННЫХ СВАРНЫХ РЕЛЬСОВ НА ЛЕСОВОЗНЫХ УЖД

С. И. МОРОЗОВ

Архангельский лесотехнический институт

Излагается методика расчета длины сварных рельсов на лесовозных узкоколейных железных дорогах колеи 750 мм из условия прочности и устойчивости рельсо-шпальной решетки. Приводится образец расчетной номограммы.

На лесовозных железных дорогах узкой колеи в последние годы укладываются длинные сварные рельсы, температурные изменения длины которых ограничены величиной конструктивного стыкового зазора. Соблюдение определенных правил по выбору длины рельсов, содержанию и ремонту пути, уложенного длинными рельсами, обеспечивает необходимую безопасность движения при снижении затрат на его содержание.

Методика расчета длины рельсов в общем виде разработана для дорог как широкой [6], [7], так и узкой колеи [2]. В настоящей статье уточняются некоторые положения методики и даются рекомендации по определению допустимой длины рельсов.

Допустимую длину температурно-напряженного рельса определяют (без учета сил трения) по уравнению

$$Q_{сж} + Q_p = E\alpha\omega T_p - R_{л} - R_{з} - \frac{r_{л} + r_{з}}{2} l, \quad (1)$$

где  $Q_{сж}$  — величина дополнительных сжимающих сил, соответствующих перепаду температуры рельса от момента закрытия стыковых зазоров до максимальной,

$$Q_{сж} = E\alpha\omega (t_{max} - t_{зак});$$

$Q_p$  — величина дополнительных растягивающих сил, соответствующих перепаду температуры от момента упора стенок накладок в болты до минимальной. При применении накладок с овальными отверстиями  $Q_p = 0$ ;

$E, \alpha$  — модуль упругости и коэффициент линейного расширения рельсовой стали. Обычно принимают  $E \cdot \alpha = 25 \frac{\kappa\Gamma}{\text{см}^2 \cdot \text{град}}$ ;

$\omega$  — площадь поперечного сечения двух рельсов;

$T_p$  — температурная амплитуда рельсов. На лесовозных железных дорогах ее принимают выше температурной амплитуды воздуха на 10°C;

$R_{л}, R_{з}$  — стыковое сопротивление летом и зимой. По опытным данным,  $R_{л} \approx 4000 \kappa\Gamma$ ,  $R_{з} \approx 6000 \kappa\Gamma$ ;

$r_{л}, r_{з}$  — максимальное погонное сопротивление летом и зимой. Значения  $r_{л}$  для некоторых конструкций пути приведены в табл. 1;

$l$  — длина рельса;

$\Delta$  — конструктивный стыковой зазор ( $\Delta = 2 \text{ см}$ ).

Таблица 1

Тип скрепленный	Тип балласта (тип рельса)	Погонное сопротивление, кг/см, при числе шпал на 1 км								
		1500			1625			1750		
		и типе шпал								
		I	II-III	IV	I	II-III	IV	I	II-III	IV
Раздельное или костыльное с пружинными клеммами	Песчаный свежий	3,0	2,5	2,1	3,2	2,8	2,3	3,5	3,0	2,5
	Песчаный слежавшийся	4,4	3,6	3,1	4,8	3,9	3,4	5,1	4,2	3,6
	Гравийный свежий	3,6	3,0	2,5	3,9	3,2	2,7	4,2	3,5	2,4
	Гравийный слежавшийся	5,2	4,3	3,6	5,6	4,7	3,9	6,1	5,1	3,5
	Щебеночный свежий	4,5	3,7	3,2	4,8	3,9	3,5	5,2	4,3	3,7
	Щебеночный слежавшийся	6,7	5,6	4,8	7,2	6,1	5,2	7,8	6,5	5,6
Костыльное	P18	0,6—0,7								
	P24	0,8—0,9								

Для нормальной работы длинных рельсов необходимо выполнение условия

$$Q_{сж} \leq P_{доп}, \quad (2)$$

где  $P_{доп}$  — допустимая величина продольной сжимающей силы из условия прочности или устойчивости пути.

По условию прочности пути

$$P_{доп} = P_{0,2} - kP_{п}, \quad (3)$$

где  $P_{0,2}$  — сила, соответствующая условному пределу текучести рельсовой стали,

$$P_{0,2} = \sigma_{0,2} \cdot \omega;$$

$\sigma_{0,2} = 2550 \text{ кг/см}^2$  — напряжение, соответствующее условному пределу текучести;

$k$  — коэффициент запаса ( $k = 1,2 \div 1,3$ );

$P_{п}$  — сила, соответствующая наибольшим напряжениям в подошве рельса,

$$P_{п} = \sigma_{п} \cdot \omega;$$

$\sigma_{п}$  — напряжения в подошве рельса. Определяются по Правилам расчета узкоколейного пути на прочность [5].

По условию устойчивости пути против выброса в горизонтальной плоскости

$$P_{доп} = P_{расч} \cdot K, \quad (4)$$

где  $P_{расч}$  — расчетное значение продольной сжимающей силы, соответствующей моменту выброса пути;

$K$  — коэффициент запаса, назначаемый из условия ограничения максимальной величины поперечной деформации пути и устойчивости пути в зоне стыка. При расчете можно брать  $K = 0,6$ .

Расчетная критическая сила зависит от конструкции верхнего строения пути, расположения его в плане, величины местных неровно-

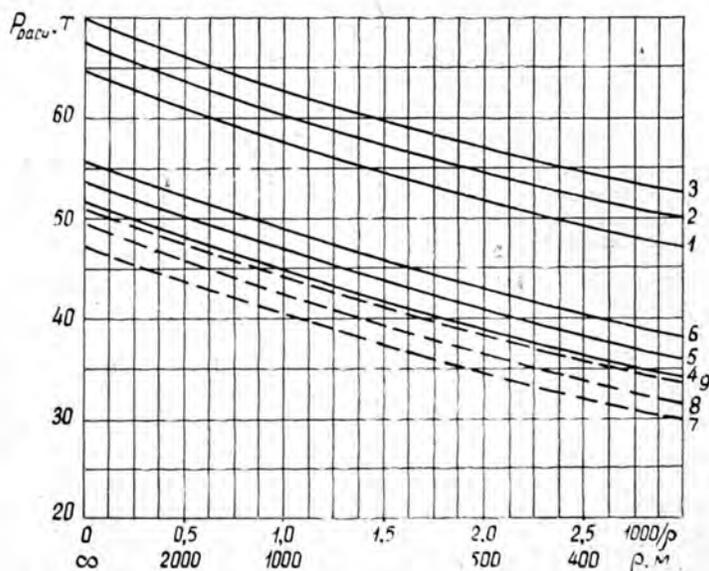


Рис. 1. Зависимость  $P_{расч}$  от радиуса кривой  $\rho$  для рельсов Р18, при  $f_0 = 0,5$  см.

1, 2, 3 — щебеночный балласт; 4, 5, 6 — песчаный слежавшийся балласт; 7, 8, 9 — песчаный свежий балласт; 1, 4, 7 —  $N = 1750$  шп./км; 2, 5, 8 —  $N = 1625$  шп./км; 3, 6, 9 —  $N = 1500$  шп./км.

стей рельсо-шпальной решетки. Она может быть определена экспериментально или аналитически.

Экспериментальный метод очень трудоемок. С его помощью можно получить значения критической силы только для некоторых частных случаев, поэтому результаты экспериментов следует рассматривать, прежде всего, как материал для проверки и уточнения аналитических методов.

Существующие методы аналитического определения расчетной величины критической силы [1], [4] позволяют найти ее практически для любой конструкции пути. Расчетные зависимости имеют вид, представленный на рис. 1. Зависимость критической силы от радиуса кривизны закругления выражается в первом приближении уравнением прямой линии

$$P_{расч} = P_{\infty} - \frac{a}{R}, \tag{5}$$

где  $P_{\infty}$  — критическая сила на прямолинейном участке пути;  
 $a$  — угловой коэффициент.

Значения  $P_{\infty}$  и  $a$  для некоторых конструкций пути приведены в табл. 2. Таким образом,

$$P_{доп} = \left( P_{\infty} - \frac{a}{R} \right) K. \tag{6}$$

Величина критической силы в значительной мере зависит от значения стрелы прогиба начальной неровности  $f_0$ . Неровности, встречающиеся в пути, — величины случайные. Конкретное представление о неровностях пути может быть получено только средствами теории вероятности.

Таблица 2

Тип балласта	Расчетная стрела прогиба начальной неровности, см	$P_{\infty}, T$ при количестве шпал $N$ на 1 км пути			$a, Tm$	
		1500	1625	1750		
Песок мелкозернистый; песок мелко- и крупнозернистый, слабоуплотненный	0,2	68	71	74	13200	
		90	93	97	20000	
	0,5	47	49	51	6200	
		62	64	68	9000	
	0,75	40	41,5	43	3800	
		53	55	57	7000	
	1,0	35,5	37	38,5	3100	
		48	49	51	5200	
	1,5	32	33	34	2200	
		42	43,5	44,5	3400	
	Песок средне- и крупнозернистый, плотный, гравий и щебень слабоуплотненный	0,2	74	77	80	13600
			97	101	104	20400
		0,5	52	53,5	55,5	6200
			68	70	72	10000
		0,75	44	45,5	47	40000
58			60	62	7000	
1,0		39,5	41	42,5	3200	
		53	55	57	5200	
1,5		36	37,5	38	2200	
		47	49	50,5	3600	
Щебень плотный		0,2	98	102	104	14000
			130	135	140	22400
		0,5	64,5	67,5	70	6200
			85	89	92,5	10400
		0,75	54	56,5	59	4200
	71		75	78	7200	
1,0	48	50	52	3200		
	63	65	67	5300		
1,5	42,5	44	45	2200		
	55,5	58	59,5	3700		

Примечание. В числителе данные для рельсов Р18; в знаменателе — для Р24.

Кафедрой сухопутного транспорта леса Архангельского лесотехнического института\* была проведена работа по измерению неровностей рельсов на двух лесовозных дорогах Архангельской области. После математической обработки результатов получены расчетные значения стрел прогибов, приведенные в табл. 3.

Таблица 3

№ участка	Стрела прогиба, мм	Длина неровности, м
1	3,70	330
2	4,0	380
3	3,45	375

При определении длины рельсов надо рассчитывать на неблагоприятные условия, поэтому расчетное значение стрелы прогиба начальной неровности следует принимать 4 мм.

\* Работа выполнена под руководством доц. Г. А. Калинин студентом лесинженерного факультета М. Поповым.

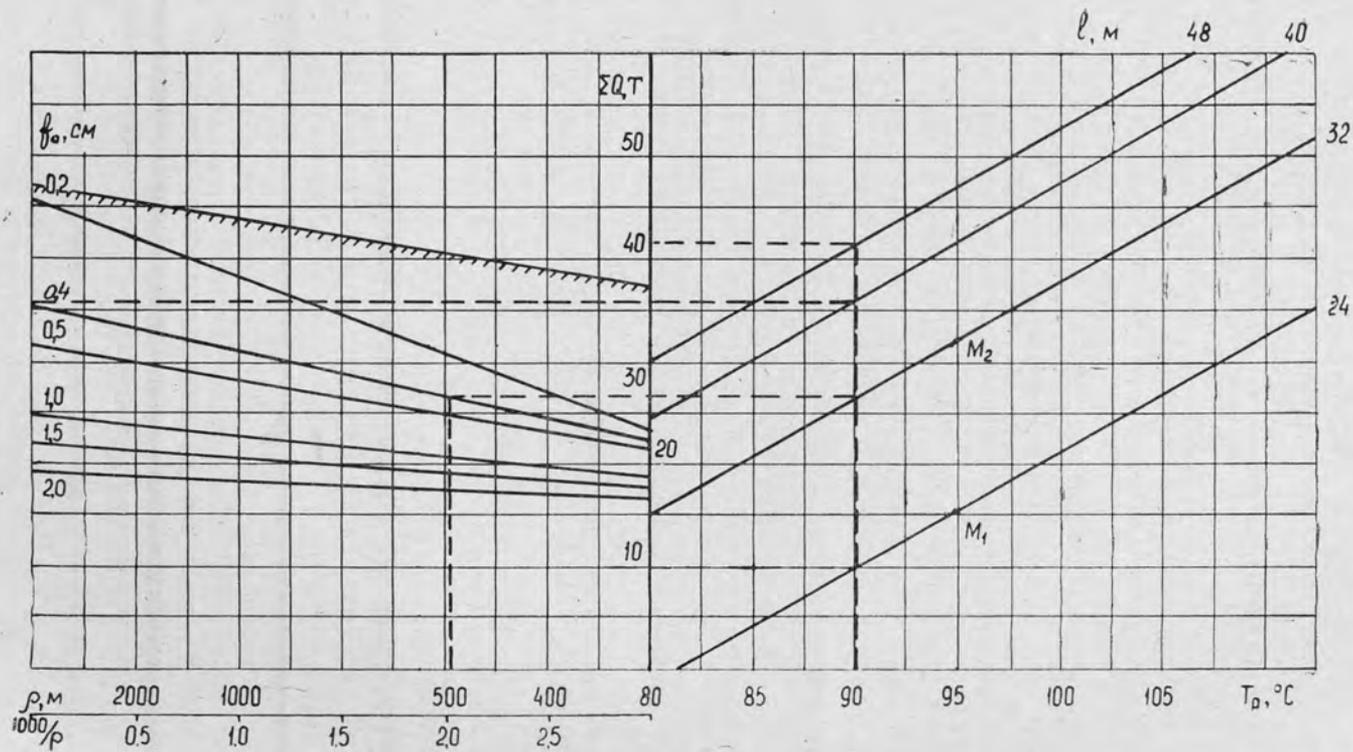


Рис. 2. Расчетная номограмма (рельсы Р18, шпалы ПА,  $N = 1625$  шп./км, балласт песчаный плотный, крепления костыльные).

Для определения длины сварного рельса необходимо приравнять уравнения (1) и (6) и из этого равенства найти или длину рельса для заданной температурной амплитуды, или допустимую годовую температурную амплитуду рельса для заданной длины. Для облегчения расчета можно построить номограммы или воспользоваться ЭВМ. Затем необходимо сделать проверочный расчет на прочность по уравнению (3).

Одна из номограмм приведена на рис. 2. В правой ее части изображается зависимость  $Q_{сж}$  от  $T_p$  по уравнению (1) при различных длинах рельса  $l$ , в левой — зависимость  $P_{доп}$  от радиуса закругления пути при различных значениях стрелы прогиба неровности  $f_0$ . Подразумевается, что  $P_{доп} = Q_{сж}$ . Имея такую номограмму, нетрудно определить длину рельса для укладки на данном участке пути.

Например, определим допустимую длину рельса для пути: рельсы Р18, шпалы ПА, 1625 шт. на 1 км, балласт песчаный плотный, крепления костыльные,  $T_p = 90^\circ\text{C}$ . Принимаем  $f_0 = 0,4$  см. По правой части номограммы для  $l = 24, 32, 40$  м определяем  $Q_{сж} = 10, 27, 36$  Т. Используя левую часть номограммы, устанавливаем, что рельсы длиной 40 м в данном случае использовать нельзя. Применение рельсов длиной 32 м возможно на участках пути  $R \gg 670$  м. В остальных случаях можно укладывать рельсы длиной 24 м. На левой части номограммы линия со штрихами показывает ограничение по прочности.

Предлагаемая методика определения длины сварных рельсов достаточно проста и наглядна. В случае, когда фактические условия отличаются от расчетных, номограммы можно строить с помощью формул подобия [3].

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. Г. Альбрехт и др. Бесстыковой путь и длинные рельсы. Изд-во «Транспорт», М., 1967. [2]. Б. И. Кувалдин, В. А. Лаптев. Бесстыковой путь железных дорог колеи 750 мм. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1968. [3]. С. И. Морозов. К вопросу об устойчивости пути в вертикальной плоскости, ИВУЗ. «Лесной журнал» № 6, 1968. [4]. С. И. Морозов. О критерии устойчивости железнодорожного пути. Труды АЛТИ, вып. 27, 1971. [5]. Правила расчета узкоколейного пути на прочность. Трансжелдориздат, 1959. [6]. М. Т. Членов. Длинные рельсы. Трансжелдориздат, 1970. [7]. Г. М. Шахуньянц. Путь и путевое хозяйство, Трансжелдориздат, 1949.

Поступила 21 ноября 1972 г.

УДК 631.372.076.235.001

### ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ МАНЖЕТ ПОРШНЕЙ ГИДРОСИСТЕМ, ВЫПОЛНЕННЫХ СОВМЕСТНО С ПОКРЫТИЕМ

Ю. И. БАГИН

Уральский лесотехнический институт

В. Б. ДРОЗДОВ

Свердловский сельскохозяйственный институт

В. Е. ТРЕТЬЯКОВ

Свердловский государственный университет

Приведены теоретические разработки по взаимосвязи между законом поджатия манжеты, выполненной за одно целое с покрытием поршня, и ее параметрами. Предложена методика расчета.

В агрегатных системах тракторов, лесохозяйственных и сельскохозяйственных машин широкое применение находит гидрообъемный

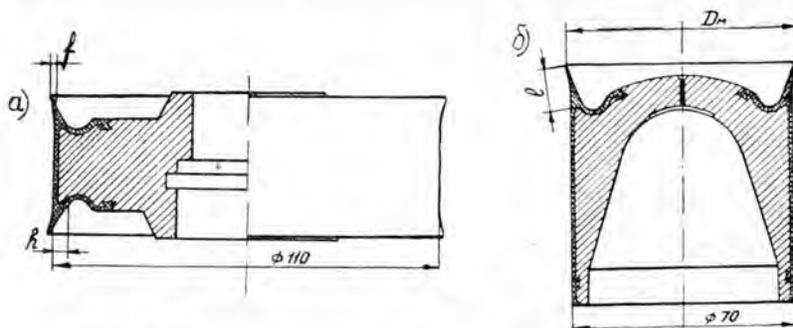


Рис. 1. Конструкция поршней с полиамидным покрытием.

*a* — силового цилиндра; *b* — цилиндра гидромотора.

привод, силовым органом которого являются цилиндры или гидромоторы.

Надежность работы этих агрегатов в основном зависит от уплотнений в поршневой группе. Авторы разработали конструкцию поршней для силовых цилиндров и гидромоторов (рис. 1), которая позволяет значительно увеличить надежность рассматриваемых систем. Поршни состоят из металлического остова, на рабочую поверхность которого под высоким давлением в специальных формах наплавляется слой полиамидной смолы П-68. Этот слой составляет одно целое с уплотнительными манжетами [1]—[3]. Технология изготовления [1], [2] предусматривает получение рабочих поверхностей необходимой чистоты без последующей механической обработки.

Как показали лабораторные, полевые и заводские испытания, при рабочих давлениях до  $150 \text{ кгс/см}^2$  и температуре рабочей жидкости  $-30, +100^\circ\text{C}$  поршни обеспечивают надежное уплотнение и значительно большую долговечность, по сравнению с существующими конструкциями [3].

Для создания надежного уплотнения между стенкой цилиндра и поршнем (особенно при малых давлениях) и получения приемлемых значений усилия при холостом перемещении штока, которые оговариваются в технических условиях, необходимо заранее рассчитать профиль манжеты в свободном состоянии, определить ее прогиб и основные размеры. На рис. 2, *a*, *b* показан поршень с покрытием и уплотнительной манжетой в свободном состоянии и установленный в цилиндр.

Предположим, что поджим манжеты к зеркалу цилиндра осуществляется лишь по кромке манжеты, то есть на участке *BC*, а на участке *KB* давление на цилиндр равно нулю. Если задан какой-нибудь профиль кромки манжеты в свободном состоянии, то можно определить давление кромки манжеты на зеркало цилиндра при установке поршня в цилиндр. Но можно решать и обратную задачу, а именно, задать требуемый закон поджатия  $q = q(x)$ ,  $0 \leq x \leq l$ ,  $q(0) = 0$  и по нему определить профиль кромки манжеты в свободном состоянии и ее основные параметры: высоту  $l$ , толщину основания  $h$  и максимальный прогиб в свободном состоянии  $f$ .

Решению этой обратной задачи и посвящена настоящая работа при линейном законе поджатия  $q = q(x) = ax$ ,  $0 \leq x \leq l$ . Постоянный коэффициент  $a$  может быть определен исходя из двух компримиссных соображений: чтобы результирующее по длине кромки манжеты поджатие

$$\varphi = \int_0^l q(x) dx = a \int_0^l x dx = \frac{al^2}{2},$$

с одной стороны, обеспечивало герметичность сопряжения, особенно при малых давлениях в цилиндре, и, с другой, давало по возможности минимальные потери на трение.

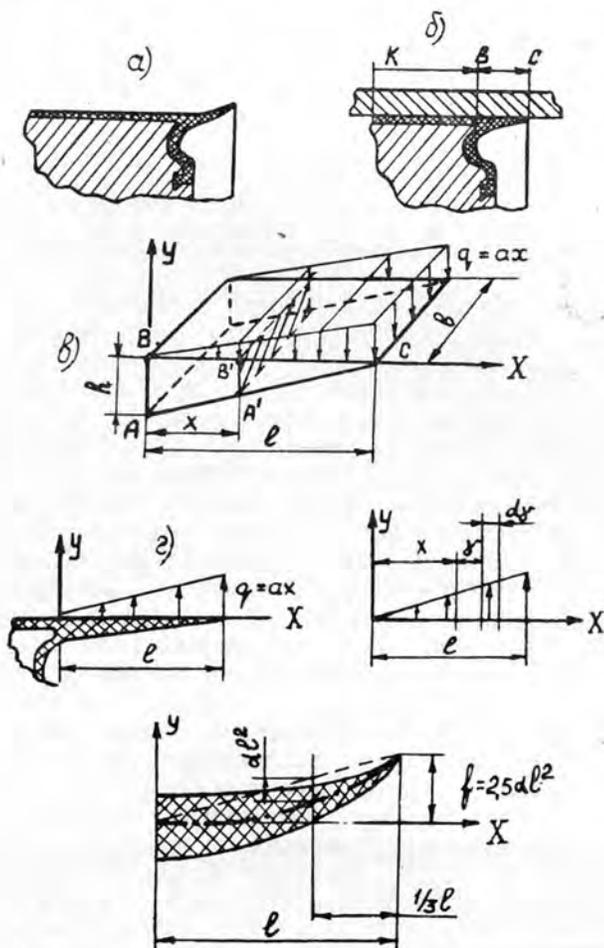


Рис. 2. Расчетные схемы манжетного уплотнения.

Предположим теперь, что давление жидкости в цилиндре равно нулю. Для упрощения решения задачи разрежем манжету по окружности на  $n$  элементарных участков, выбирая  $n$  настолько большим, чтобы каждый вырезанный «лепесток» пренебрежимо мало отличался по форме от прямоугольного клина с параметрами  $l$ ,  $b$ ,  $h$  (рис. 2, в). Ширина клина  $b$  определится, очевидно, по формуле  $b = \pi D/n$ , где  $D$  — внутренний диаметр цилиндра. Если указанный клин загрузить линейной нагрузкой  $q = ax$  так, как показано на рис. 2, г, то, очевидно, он примет такую форму профиля кромки манжеты в свободном состоянии, которая при установке поршня в цилиндр обеспечит за счет упругих сил требуемое поджатие  $q = ax$ ,  $0 \leq x < l$ .

Примем клин за консоль с переменной жесткостью. Дифференциальное уравнение упругой линии такой консоли имеет вид [4]

$$EI(x) \frac{d^2y}{dx^2} = M(x). \quad (1)$$

Решение  $y = y(x)$  уравнения (1) при начальных условиях

$$y(0) = 0, \quad \left. \frac{dy}{dx} \right|_{x=0} = 0, \quad (2)$$

можно принять за уравнение упругой линии профиля кромки манжеты в свободном состоянии, обеспечивающего требуемое линейное поджатие.

Момент инерции  $I(x)$  прямоугольного сечения клина, расположенного на расстоянии  $x$  от линии защемления, определится известной формулой

$$I(x) = \frac{bh^3(x)}{12} = \frac{bh^3 \cdot (l-x)^3}{12l^3}.$$

Момент  $M(x)$  от нагрузки  $q = ax$  на клин относительно его сечения, отстоящего на расстоянии  $x$  от линии защемления,

$$M(x) = \int_0^{l-x} ab(x+\gamma)\gamma d\gamma = \frac{ab(l-x)^2}{2} \cdot \left[ x + \frac{2(l-x)}{3} \right].$$

Подставляя найденные  $I(x)$  и  $M(x)$  в уравнение (1), получим

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \alpha \frac{x+2l}{l-x},$$

где  $\alpha = 2l^3 a / Eh^3$ .

Интегрируя это дифференциальное уравнение с начальными условиями (2), находим

$$\frac{dy}{dx} = \alpha \int_0^x \frac{\xi+2l}{l-\xi} d\xi = -\alpha \left( x + 3l \cdot \ln \frac{l-x}{l} \right); \quad (3)$$

$$y = y(x) = \alpha \left[ -\frac{x^2}{2} + 3lx + 3l \cdot (l-x) \cdot \ln \frac{l-x}{l} \right]. \quad (4)$$

Формула (4) дает наглядное представление о нужной форме профиля манжеты в свободном состоянии. По этой формуле нетрудно подсчитать максимальный прогиб кромки манжеты  $f$ , который, очевидно, получается при  $x = l$ ,

$$f = y(l) = \alpha \left[ -\frac{l^2}{2} + 3l^2 \right] = \frac{5}{2} \alpha l^2 = \frac{5l^5 a}{Eh^3}. \quad (5)$$

Таким образом, поставленную задачу в известном приближении можно считать решенной.

Если теперь предположить, что кромка манжеты выполнена с учетом формулы (4) и имеет параметры  $l, h, f$ , где  $f$  определяется формулой (5), то распределение удельного давления по длине кромки манжеты будет иметь вид

$$q = \frac{Efh^3}{5l^5} x, \quad 0 \leq x \leq l.$$

Тогда суммарное давление манжеты на цилиндр по всей окружности манжеты составит

$$N = \pi D \int_0^l \frac{Efh^3}{5l^5} x dx = \frac{\pi DEfh^3}{10l^3}.$$

Зная коэффициент трения манжеты о цилиндр  $f_m$ , легко подсчитать силу трения без нагрузки от давления рабочей жидкости

$$F = f_m \cdot N = \frac{f_m \pi DEfh^3}{10l^3}.$$

В случае, когда давление  $p$  в цилиндре не равно нулю, как мы до сих пор предполагали, учитывается дополнительное усилие, подсчитываемое обычным способом. Тогда суммарная сила трения, обусловленная упругими силами манжеты и давлением рабочей жидкости в цилиндре, составит

$$F_{\Sigma} = f_m \pi D \left[ lp + \frac{Efh^3}{10l^3} \right],$$

где  $D$  — внутренний диаметр цилиндра;

$l$  — высота кромки манжеты;

$h$  — толщина манжеты у основания;

$f$  — прогиб манжеты в свободном состоянии;

$p$  — величина давления в цилиндре;

$f_m$  — коэффициент трения.

В заключение сделаем два замечания.

1. Выбор линейного закона поджатия  $q(x)$  не диктуется, вообще говоря, техническими условиями, а обусловлен простотой последующих математических выкладок. Можно решать задачу и при других законах требуемого поджатия  $q = q(x)$ , лишь бы выполнялось условие  $q(0) = \lambda$  эгг,  $\lambda$  — постоянное удельное давление на зеркало цилиндра на участке  $KB$  (рис. 2, б). В нашем случае для простоты положено, что  $\lambda = 0$ .

2. Пользуясь методами теории упругости, можно получить точные уравнения, отказавшись от деления манжеты по окружности на «лесточки». При этом, однако, становится невозможным получить решение в замкнутой обозримой форме.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ю. И. Багин, Ю. М. Боровских, Ю. И. Мелентьев. Поршни с полиамидным покрытием рабочей поверхности. Журн. «Литейное производство» № 2, 1968. [2] Ю. И. Багин, В. Б. Дроздов и др. Результаты испытания поршней с покрытием из полиамидной смолы. Труды Свердловского сельскохозяйственного института, т. 22, 1970. [3] Ю. И. Багин, В. Б. Дроздов и др. Новое уплотнение поршней силовых цилиндров. Журн. «Уральские нивы» № 2, 1972. [4] В. И. Федосеев, Сопротивление материалов. Изд-во «Наука», М., 1967.

Поступила 29 ноября 1972 г.

## МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 674.5

## ОБ ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ГНУТОКЛЕЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ

А. Б. ИЗРАЕЛИТ

Ленинградская лесотехническая академия

Теоретически обоснована и разработана методика испытания гнutoклевeных изделий из шпона, а также описано приспособление для этих испытаний.

Для совершенствования технологического процесса производства гнutoклевeных изделий из шпона и улучшения их конструкции необходимо, прежде всего, располагать объективным методом оценки качества материала. Наиболее опасное место гнutoклевeных изделий — их криволинейные участки.

Данная статья посвящена обоснованию метода испытания криволинейных гнutoклевeных элементов и установлению критерия оценки их качества. Гнutoклевeные изделия в мебели обычно испытывают плоское напряженное состояние, и наиболее опасная деформация для них — изгиб в плоскости гнута (рис. 1). Если момент стремится уменьшить кривизну элемента, то такую деформацию называют разгибом. В случае противоположного направления момента возникает деформация сгиба. При сгибе и особенно при разгибе, как показано ниже, анизотропия материала проявляется наиболее сильно. Если коэффициенты запаса принять одинаковыми для всех направлений в материале и для всех видов напряжений, то условие прочности можно

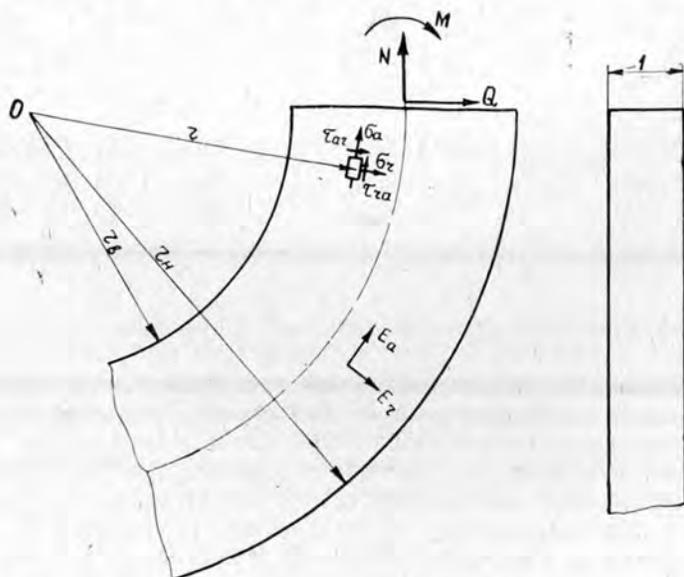


Рис. 1. Расчетная схема гнutoклевeного изделия.

выразить через нормальные и касательные составляющие напряжений в следующем виде [1]:

$$\sigma_{\text{пр}} = \frac{\sigma_a^2 + b\sigma_r^2 + e\sigma_a\sigma_r + d\tau_{ar}^2}{\sqrt{\sigma_a^2 + \sigma_r^2 + \sigma_a\sigma_r + \tau_{ar}^2}} \leq [\sigma], \quad (1)$$

где  $[\sigma]$  — допускаемое напряжение для материала в тангенциальном направлении, совпадающем в гнукотклееных изделиях с направлением волокон;

$b, a, d, e$  — коэффициенты, характеризующие анизотропию прочности материала и определяемые через отношения соответствующих пределов прочности  $R_a$  — вдоль волокон,  $R_r$  — поперек волокон,  $R_{45}$  — под углом  $45^\circ$  к волокнам,  $R_{ar}$  — на сдвиг в плоскости шпона;

$$b = \frac{R_a}{R_r}; \quad a = \frac{R_a}{R_{45}}; \quad d = \frac{R_a}{R_{ar}}; \quad e = 4a - b - d - 1.$$

Величину  $\sigma_{\text{пр}}$ , стоящую в левой части условия (1), называют приведенным напряжением, или критерием прочности. Входящие в нее величины напряжений в точках  $\sigma_a$ ,  $\sigma_r$  и  $\tau_{ar}$  всегда положительны, то есть их берут по абсолютному значению.

Так как пределы прочности древесины на растяжение и сжатие резко различаются, то соответственно различаются и коэффициенты, входящие в условие прочности для сжатых и растянутых волокон. В табл. 1 приведены характеристики прочности для березы и параллельной фанеры из березового шпона, по данным Е. К. Ашкенази [1], и, исходя из них, определены коэффициенты критерия прочности.

Таблица 1

Материал	Вид изгиба	Характеристика прочности				Коэффициенты			
		$R_a$	$R_r$	$R_{45}$	$R_{ar}$	$b$	$a$	$d$	$e$
Береза	Сгиб	1686	123	171	155	13,33	9,85	10,90	14,20
		767	123	360	155	6,22	2,13	4,55	-3,65
	Разгиб	1686	109	171	155	15,50	9,85	10,90	12,00
		767	109	360	155	7,04	2,13	4,95	-4,50
Параллельная фанера	Сгиб	1265	123	171	172	9,52	7,40	7,40	11,70
		865	123	360	172	7,03	2,40	5,02	-3,45
	Разгиб	1265	109	171	172	11,61	7,40	7,40	9,60
		865	109	360	172	7,94	2,40	5,02	-4,40

Примечание. В числителе данные для растянутых волокон; в знаменателе — для сжатых.

Анализируя значения коэффициентов, приходим к следующим выводам.

1. В критерии прочности удельный вес радиальных напряжений, характеризуемый коэффициентом  $b$ , несравненно выше (в 7—15 раз) удельного веса продольных напряжений. Этот коэффициент достигает наибольшей величины при разгибе в растянутых волокнах. Радиальные напряжения могут существенно отразиться на прочности гнукотклееных изделий, поэтому их необходимо учитывать.

2. На прочность растянутых волокон при сгибе и разгибе сильно влияет величина произведения продольных и радиальных напряжений, что определяется коэффициентом  $e$ . В сжатых волокнах это произве-

дение приводит к увеличению прочности, так как коэффициент  $e$  отрицателен.

3. Прочность гнутоклееных заготовок сильно уменьшается за счет влияния касательных напряжений, что определяется коэффициентом  $d$  ( $d = 4,5 \div 11$ ); и здесь в растянутых волокнах имеет место более опасное состояние, чем в сжатых. Разрушение при разгибе наступает значительно быстрее, чем при сгибе, и всегда начинается в растянутых волокнах.

В анизотропных криволинейных стержнях напряжения следует определять на основе формул теории упругости [2]. Составляющие напряжений от изгибающего момента определяют по формулам

$$\sigma_r = -\frac{M}{gr_n^2} \left[ 1 - \frac{1-c^{k+1}}{1-c^{2k}} \left( \frac{r}{r_n} \right)^{k-1} - \frac{1-c^{k-1}}{1-c^{2k}} c^{k+1} \left( \frac{r}{r} \right)^{k+1} \right]; \quad (2)$$

$$\sigma_a = -\frac{M}{gr_n^2} \left[ 1 - \frac{1-c^{k+1}}{1-c^{2k}} k \left( \frac{r}{r_n} \right)^{k-1} + \frac{1-c^{k-1}}{1-c^{2k}} kc^{k+1} \left( \frac{r}{r} \right)^{k+1} \right]; \quad \tau_{ra} = 0,$$

где  $c = \frac{r_n}{r}$  — отношение внутреннего радиуса к наружному (рис. 1);

$$g = \frac{1-c^2}{2} - \frac{k(1-c^{k+1})^2}{(k+1)(1-c^{2k})} + \frac{kc^2(1-c^{k-1})^2}{(k-1)(1-c^{2k})};$$

$k = \sqrt{\frac{E_a}{E_r}}$  — характеристика упругой анизотропии от изгиба.

Величина характеристики упругой анизотропии зависит от соотношения модулей упругости кривого стержня в продольном  $E_a$  и радиальном  $E_r$  направлениях. Для гнутоклееных изделий из березового шпона  $k = 3,5$  при перекрестном расположении слоев шпона и  $k = 5$  при одинаковой ориентации всех слоев.

От нормальной и поперечной сил возникают следующие напряжения:

$$\sigma_r = \frac{N}{rp} \left[ \left( \frac{r}{r_n} \right)^\beta + c^\beta \left( \frac{r_n}{r} \right)^\beta - 1 - c^\beta \right];$$

$$\tau_{ar} = \frac{Q\sigma_r}{N};$$

$$\sigma_a = \frac{N}{rp} \left[ (1+\beta) \left( \frac{r}{r_n} \right)^\beta + (1-\beta) \left( \frac{r_n}{r} \right)^\beta \cdot c^\beta - 1 - c^\beta \right] + \frac{N(1+c)}{2gr_n} \left[ 1 - \frac{1-c^{k+1}}{1-c^{2k}} k \left( \frac{r}{r_n} \right)^{k-1} + \frac{1-c^{k-1}}{1-c^{2k}} kc^{k+1} \left( \frac{r_n}{r} \right)^{k+1} \right],$$

где 
$$p = \frac{2}{\beta} (1-c^\beta) + (1+c^\beta) \ln c; \quad (3)$$

$G_{ra}$  — модуль поперечной упругости;

$\nu_{ar}$  — коэффициент Пуассона для деформаций в осевом направлении;

$\beta$  — характеристика упругой анизотропии для составляющих сил;

$$\beta = \sqrt{1 + \frac{E_a}{E_r} (1 - 2\nu_{ar}) + \frac{E_a}{G_{ra}}}.$$

Величины составляющих сил и изгибающего момента в сечении зависят от схемы закружения элемента и не взаимосвязаны.

Так как удельный вес составляющих напряжений в общей прочности при определении механических свойств гнукотклееных изделий имеет различные значения, то желательно иметь в сечении минимальное количество силовых факторов. Это достигается при осуществлении чистого изгиба, когда в сечении отсутствуют нормальная и поперечная силы. В этом случае касательные напряжения не возникают, а нормальные  $\sigma_a$  и  $\sigma_r$  взаимосвязаны одним параметром — величиной изгибающего момента. Поэтому в условиях чистого изгиба результаты испытания гнукотклееных изделий сопоставимы и сравнительно легко могут быть обработаны с учетом упругой и прочностной анизотропии. При других загрузениях трудность обработки и сопоставления объясняется не только различным соотношением внутренних силовых факторов вследствие разного очертания образцов, но и существенным изменением этих факторов в процессе испытания в связи с большими деформациями материала и изменением начальной расчетной схемы.

Итак, испытание на чистый изгиб удовлетворяет самым необходимым требованиям при определении качества материала, а именно, обеспечивает однотипность загрузки и сопоставимость результатов.

На основании проведенной оценки критерия прочности наилучшим видом испытания гнукотклееных изделий следует признать разгиб — чистый изгиб с уменьшением кривизны, так как в этом случае разрушение наступает быстрее.

Напряжения от изгибающего момента зависят от характеристики очертания элемента  $c = \frac{r_a}{r_n}$ , от характеристики упругой анизотропии  $k$  и положения точки в сечении. От этих же факторов зависит и приведенное напряжение. Анализ распределения приведенных напряжений по сечению позволяет найти их опасные максимальные значения, относительные величины которых подсчитаны (табл. 2) для двух случаев: при  $k = 3,5$  (перекрестное расположение листов шпона) и  $k = 5$  (ориентированное в одном направлении расположение листов шпона).

Таблица 2

$c = \frac{r_a}{r_n}$	Значения $\gamma_{пр}$ при $k$ , равном		$c = \frac{r_a}{r_n}$	Значения $\gamma_{пр}$ при $k$ , равном	
	3,5	5		3,5	5
0,30	64,00	47,50	0,70	95,60	98,30
	19,20	19,20		72,58	80,20
	65,00	48,40		113,80	124,15
0,40	23,50	24,20	0,75	107,83	110,00
	66,50	59,80		150,00	163,20
	30,85	31,00		145,42	163,20
0,50	74,20	73,20	0,80	273,10	278,10
	35,18	41,40		273,10	278,10
	82,00	75,50		790,00	801,00
0,60	45,56	47,90	0,90	790,00	801,00
	88,00	85,70		790,00	801,00
	61,70	60,10			

Примечание. В числителе данные для случая разгиба; в знаменателе — для случая сгиба. Относительные значения максимальных

приведенных напряжений  $\gamma_{пр} = \frac{\sigma_{пр} r_n^2}{M}$ .

Данные табл. 2 служат основой для обработки экспериментальных результатов и определения прочности материала гнукотклееных

Таблица 3

Заготовка	Изготовитель	Количество испытанных образцов	Геометрические параметры заготовок			Статистические характеристики		
			толщина, мм	отношение внутреннего радиуса к наружному	угол загиба, град	среднее значение прочности, кгс/см <sup>2</sup>	среднее квадратическое отклонение, кгс/см <sup>2</sup>	коэффициент изменчивости, %
Передняя ножка стула ЛС-3	Таллинский ФМК	5	21	0,53	94	737	63,6	8,6
" "	" "	5	21	0,59	109	788	138,0	17,5
Ножка табурета	" "	5	21	0,56	94	486	69,7	14,4
" "	ДОК „Вулкан“, Рига	6	18	0,55	95	249	59,8	24,0
Ножка детского стула	Фабрика Ленгорисполкома	19	19	0,55	103	440	58,0	12,3
Спинкодержатель стула	Таллинский ФМК	6	19	0,56	100	774	129,0	16,7
Задняя ножка кресла	Гомельский ФМК	6	22	0,60	52	349	69,0	19,7
Спинка—сидение кресла	Фабрика Ленгорисполкома	6	11	0,90	106	231	45,6	19,7
Спинка—сидение стула	Таллинский ФМК	5	9	0,85	90	343	65,1	19,1

заготовок. По известным геометрическому ( $c = \frac{r_n}{r_{II}}$ ) и упругому ( $\lambda = \sqrt{\frac{E_a}{E_r}}$ ) параметрам сечения вычисляют величину  $\gamma_{пр}$ , играющую роль безразмерной характеристики сопротивления. Затем на основе экспериментально найденного разрушающего момента  $M$ , приходящегося на единицу ширины образца и его наружного радиуса, определяют характеристику прочности материала

$$\sigma_{пр} = \gamma_{пр} \cdot \frac{M}{r_{II}^2} \quad (4)$$

При необходимости на основе данных табл. 2 можно сопоставить результаты испытания на сгиб и разгиб.

Деформация чистого изгиба как при разгибе, так и при сгибе может быть осуществлена на любой испытательной машине с помощью приспособления, схема которого изображена на рис. 2. Приспособление было разработано и изготовлено в СПКБ объединения «Ленмобель»; оно предназначено для создания двух противоположно направленных моментов при действии осевого растягивающего усилия.

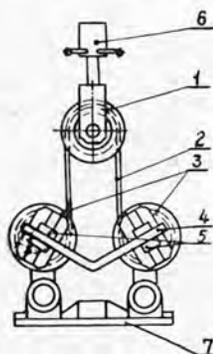


Рис. 2. Схема устройства для испытания гнутоклееных образцов на изгиб.

Основные элементы приспособления: уравнивательный блок 1; канат 2, связывающий блоки; два блока закрепления 3, в зажимах 5 которых устанавливают образец 4. С помощью нижней плиты 6 и верхнего захвата 7 приспособление закрепляют в траверсах испытательной машины. Вследствие передаточного траверсы создается усилие, передаваемое через уравнивательный блок и канат на блоки закрепления и создающее за счет их закручивания моменты на закрепленных концах образца. В зависимости от расположения образца — углом вниз или углом вверх — он работает соответственно на разгиб или сгиб. Образцы шириной 20—40 мм выпиливают из криволинейных участков заготовок; длина образцов может варьировать в зависимости от их очертания и габаритных размеров между зажимами.

Результаты предварительных испытаний некоторых видов гнутоклееных изделий, обработанные на основе теории прочности анизотропного материала, приведены в табл. 3. Разброс экспериментальных данных для каждого вида изделия не больше, чем для древесины или шпона. Существенные расхождения в абсолютных значениях прочности разных изделий объясняются различием в их строении, технологии и свойствах исходного сырья.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Е. К. Ашкенazi. Анизотропия машиностроительных материалов. Л., 1969.
- [2]. С. Г. Лехницкий. Анизотропные пластики. Гостехтеориздат, М., 1957.

Поступила 2 апреля 1973 г.

УДК 674.08

## О ПРАКТИЧЕСКИХ ПУТЯХ СНИЖЕНИЯ ОТХОДОВ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ ПРОДОЛЬНОЙ РАСПИЛОВКЕ НА КРУГЛОПИЛЬНЫХ СТАНКАХ

В. И. САНЕВ, В. К. ПАШКОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Дана характеристика и рассмотрены основные пути решения вопроса о снижении отходов за счет уменьшения толщины дисков, повышения их устойчивости и улучшения системы базирования.

Исследования показали, что при круглопильной распиловке отходы древесины можно снизить различными способами, наиболее предпочтителен тот, который способствует повышению точности и чистоты поверхности выпиливаемых заготовок и снижению количества отходов древесины в опилки.

Из-за дефектной работы инструмента появляется волнистость пропила и снижается чистота поверхности, что приводит к возрастанию припусков на последующую обработку заготовок, а следовательно, и к росту отходов древесины. Волнистость пропила возникает из-за неустойчивой работы дисковых пил, которая находится в зависимости от внутренних напряжений, тепловых процессов при распиловке, асимметрии действующих сил, статической и динамической жесткости, колебаний и других факторов. Поиски путей повышения устойчивости работы дисковых пил настойчиво ведутся.

Особенно большие трудности возникают при распиловке древесины тонкими дисками. В последнее время применяют дисковые пилы повышенной толщины (ГОСТ 980—69 вместо ГОСТов 980—63 и

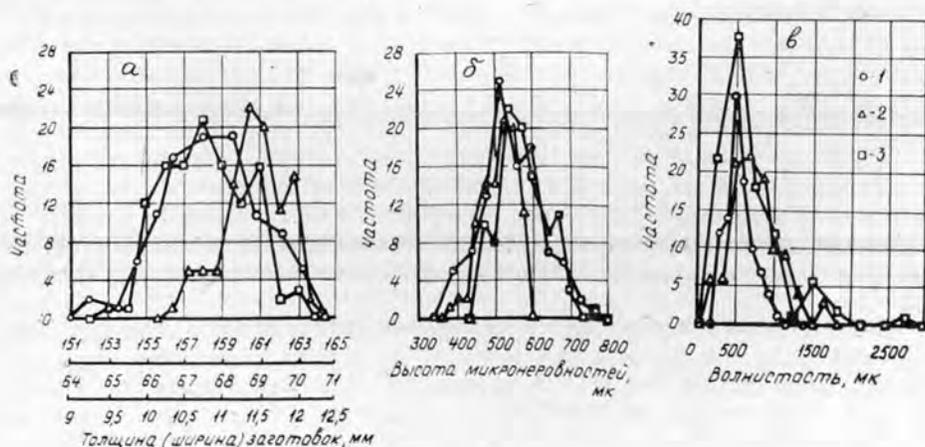


Рис. 1.

1 — обрезной станок (151—165 мм); 2 — прирезной (64—71 мм); 3 — ребровой (9—12,5 мм).

980—53). Это оправдано, так как потеря на пропилах компенсируется отсутствием волнистости и снижением расхода древесины при последующей обработке заготовок. Однако, как показывает практика, пильные диски даже повышенной толщины работают крайне ненормально, и ширина пропила значительно превышает ее расчетное значение из-за отклонения дисков и их поперечных колебаний. Так, при обследовании распиловочных станков на ребровых станках нами зафиксированы случаи, когда ширина пропила достигает 8—10 мм.

Для выяснения предельных погрешностей нами были проведены массовые обмеры заготовок при распиловке на разных станках. На рис. 1 представлены типовые полигоны распределения значений толщины (ширины) заготовок (*a*), высоты микронеровностей (*b*) и волнистости заготовок (*в*) при распиловке на прирезном, обрезном и ребровом станках. Обобщенные результаты наблюдений приведены в табл. 1, из данных которой видно, что высота микронеровностей пильных поверхностей заготовок лежит ниже значений, допустимых по ГОСТу. Однако возможности дисковых пил для снижения высоты этих неровностей далеко не использованы.

Таблица 1

Станок	Максимальные погрешности точности и чистоты распиловки					
	наибольшая высота неровностей пильной поверхности, мк		по размерам сечения заготовки, мм		воднистость пильной поверхности, мм	
	фактическая	по ГОСТу	фактическая	по ГОСТу	фактическая	по ГОСТу
Прирезной ЦДК-4	639	800—1250	5,76	1	1,79	Разрешается в пределах допустимых погрешностей по размерам сечения заготовки
Ребровый ЦР-3	781	800—1250	2,92	2	3,21	
Обрезной ЦДД5	755	800—1250	15	3	1,26	

При решении вопроса об уменьшении отходов древесины при распиловке дисковыми пилами за счет повышения их устойчивости большое значение имеют исследования, связанные с улучшением эксплуатации пил, а также с изучением работы более тонких пил и их внедрением.

Из практики известно, что даже нормальное и работоспособное состояние дисковых пил не гарантирует отсутствия технического брака распиловки из-за следующих недостатков в станке: плохой выверки и не достаточной по качеству настройки, износа базовых элементов, перекосов шайб и других. В связи с этим немаловажное значение имеют и работы, направленные на улучшение эксплуатации станков в целом.

Обследования, проведенные на ряде предприятий, показали, что круглопильные станки эксплуатируются не всегда правильно, иногда — на форсированных режимах. В редких случаях изменяются (с переходом на новые параметры распиловки и породу) скорость подачи и скорость резания.

В результате наблюдений установлено, что одна из причин недоброкачественной распиловки древесины на круглопильных станках — перебазирование материала, которое приводит к боковым дав-

лениям на пильный диск, к нарушению формы выпиленных заготовок и к возрастанию отходов древесины на последующих стадиях обработки. Основные причины перебазирования — отклонения в форме материала, поступающего на станок, и в конструкции подающих механизмов станков.

Один из путей решения вопроса о снижении ширины пропила — уменьшение толщины дисковых пил, но попытки внедрить для распиловки более тонкие пилы (толщиной 1; 1,2; 1,4; 1,8 мм) оканчивались неудачей. Оказалось, что тонкие пилы весьма чувствительны к действию поперечных сил. Поперечная жесткость этих пил значительно ниже, и они требуют более тщательной подготовки перед установкой в станки.

Существенное значение имеет неравномерный нагрев дисков по радиусу. Тонкие пильные диски очень чувствительны к перепаду температуры, поэтому их устойчивость должна повышаться, в первую очередь, за счет ликвидации влияния температурного перепада. Результаты наблюдений показали, что тепловое состояние дисков находится в тесной зависимости от условий распиловки древесины. Для диаметров пил 400 мм при удовлетворительном качестве распиловки значения максимального перепада температуры и абсолютной температуры нагрева дисков не превышают соответственно 30 и 66°C.

С увеличением скорости резания и подачи перепад возрастает с одновременным ростом абсолютных температур. С уменьшением толщины пилы и развода зубьев перепад и абсолютные температуры также увеличиваются. Большая величина проковки диска пилы позволяет выдерживать и более высокие перепады температуры по радиусу.

Так как поперечные колебания дисков приводят к увеличению контактных площадок касания диска с древесиной, то с ростом амплитуды колебаний возрастает перепад температуры и абсолютные значения температуры. И, наоборот, увеличение перепада температуры по радиусу дисковых пил вызывает рост размаха их поперечных колебаний. На характер распределения температуры сильно влияют межторцовые разрывы, отсос воздуха из эксгаустерных приемников, перебазирование материала, затупление зубьев и другие факторы.

Для установления эффекта выравнивания температуры по радиусу дисков нами были проведены опыты по искусственному поддержанию равенства температуры между центром и периферией путем нагрева средней зоны и охлаждения периферийной.

На рис. 2 представлены схемы систем автоматического выравнивания температуры по радиусу дисковых пил. Принцип работы этих систем рассмотрим на примере системы выравнивания температуры с помощью фрикционного пневматического нагревателя (рис. 2, а). Параметром, указывающим на перегрев пилы 1 в периферийной зоне, служит отклонение диска в поперечном направлении, регистрируемое роликовыми контактными датчиками 2. Отклонением диска, превышающим нормированное значение, вызывается касание его о роликовый датчик. Ролик поворачивается и замыкает контакт  $K_1$ , что, в свою очередь, приводит к срабатыванию реле  $P_1$ . Контакты реле  $P_1$  включают цепь реле  $P_2$ , а контакты последнего, в свою очередь, замыкают цепь электромагнита  $ЭМ_1$ . Этот электромагнит с помощью электромагнитного золотника 5 направляет сжатый воздух с пневмосистемы 4 в цилиндры нагревательного элемента  $НЭ$ . Фрикционные колодки прижимаются к средней зоне пилы и нагревают ее до тех пор, пока не произойдет выравнивание температуры по радиусу пилы. Этот момент фиксируется уменьшением величины поперечных колебаний.

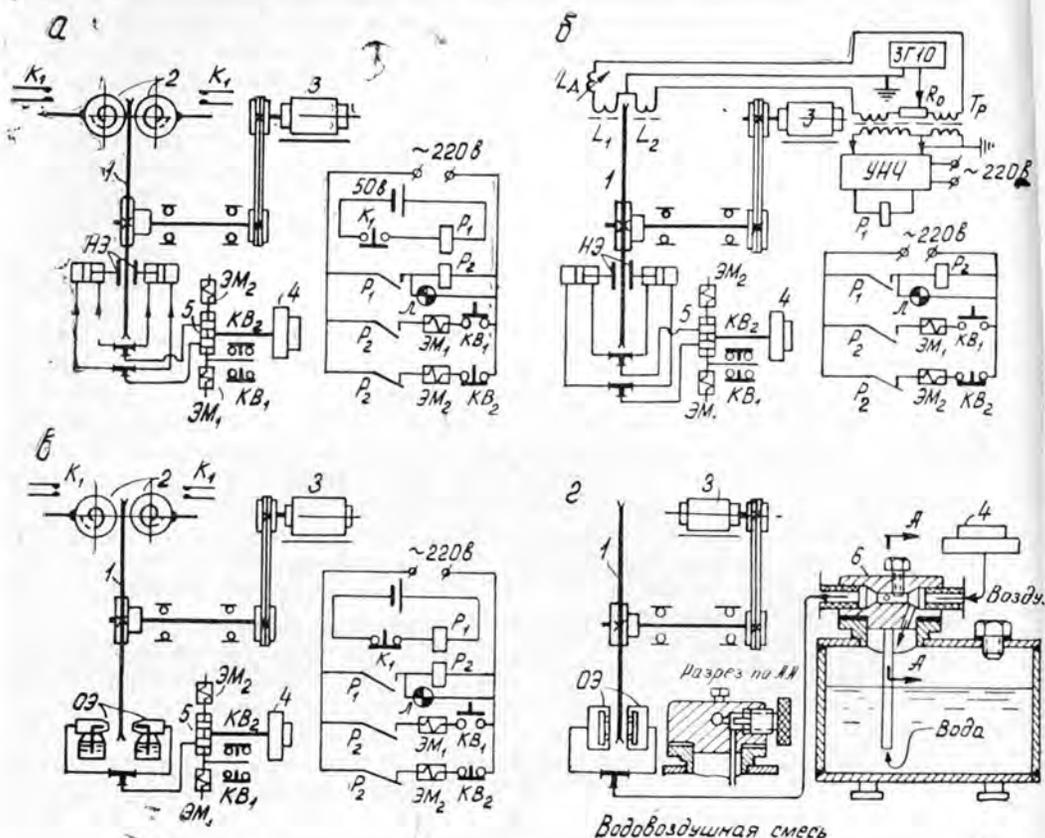


Рис. 2. Схемы систем автоматического выравнивания температуры по радиусу дисковых пил.

*а* — с фрикционным нагревательным элементом пневматического типа и роликовыми датчиками отклонения; *б* — с фрикционным нагревательным элементом пневматического типа и индуктивными бесконтактными датчиками отклонения; *в* — с элементом охлаждения водовоздушной смесью и роликовыми датчиками отклонения; *2* — с непрерывным охлаждением диска пилы водовоздушной смесью.

Диск пилы перестает касаться роликов, и последние под воздействием пружин возвращаются в исходное положение. Контакты  $K_1$  размыкаются, что приводит к разрыву цепи катушки реле  $P_2$ . Нормально закрытые контакты реле включают электромагнит  $ЭМ_2$ , с помощью которого электромагнитный золотник направляет воздух в полости (противоположные рабочим) цилиндров и отводит фрикционные колодки от диска. Электромагниты отключаются с помощью конечных выключателей  $KB_1$  и  $KB_2$ . В дальнейшем описанный цикл повторяется.

На рис. 2 введены дополнительно следующие обозначения: 3 — привод пыльного вала; 6 — смеситель; 7 — резервуар с жидкостью (водой); ОЭ — охлаждающий элемент; Л — сигнальная лампа;  $L_1$  и  $L_2$  — индуктивные датчики отклонения диска пилы;  $L_{доб}$  — добавочная индуктивность; ЗГ-10 — звуковой генератор; Тр — трансформатор;  $R_0$  — регулировочное сопротивление; УНЧ — усилитель низкой частоты.

Работа других систем аналогична приведенной выше. Указанные схемы обеспечивают наиболее простое решение при использовании их в промышленности. Устройства (в виде системы автоматического регулирования) были смонтированы нами на лабораторной установке;

экспериментальные исследования эффективности и надежности их работы проведены при различных условиях распиловки древесины. Использовали пильные диски толщиной 1—2 мм и диаметром 400 мм. Скорость резания меняли в диапазоне 30—77 м/сек, а скорость подачи — в диапазоне 15—30 м/мин. Замеряли температуру в трех точках по радиусу пилы, волнистость пропила, разнотолщинность заготовок, ширину пропила, длительность распиловки, количество срабатываний регулятора.

Опыты показали, что принцип автоматического регулирования температурного перепада по радиусу пильных дисков эффективен и практически осуществим. Для нагрева средней зоны дисков наиболее эффективны фрикционный и электромагнитный нагреватели, причем первый из них, ввиду простоты, наиболее предпочтителен.

Периферийную зону можно охлаждать водовоздушной смесью автоматически в режиме регулирования и непрерывно с отключением чувствительных элементов. При надлежащей регулировке соплового аппарата диск работает в совершенно холодном состоянии. В результате ликвидации температурного перепада значительно улучшаются точность и чистота поверхности при распиловке материала.

При производственных испытаниях устройств для ликвидации температурного перепада по радиусу дисковых пил в процессе распиловки нами установлено, что ширина пропила снижается на 28—50% в случае охлаждения периферии пилы и на 18% — в случае нагрева средней зоны пилы; предельные погрешности высоты микронеровностей обработанной поверхности уменьшаются на 57—90% при охлаждении периферии пилы и на 67% — при нагреве средней зоны пилы; предельные погрешности по ширине заготовок снижаются на 9—15% в случае охлаждения периферии пилы и на 20% — в случае нагрева средней зоны пилы; точность распиловки за счет снижения волнистости увеличивается на 30—69% при охлаждении периферии пилы и на 76% — при нагреве средней зоны пилы.

Таким образом, при круглопильной продольной распиловке можно значительно снизить ширину пропила и повысить точность и чистоту поверхности за счет применения тонких дисковых пил с устройствами для охлаждения их периферии или нагрева средней зоны.

Устройства для охлаждения дисков пил позволяют более широко использовать не только обычные плоские, но также конические и строгальные пилы, плоские с меньшим разводом зубьев, а также комбинированные, позволяющие получить строганую или шлифованную поверхность. Устройства для нагрева средней зоны пилы и для охлаждения ее периферии можно рекомендовать при проектировании новых типов станков для продольной распиловки древесины, а также улучшения работы существующего парка станков. Выбор того или иного типа устройств определяется конкретными условиями их использования. На многопильных станках можно применять устройства для охлаждения пил, а на однопильных — устройства как для охлаждения, так и для нагрева.

Датчики можно использовать температурные (болометры), регистрирующие перепад температуры диска по радиусу, и датчики отклонения, регистрирующие отклонение диска пилы в поперечном направлении. Наиболее просты в эксплуатации датчики отклонения.

УДК 674.815-41 : 621.97

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ КИНЕТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ ПРЕССОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

Ф. М. МАНЖОС, И. Х. ШОР

УкрНИИМОД

Описаны методы измерения и устройства для измерения деформаций плит гидравлического пресса и ковра при прессовании древесностружечных плит, а также для измерения распределения усилий прессования по площади плит, разработанные авторами в Украинском научно-исследовательском институте механической обработки древесины.

Экспериментальное определение деформаций, которым подвергаются плиты и траверсы гидравлического этажного пресса при прессовании ДСтП, необходимо для совершенствования режимов прессования и конструирования прессов. Об этих деформациях нельзя судить по толщине прессуемого материала, так как стружечная плита обладает свойством упруго восстанавливаться. Ниже описаны разработанные сотрудниками УкрНИИМОДа методы и устройства для измерения деформаций плит пресса и ковра, а также для измерения распределения усилий прессования по площади плит.

Для измерений в процессе прессования ДСтП без повреждения ковра датчики встраивали в отверстия, расточенные в дюралюминиевом поддоне, заподлицо с его верхней и нижней поверхностями и крепили к поддону винтами (рис. 1). Провода, ведущие к регистрирующему прибору, в датчиках прокладывали через специальные отверстия, а в поддоне — через канавки.

Деформации прессующих плит измеряли индуктивными датчиками (рис. 2, а), состоящими из стального сердечника и крышки, изготовленной из диэлектрика. Сердечник и крышка скреплены винтами. В пространстве между сердечником и крышкой находится индуктивная катушка. Датчики рассчитаны так, что магнитный поток, создаваемый катушкой, проходит через прессующие плиты пресса и прессуемое изделие. Величина индуктивного сопротивления зависит от

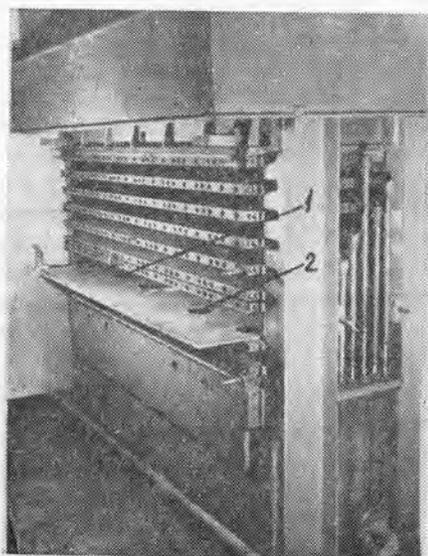


Рис. 1. Измерительный поддон.

1 — датчики для измерения давлений;  
2 — датчики для измерения деформаций.

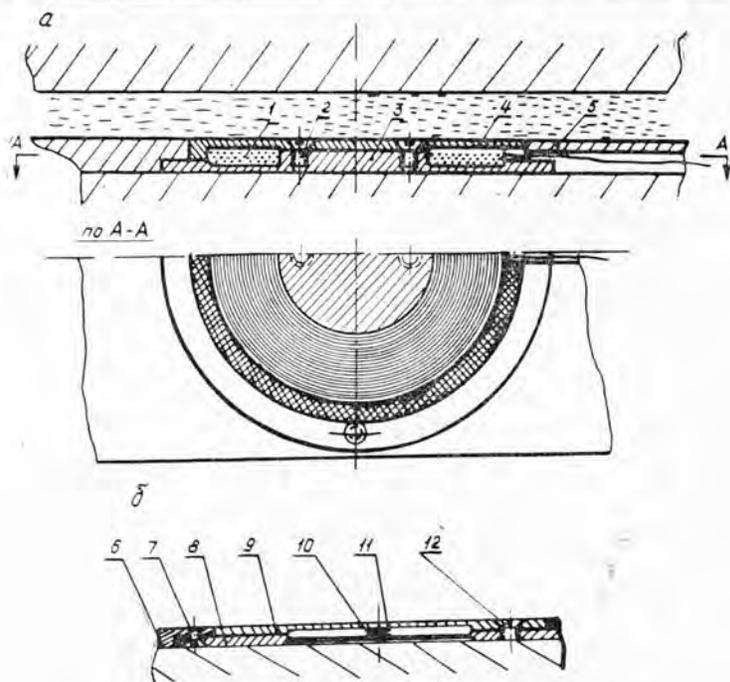


Рис. 2. Датчики, установленные на измерительном поддоне (а — конструкция индуктивного датчика; б — датчик для измерения давлений).

1 — индуктивная катушка; 2 — винт; 3 — сердечник; 4 — крышка; 5 и 6 — поддоны; 7 — винт; 8 — нижняя крышка; 9 — верхняя крышка; 10 — компенсационный тензодатчик; 11 — рабочий тензодатчик; 12 — винт.

расстояния между прессующими плитами в районе установки датчика. Перемещение верхней плиты относительно датчика изменяет индуктивное сопротивление, величина которого и определяет расстояние между плитами в измеряемой точке. Это индуктивное сопротивление фиксируется при помощи тензостанции УТС 1-ВТ-12 (с частотой питающего напряжения 35 гц) и осциллографа Н-700.

На том же поддоне установлены датчики для измерения давления, оказываемого на плиту пресса стружечным ковром (рис. 2, б). Каждый датчик состоит из верхней и нижней крышек, соединенных между собой винтами. На верхнюю крышку наклеивают рабочий тензодатчик, на нижнюю — компенсационный. При прессовании давление находящейся на поддоне стружечной массы прогибает мембрану верхней крышки, при этом изменяется электрическое сопротивление рабочего тензодатчика, которое фиксируется при помощи универсальной тензометрической установки и осциллографа.

Применение измерительного поддона целесообразно в лабораторных условиях, где при тщательной настройке можно получить запись деформации и давлений во время прессования по плоскости плит пресса. Однако для производственных испытаний необходимо более простое и надежное устройство. Такое устройство удалось спроектировать после рассмотрения существующей схемы прессования.

Так как древесностружечные плиты прессуют на дистанционных планках, расположенных вдоль плит, то деформации плит пресса должны проявляться в их поперечном сечении и быть одинаковыми для всех поперечных сечений одной плиты. Поэтому достаточно замерить

деформации на поперечных торцах плит пресса. Сотрудники ЦНИИФа измеряли жесткость плит пресса по этому принципу.

В наших опытах деформации измеряли относительно краев плиты, опирающихся на дистанционные планки. Базой для отчета деформаций служили жесткие балки, закрепленные на краях плиты таким образом, чтобы деформации плит пресса не передавались этим балкам.

В центре торца плиты закреплен упор, перемещающийся вместе с плитой при ее деформации относительно жесткой балки. Перемещение упоров относительно балки измеряют при помощи датчиков, в конструкции которых были использованы реостаты сопротивлением 1000 ом и мощностью 0,75 вт (рис. 3).

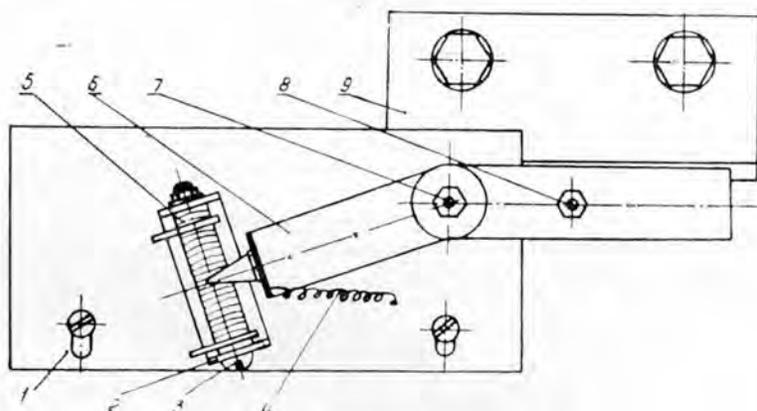


Рис. 3. Конструкция датчика для измерения прогибов.

1 — панель; 2 — скоба; 3 — винт; 4 — пружина; 5 — реостат;  
6 — рычаг; 7 — ось; 8 — палец; 9 — упор.

При помощи скобы и винта реостат закрепляют на панели, привинченной к балке. Движок его жестко связан с рычагом, установленным на оси, приваренной к панели. Упор, закрепленный на плите пресса, нажимает на палец, жестко связанный с рычагом. Перед началом опыта рычаг выставлен так, что движок находится в центре реостата. При прогибе плиты пресса упор перемещается вместе с ней и поворачивает рычаг на величину, пропорциональную прогибу. Постоянный прижим рычага к упору обеспечивается пружиной.

Датчику при помощи шайб и втулок из гетинакса изолированы от влияния нагрева. В балках предусмотрены продольные пазы, позволяющие балке скользить по своей опоре, чтобы при нагревании линейное удлинение балки не вызывало ее изгиба. Питание датчиков осуществлялось от батареи постоянного тока напряжением 1,55 в. При перемещении движка по реостату изменение э. д. с. регистрировалось автоматическим самопишущим потенциометром ПС1-09. Описанное устройство позволяет в производственных условиях вести запись на диаграммной ленте деформаций плит пресса в течение всего цикла прессования.

В наших опытах в тех случаях, когда длина и ширина плиты невелики по сравнению с толщиной, а деформациями можно пренебречь, перемещение одной плиты пресса относительно другой измеряли реохордными датчиками (рис. 4). Датчик закрепляют на нижней плите пресса. На его ось надевают рычаг, подтянутый пружинкой. Рычаг

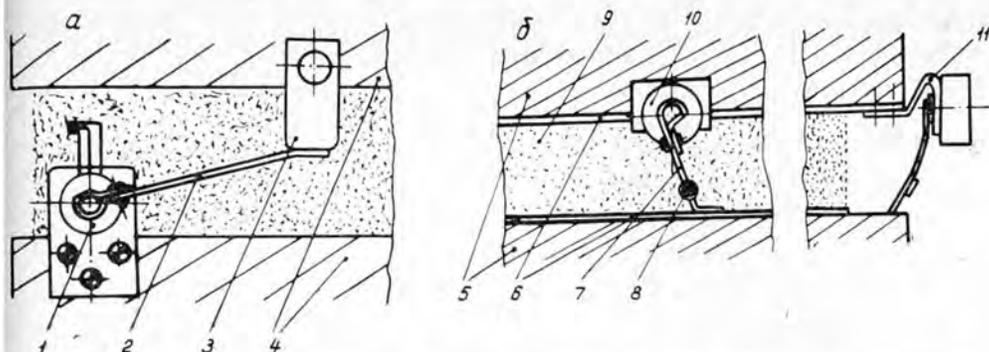


Рис. 4. Конструкция реохордных датчиков (*а* — датчик для измерения перемещения одной плиты пресса относительно другой; *б* — датчик для измерения толщины древесностружечного ковра).

1 — датчик; 2 — рычаг; 3 — планка; 4 и 5 — плиты пресса; 6 — поддоны; 7 — рычаг; 8 — груз; 9 — стружечный ковер; 10 — датчик; 11 — кронштейн.

служит опорой для планки, жестко связанной с верхней плитой. При перемещении верхней плиты планка перемещается вместе с ней, поворачивая при этом рычаг. Поворот рычага изменяет сопротивление, вводимое в измерительную сеть, тем самым изменяя напряжение.

По такому же принципу были изготовлены датчики для измерения толщины стружечного ковра во время прессования и после распрессовки (рис. 4, б). Датчик устанавливают на кронштейне, закрепленном на верхнем поддоне пакета. На ось датчика надет рычаг, другим своим концом опирающийся на плиту пресса.

По мере упрессовки стружечного ковра верхний поддон приближается к нижнему, лапка скользит по нижней плите пресса и при этом движении поворачивает ось датчика. После распрессовки плита упруго восстанавливается, толщина ковра несколько увеличивается. Лапка рычага, следуя за подъемом поддона, поворачивает ось рычага в другую сторону. Повороты оси, на которой закреплен датчик, приводят к изменению напряжений в измерительной цепи. Электрическая схема подключения датчиков общая для измерения перемещений плиты пресса и толщины древесностружечного ковра. Показания записывали с помощью осциллографа Н-700. Датчики тарировали калибрами.

Применение описанных устройств позволило провести необходимые измерения, связанные с изучением точности гидравлических прессов при прессовании древесностружечных плит.

Поступила 21 июня 1972 г.

УДК 66.047 : 676.019

## ЭТАП СВОБОДНОГО ПРОХОЖДЕНИЯ БУМАЖНОГО ПОЛОТНА МЕЖДУ СУШИЛЬНЫМИ ЦИЛИНДРАМИ

И. К. ЧЕРНЫШЕВСКИЙ

Ленинградский технологический институт ЦБП

Рассматривается этап прохождения бумажного полотна между сушильными цилиндрами. Дается теория происходящих явлений, метод расчета температур полотна и потерь тепла на этом этапе. Предлагается диаграмма, облегчающая расчеты.

Процесс контактной сушки бумаги и целлюлозы проходит в различных фазах. Между фазами, когда полотно соприкасается с горячей поверхностью сушильных цилиндров, имеется этап свободного прохождения полотна между цилиндрами. При этом из материала удаляется 10—30% влаги (при влажности материала менее 16,5% влаги удаляется еще меньше [5]). Испарение влаги на данном этапе происходит за счет аккумулированной энергии; температура полотна при этом падает очень быстро: за половину первой секунды — на 18—21°C; за вторую половину — на 3—4°C [5]. Этот этап мог бы играть роль своего рода «окна» для ввода дополнительной энергии с целью ускорения сушки.

Если бы мы могли рациональным способом восполнять теряемую на этом этапе энергию, то производительность процесса сушки возросла бы. Нужно выяснить, как и сколько расходуется энергии в рассматриваемом периоде. Ввиду того, что испарение в данном случае идет с двух сторон полотна, процесс можно описать уравнением

$$-f\rho\delta c \frac{dT}{dt} = 2f\alpha(T - T_a) + 2\dot{W}fh, \quad (1)$$

где  $f$  — поверхность полотна;

$\delta$  — толщина полотна;

$\rho$  — плотность материала;

$c$  — теплоемкость;

$T$  и  $T_a$  — температура материала и окружающей среды;

$t$  — время;

$\alpha$  — коэффициент теплоотдачи, учитывающий все виды теплообмена: теплопроводность, конвекцию, излучение;

$\dot{W}$  — влагосъем, то есть скорость испарения с 1 м<sup>2</sup> поверхности в единицу времени;

$h$  — энтальпия парообразования (точнее, десорбции).

Первый член правой части равенства (1) выражает интегральный эффект, так как температура от полотна к окружающей среде не падает скачкообразно.

Поток тепла  $\vec{i}_a$  через элементарный слой толщиной  $dr$  должен бы определяться выражением

$$\vec{i}_q = - \frac{\tau T \cdot d\vec{r}}{R} = - \frac{dT}{R}, \quad (2)$$

здесь  $\nabla T$  — градиент температуры;

$R$  — термическое сопротивление слоя.

Поток же тепла через весь слой, ограничиваемый поверхностями температурных уровней  $T$  и  $T_a$ , можно бы представить в виде

$$\vec{i}_q = - \int_T^{T_a} \frac{dT}{R} = \frac{1}{\bar{R}_m} (T - T_a) = \alpha (T - T_a), \quad (3)$$

где  $\bar{R}_m$  — среднее термическое сопротивление, обратное проводимости, то есть в данном случае коэффициенту теплоотдачи  $\alpha$ . Это сопротивление отражает сложную совокупность явлений, выражается через критериальные комплексы, учитывающие эту совокупность. Подобно этому интенсивность испарения

$$\dot{W} = \zeta (p - p_a), \quad (4)$$

(где  $\zeta$  — коэффициент пропорциональности, а  $p$  и  $p_a$  — парциальные давления водяного пара у испаряющей поверхности и в окружающей среде) опять отражает интегральный эффект, и мы могли бы повторить предыдущие рассуждения, учитывая, что движение влаги через элементарный слой пропорционально  $\nabla p$  [3]. И здесь среднюю величину  $\zeta$  определяют через критериальные комплексы.

Но этому вопросу можно придать иное освещение. Воспользуемся уравнениями термодинамики необратимых процессов, применимыми и к процессам сушки [2]. В данном случае уравнения Онзагера имеют вид

$$\dot{Q} = \dot{I}_q = L_{11} X_T + L_{12} X_M; \quad (5a)$$

$$\dot{W} = \dot{I}_M = L_{21} X_T + L_{22} X_M, \quad (5b)$$

где  $L_{ik} = L_{ki}$  — кинетические коэффициенты;

$X_T = \nabla \left( \frac{1}{T} \right)$  и  $X_M$  — термодинамические движущие силы.

Определяя из выражения (5a) величину  $X_M$  и подставляя ее в (5b), получим

$$\dot{W} = \left( L_{21} - \frac{L_{11} L_{22}}{L_{21}} \right) X_T + \frac{L_{22}}{L_{21}} \dot{I}_q. \quad (6)$$

Для кинетических коэффициентов имеют место следующие соотношения [1], [3]:

$$\frac{L_{12}}{L_{22}} = \frac{L_{21}}{L_{22}} = h; \quad L_{11} = \alpha_\lambda T^2. \quad (7)$$

Подставив соотношения (7) в уравнение (6), найдем

$$\dot{W} = \left( L_{21} - \frac{\alpha_\lambda T^2}{h} \right) \cdot \nabla \left( \frac{1}{T} \right) + \frac{\alpha_\lambda}{h} = L_{21} \nabla \left( \frac{1}{T} \right). \quad (8)$$

Представим себе поток влаги, вызываемый некоторой «причиной», равной  $\nabla \left( \frac{1}{T} \right)$ , причем потоку оказывается сопротивление  $\frac{1}{L_{21}}$ . Этому сопротивлению соответствует проводимость  $L_{21}$ . Сам поток определяют из произведения проводимости на падение «потенциала» —

движущую силу  $\nabla\left(\frac{T}{T}\right)$ . Рассуждая, как и ранее, определяют поток влаги через слой между  $r=0$  (где температура  $T$ ) и  $r=r_a$  (границей невозмущенной среды, где температура  $T_a$ )

$$\dot{W} = \int_{r=0}^{r_a} L_{21} \nabla\left(\frac{1}{T}\right) d\vec{r} = \int_{r=0}^{r_a} L_{21} d\left(\frac{1}{T}\right) = Z \frac{T-T_a}{T \cdot T_a} = Z \frac{\Delta T}{T \cdot T_a}, \quad (9)$$

где  $Z = \bar{L}_{21}$  — среднее значение коэффициента  $L_{21}$ .

Уравнение (9) можно записать в форме

$$\dot{W} = Z \frac{\Delta T}{(T_a + \Delta T) T_a} = Z \frac{\Delta T}{T_a^2} \left(1 + \left(\frac{\Delta T}{T_a}\right)^{-1}\right). \quad (9a)$$

Разлагая в уравнении (9a) величину в скобках в ряд и отбрасывая члены высших порядков малости, получим

$$\dot{W} = Z \frac{\Delta T}{(T_a + \Delta T) T_a} = Z \frac{\Delta T}{T_a^2} \left[1 - \frac{\Delta T}{T_a} + \left(\frac{\Delta T}{T_a}\right)^2 - \dots\right] \approx \frac{Z}{T_a^2} (T - T_a). \quad (9b)$$

Отбрасывая члены, начиная с  $\frac{Z}{T_a} \left(\frac{\Delta T}{T_a}\right)^2$ , мы совершаем ошибку, не большую, чем

$$\ll \frac{\frac{Z}{T_a} \left(\frac{\Delta T}{T_a}\right)^2 \cdot T_1 T_a}{Z \Delta T} = \frac{T \cdot \Delta T}{T_a^2}.$$

Эту ошибку можно оценить числовым значением

$$\ll \frac{(90 + 273)(90 - 60)}{(60 + 273)^2} = 0,0984 = 9,84\%.$$

Уравнение (1) можно теперь представить в виде

$$-\rho \delta c \frac{d(T - T_a)}{dt} = 2\alpha (T - T_a) + 2 \frac{Zh}{T_a^2} (T - T_a) \quad (10)$$

или

$$\frac{d(T - T_a)}{(T - T_a)} = - \left( \frac{2\alpha + 2 \frac{Zh}{T_a^2}}{\rho \delta c} \right) dt = - \frac{dt}{z}, \quad (11)$$

где

$$z = \frac{\rho \delta c}{2 \left( \alpha + \frac{Zh}{T_a^2} \right)}. \quad (12)$$

Во втором члене в скобках выражения (12) мы допускаем ошибку, не превышающую 10%. В целом ошибка значительно меньше. Если принять во внимание, что коэффициент  $\alpha$  определяют обычно с точностью 15—20% [4], то точность уравнения (11), очевидно, приемлема.

Доказанная здесь пропорциональность влагосъема разности температур  $(T - T_a)$  подтверждается экспериментально [5], [6]. Величину  $z$ , которую при некоторых заданных условиях можно рассматривать как постоянную, назовем «постоянной времени». При интегрировании уравнения (11) получим

$$\ln (T - T_a) = - \int \frac{dt}{z} = - \frac{t}{z} + C. \quad (13)$$

Постоянную интегрирования  $C$  определяют из начальных условий: при  $t = 0$  (то есть в момент схода полотна с цилиндра)  $T = T_1$  и, следовательно,

$$C = \ln (T_1 - T_a),$$

откуда

$$\ln \frac{T - T_a}{T_1 - T_a} = - \frac{t}{z} \quad (14)$$

или

$$\frac{T - T_a}{T_1 - T_a} = e^{-\frac{t}{z}}. \quad (15)$$

При  $t \rightarrow \infty$  температура  $T \rightarrow T_a$ ; при  $t = z$  полотно имеет температуру

$$T_z = T_a + \frac{T_1 - T_a}{e}, \quad (16)$$

поэтому величину  $z$  называем постоянной времени. Как и следовало ожидать, падение температуры материала на этом этапе происходит по экспоненциальному закону.

Для исследования происходящего процесса применяют диаграмму, по оси ординат которой откладывают значения функции, пред-

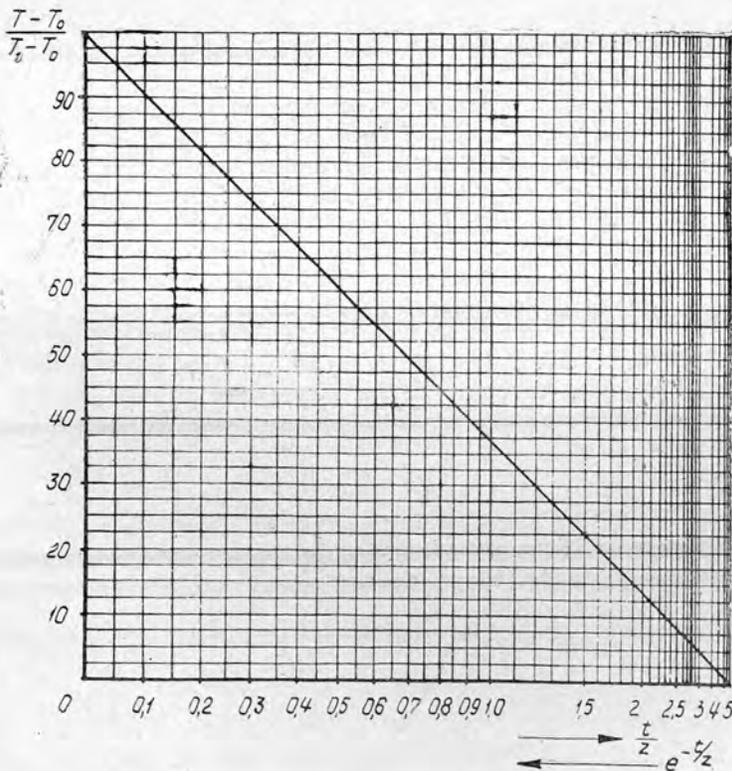


Рис. 1. Диаграмма для определения температур полотна в зависимости от времени и величины  $z$ .

ставленной левой частью уравнения (15), а по оси абсцисс — значения  $\frac{t}{z}$  в логарифмическом масштабе (рис. 1). При  $t = 0$

$$\frac{T - T_a}{T_1 - T_a} \Big|_{T=T_1} = 1 \text{ и } T = T_1.$$

При  $t = \infty$  ордината равна 0. Соединив обе точки прямой, получим изображение функции (15).

Поясним на примере относящиеся сюда расчеты и пользование диаграммой. Если для какого-либо времени  $t$  измерена температура материала  $T$ , то

$$z = \frac{t}{2,30 \lg \frac{T - T_a}{T_1 - T_a}}.$$

Неизвестно, какой температуре внешней среды  $T_a$  соответствуют приводимые Лапинским [5] значения падения температуры полотна, да и эти падения указаны в довольно широких пределах; но приняв  $T_1 = 90 + 273$  и  $T_a = 60 + 273$  и за первые 0,5 сек  $\delta T' = 20^\circ\text{C}$ , а в конце первой секунды  $\delta T'' = 24^\circ\text{C}$ , то есть взяв  $T' = 70 + 273$  и  $T'' = 66 + 273$ , по приведенной выше формуле мы получили бы  $z' = 0,454$  и  $z'' = 0,624$ . С другой стороны, проводя горизонтали через ординаты

$$\frac{T' - T_a}{T_1 - T_a} = \frac{70 - 60}{90 - 60} = 0,333 \text{ и } \frac{T'' - T_a}{T_1 - T_a} = \frac{66 - 60}{90 - 60} = 0,20$$

до пересечения с построенной прямой, на оси абсцисс мы нашли бы соответствующие значения  $e^{-\frac{t}{z}}$  и  $e^{-\frac{t''}{z}}$  и определили  $z' = 0,5$  и  $z'' = 0,66$ , что близко к вычисленным. Очевидно, измерения, данные которых приведены Лапинским, были недостаточно точны. Впрочем, действительных значений температур  $T_1$  и  $T_a$  мы не знаем.

В заключение следует сказать о возможностях применения предложенной диаграммы. После определения величины  $z$  для каждого момента времени  $t$  можно найти по диаграмме температуру материала или, наоборот, для каждой температуры, когда она будет достигнута, можно найти момент времени. Сама диаграмма может служить средством корректировки измерений и установления их точности, критерий которой — постоянство находимой по разным измерениям величины  $z$ .

Теперь можно вычислить количество энергии, отданной за рассматриваемый период материалом на испарение влаги. Расход тепла, представляемый правой частью уравнения (10), можно выразить с помощью уравнений (11) и (12) (с отнесением ко времени  $dt$ ) следующим образом:

$$\dot{q} dt = \frac{\rho \delta c}{z} (T - T_a) dt. \quad (17)$$

Используя равенство (15), запишем

$$\dot{q} dt = \frac{\rho \delta c}{z} e^{-\frac{t}{z}} dt. \quad (18)$$

Если скорость полотна  $U$ , а путь, проходимый им между цилиндрами,  $l$ , то за время от  $t_1 = 0$  до  $t_2 = \frac{l}{U}$  один квадратный метр полотна (считая поверхность по одной стороне, но учитывая испарение с обеих сторон) отдаст следующее количество тепла:

$$Q = \int_{t_1}^{t_2} \frac{\rho \delta c (T_1 - T_a)}{z} e^{-\frac{t}{z}} dt = \rho \delta c (T_1 - T_a) \left(1 - e^{-\frac{t}{z}}\right). \quad (19)$$

Если бы  $l \rightarrow \infty$ , то

$$Q_{\infty} = \rho \delta c (T_1 - T_a).$$

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. С. Р. де Гроот. Термодинамика необратимых процессов. ГИИТЛ, 1956.  
 [2]. А. В. Лыков. Тепло- и массообмен в процессах сушки. Госэнергоиздат, 1956.  
 [3]. И. Пригожин. Введение в термодинамику необратимых процессов. ИЛ, 1960.  
 [4]. С. Gomařin. «Papier, Carton et Cellulose» № 6, т. 10, 1962. [5]. J. Lapiński. La Papeterie, т. 80, 1958, 511. [6]. H. Seliger. Die Wärmewirtschaft in der Zellstoff- und Papierindustrie. Dresden—Leipzig, 1965.

Поступила 10 января 1970 г.

УДК 634.0.812

### О ВЛАЖНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ БЕРЕЗЫ БОРОДАВЧАТОЙ ВО ВРЕМЯ ВЕСЕННЕГО СОКОВЫДЕЛЕНИЯ

В. П. РЯБЧУК

Львовский лесотехнический институт

Влажность периферической части древесины березы бородавчатой изучали на протяжении периода весеннего соковыделения в 1971—1972 гг. Вначале наблюдалось резкое увеличение влажности, остающейся почти на всем протяжении выделения сока на одном уровне. Прекращению соковыделения соответствовало резкое падение влажности древесины. На протяжении суток максимум влажности наблюдался в утренние часы.

Содержание воды в древесине растущего дерева — изменчивая и динамичная величина как на протяжении календарного времени, так и на протяжении суток. Изучением этого вопроса занимались многие исследователи [1], [2], [6], [8], [10], [11], указывая на зависимость влажности древесины от внешних условий. Рассматривая температурные условия начала «плача» у клена и березы, И. Н. Елагин в своей работе [3] указал на увеличение влажности ствола клена остролистного во время обильного плача. Н. И. Софронова [11] отмечает, что у вейника, черники, костяники и лишайника содержание воды в течение суток, глубина и ритмичность колебания влажности согласуются с суточными изменениями метеорологических условий.

В литературе мы не нашли сведений о динамике влажности древесины березы как на протяжении всего периода соковыделения, так и на протяжении суток. Нами этот вопрос изучался в 1971—1972 гг. в свежей сосново-грабовой субучине Ивано-Франковского учлесхозага Львовского лесотехнического института. Образцы древесины (диаметром 0,4 см, высотой 3—4 см) брали в пятикратной повторности с моделей диаметрами 20—24 и 30—34 см на протяжении всего периода соковыделения через один день в 11 час. с периферической части на высоте 1,3 м приростным буровом Пресслера. Одновременно измеряли влажность и температуру воздуха на высоте 2 м.

В отдельные дни образцы древесины брали на протяжении суток с интервалом в 2 часа и измеряли влажность и температуру воздуха.

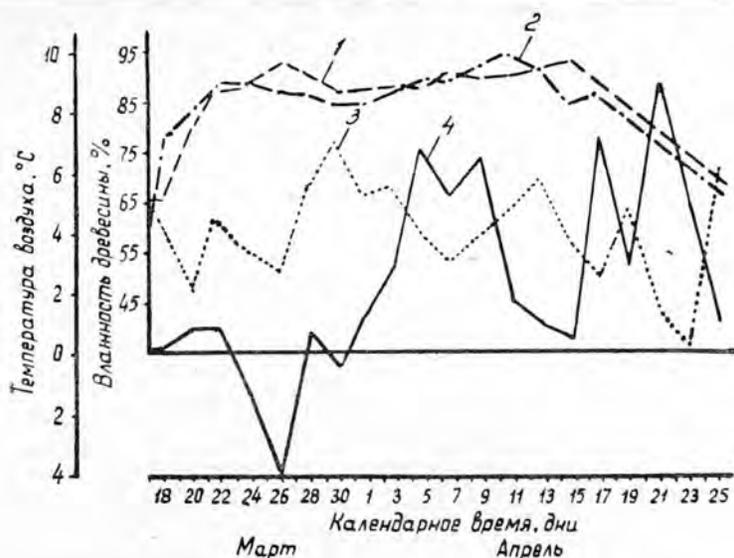


Рис. 1.

1 — влажность древесины,  $d = 30-34$  см; 2 — влажность древесины,  $d = 20-24$  см; 3 — влажность воздуха; 4 — температура воздуха.

Отобранные образцы тут же взвешивали, после чего высушивали в сушильном шкафу до постоянного веса при температуре  $103 \pm 2^\circ\text{C}$ .

Под периодом соковыделения подразумевался период интенсивного выхода сока (не менее 50 г на одно отверстие) при подсочке березы. Так, в 1971 г. этот период длился 33 дня, в 1972 г. — 22 дня. С целью определения зависимости между влажностью древесины и выходом сока ежедневно измеряли выход сока с каждой модели отдельно. При опытах на протяжении суток измерения производили через каждые 2 часа.

Динамика влажности древесины березы, температуры и влажности воздуха на протяжении календарного времени соковыделения приведена на рис. 1. В исследуемом периоде сок начал выделяться 18 марта [9]. Влажность древесины в моделях диаметром 20—24 см равнялась 66,1%, диаметром 30—34 см — 77,3%. В последующие дни влажность древесины обеих ступеней толщины увеличивалась. В период с 22 марта по 10—15 апреля влажность оставалась почти на одном уровне, колеблясь в пределах 84—94%. После 10—15 апреля влажность древесины начала уменьшаться. По окончании соковыделения (19 апреля) влажность древесины моделей диаметром 20—24 см составила 82,2%, диаметром 30—34 см — 81,2%. Уменьшение влажности объясняется увеличением транспирационной поверхности кроны, возрастанием количества дней с более высокой температурой воздуха при одновременном снижении влажности воздуха [11, [2], [4], [5], [6], [8], [11].

Суточная динамика влажности древесины, выхода сока, температуры и влажности воздуха представлена на рис. 2 (измерения проводили 27—28 марта 1972 г.). Влажность древесины начинает уменьшаться с 10 час. утра и достигает минимума в 0 час. (71,0%), а в послеобеденное время достигает максимума транспирация. Поглощение воды увеличивается медленно вследствие ее внутреннего сопротивления [6]. Указанные причины приводят к уменьшению содержания

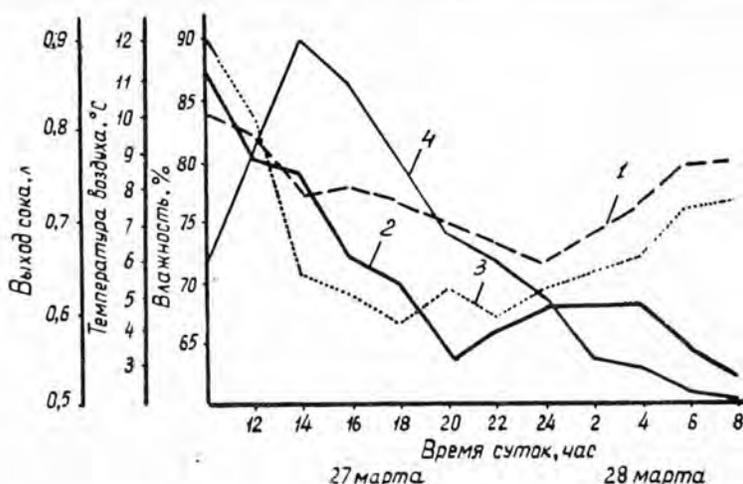


Рис. 2.

1 — влажность древесины,  $d = 30-34$  см;  
 2 — выход сока,  $d = 30-34$  см; 3 — влажность воздуха;  
 4 — температура воздуха.

воды в древесине. После 0 час. влажность древесины начинает возрастать, достигая в 8 час. 78,9%. В рассматриваемом случае в дневное время снижения влажности древесины соответствует повышению температуры воздуха. Ночью наблюдается обратное явление.

В наблюдениях 20—21 марта для моделей диаметром 30—34 см влажность древесины была максимальной (92,8%) в 18 час., затем начала снижаться, уменьшившись к 8 час. утра до 69,2%.

Наблюдения, проведенные 5—6 апреля 1971 г., показали, что для моделей диаметром 20—24 см влажность древесины была наибольшей (109,5%) в 4—6 час. утра, наименьшей (81,1%) — в 16 час. В результате совместного влияния целого ряда метеорологических факторов (температура и влажность воздуха, ветер, освещенность и т. д.) максимальное насыщение древесины березы влагой во время весеннего соковыделения может происходить в более позднее или раннее время по сравнению с наблюдениями 27—28 марта (рис. 2).

Статистические показатели зависимости влажности древесины от влажности и температуры воздуха приведены в табл. 1 [7]. Данные свидетельствуют, что на протяжении суток более тесная связь существует между температурой воздуха и влажностью древесины ( $\eta = 0,91-0,98$ ), а на протяжении всего периода соковыделения — между влажностью воздуха и влажностью древесины ( $\eta = 0,76 \div 0,97$ ). В целом же во всех рассматриваемых случаях наблюдается тесная связь, с одной стороны, между влажностью древесины и температурой воздуха, с другой, между влажностью древесины и влажностью воздуха.

По данным Г. И. Редько [10], проводившего наблюдения над изменением влажности тополя, сосны, дуба, березы, ольхи и осины на протяжении 20 месяцев, не установлено определенной зависимости между влажностью древесины и метеорологическими показателями.

На протяжении всего периода соковыделения нами наблюдалась определенная связь между выходом сока и влажностью древесины. Так, выход сока (рис. 3) начался 18 марта 1971 г. при относительно низкой влажности древесины (66,1—77,3%). В период обильного

Таблица 1

Время наблюдения	Диаметры моделей, см	Статистические показатели		
		корреляционное отношение $\eta$	ошибка корреляционного отношения $m_\eta$	$\frac{\eta}{m_\eta}$
5—6 апреля 1971 г.	20—24	0,81	0,101	8,0 > 4
	30—34	0,91	0,052	17,5 > 4
20—21 марта 1972 г.	30—34	0,86	0,075	11,5 > 4
	30—34	0,98	0,015	65,3 > 4
17 марта— 25 апреля 1971 г.	20—24	0,87	0,064	13,6 > 4
	30—34	0,95	0,025	38 > 4
13 марта— 8 апреля 1972 г.	20—24	0,81	0,039	23,3 > 4
	30—34	0,78	0,085	9,2 > 4
	30—34	0,76	0,092	8,3 > 4
	30—34	0,58	0,14	4,1 > 4
	30—34	0,97	0,016	60,6 > 4
	30—34	0,80	0,094	8,5 > 4

Примечание. В числителе показатели для отношения между влажностью древесины и влажностью воздуха; в знаменателе — между влажностью древесины и температурой воздуха.

выделения сока влажность древесины возросла до 85—90%. После окончания вытекания сока 19 апреля влажность древесины уменьшилась и составила 81,2—82,2%.



Рис. 3.

1 — влажность древесины,  $d = 30-34$  см;  
2 — влажность древесины,  $d = 20-24$  см;  
3 — выход сока,  $d = 30-34$  см; 4 — выход сока,  $d = 20-24$  см.

На всем протяжении суток нет четко выраженной взаимосвязи между влажностью древесины и выходом сока. Так, например, 27 марта 1972 г. в 10 час. утра для моделей диаметром 30—34 см максимальной влажности древесины (84,3%) соответствовал наибольший выход сока (0,87 л за 2 часа). И влажность древесины, и выход сока уменьшались лишь до 20 час. Увеличение содержания воды в древесине, начавшееся после 0 час., не повысило выхода сока. Можно предположить, что влажность древесины на протяжении суток достаточно высока, чтобы оказать существенное влияние на выход сока.

## Выводы

1. Влажность периферической части древесины ствола березы бородавчатой изменяется на протяжении весеннего периода выделения сока. В начале соковыделения наблюдается резкое увеличение влажности древесины, остающейся почти на всем протяжении выделения сока более или менее на одном уровне. Прекращению соковыделения соответствует резкое падение влажности древесины.

2. На протяжении суток, как правило, максимум влажности древесины наблюдается в утренние часы. Под влиянием целого ряда метеорологических факторов, максимальное насыщение древесины влагой может происходить в более позднее или раннее время.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. А. Баженов, В. Е. Вихров. О влажности древесины в стволе листовых ядровых пород. Труды Института леса АН СССР, т. 4, 1949. [2]. Д. В. Гирник. Водный режим древесных пород зимой и зимняя засуха. Труды Института леса АН СССР, т. 27, 1955. [3]. И. Н. Елагин. Температурные условия начала плача у клена и березы. Труды Института леса АН СССР, т. 33, 1957. [4]. Л. А. Ивашов. Свет и влага в жизни наших древесных пород. Изд-во АН СССР, М.—Л., 1951. [5]. Л. А. Иванов, А. А. Силина, Д. Г. Жмур, Ю. Л. Цельникер. Об определении транспирационного расхода древостоем леса. «Ботанический журнал» № 1, т. 36, 1951. [6]. Т. Т. Козловский. Водный обмен растений. Изд-во «Колос», М., 1969. [7]. Н. Л. Леонтьев. Техника статистических вычислений. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1966. [8]. А. Леопольд. Рост и развитие растений. Изд-во «Мир», М., 1968. [9]. Ю. Ф. Осипенко, В. П. Рябчук. Підсочка берези та залежність виходу соку від деяких факторів. Сб. «Лісівничі дослідження на Розточчі». Изд-во «Каменярь», Львов, 1972. [10]. Г. И. Редько. Изменение влажности древесины некоторых пород в течение года. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1968. [11]. Н. И. Софронова. Суточная динамика влажности у некоторых видов лесных растений. Сб. «Вопросы лесной пирологии». Институт леса и древесины Сибирского отделения АН СССР, Красноярск, 1970.

Поступила 4 мая 1973 г.

УДК 634.0.812

## О НЕКОТОРЫХ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ ДРЕВЕСИНЫ, ВЫСУШЕННОЙ ОСЦИЛЛИРУЮЩИМИ РЕЖИМАМИ\*

М. Г. МИНГАЗОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Изложены результаты исследования влияния осциллирующих режимов на прочностные свойства высушенной древесины.

При камерной сушке древесина как материал биологического происхождения под влиянием температуры изменяет свои физико-механические свойства. Степень изменения свойств возрастает с увеличением температуры и продолжительности ее воздействия.

Допускаемый температурный уровень действующих непрерывных режимов (НР) низкотемпературного процесса выбирали, исходя из степени сохранения естественных физико-механических свойств древесины при сушке. Влияние температурных воздействий в процессе суш-

\* Работа выполнена под руководством проф. А. Н. Песоцкого и доц. Н. В. Качалина.

ки на прочность древесины основных пород наиболее полно исследовано в ЦНИИМОДе. В результате сравнительного анализа и обработки данных исследований ЦНИИМОДа сотрудниками Московского лесотехнического института под руководством П. С. Сергеева составлена режимная таблица, содержащая десять режимных вариантов, с учетом допустимого показателя снижения прочности древесины после сушки.

Осциллирующие режимы (ОР) сушки древесины, построенные на основе действующих непрерывных режимов, в периоды нагрева допускают некоторое повышение значений температурных воздействий по сравнению с температурным уровнем соответствующего непрерывного режима. Это обстоятельство потребовало выяснения характера влияния осциллирующего режима на физико-механические свойства древесины. Из-за сложности и отсутствия необходимых данных для оценки всех свойств древесины в качестве основного показателя принимают степень изменения прочности древесины при сушке.

Исходя из принятого принципа построения температура агента сушки при ОР колеблется строго симметрично относительно данной ступени соответствующего непрерывного режима, то есть средняя температура агента сушки за весь процесс всегда соответствует температуре действующего режима. В результате материал высушивают по осциллирующим и непрерывным режимам при одинаковых средних значениях температур. С другой стороны, осциллирующие режимы интенсифицируют процесс сушки, обеспечивают сокращение продолжительности температурного воздействия на высушиваемую древесину по сравнению с соответствующими НР. В течение одного цикла ОР материал находится под воздействием повышенной температуры только в периоде нагрева. Величина необратимой потери прочности древесины при этом зависит от уровня температурного воздействия и его продолжительности.

По данным исследований Н. Н. Чулицкого [5], К. Ф. Дьяконова [1], Р. Д. Грехема [6], прочность древесины после обработки при температуре 65°C, независимо от длительности, практически не изменяется по сравнению с прочностью древесины атмосферной сушки. Следовательно, мягкие осциллирующие режимы, при которых максимальная температура не превышает 60°C, не снижают прочности древесины.

На первом этапе процесса сушки по нормальным и форсированным ОР, когда древесина наиболее чувствительна к температурной обработке, температура не превышает 80°C, а на втором этапе — 90°C (при нормальных ОР) и 100°C (при форсированных ОР). Но продолжительность воздействия этих температур не превышает 1,5—3 час в течение одного цикла. А по данным П. С. Сергеева [4], кратковременное (до 3—5 час) воздействие на древесину высокой температуры (до 120—130°C) не вызывает заметных остаточных изменений в эксплуатационной прочности древесины. Это подтверждается исследованиями К. Ф. Дьяконова [1], Н. Л. Леонтьева и И. В. Кречетова [2] и др. (табл. 1), а также В. Н. Макаренкова [3] (табл. 2).

Приведенный анализ данных некоторых исследователей дает возможность заключить, что процесс сушки древесины по нормальным и форсированным осциллирующим режимам в пределах одного цикла режима не вызывает заметных изменений физико-механических свойств древесины. Однако процесс сушки по осциллирующим режимам представляет собой полициклический процесс, когда материал периодически подвергается воздействию температуры, несколько превышающей температурный уровень соответствующего непрерывного режима. Поэтому

Таблица 1

Зависимость относительной прочности древесины сосны от температуры (110°C) и продолжительности ее воздействия (3 часа)

Автор и год исследования	Сжатие вдоль волокон	Удельная работа при ударном изгибе, %	Скалывание вдоль волокон, %	Объемный вес, %
Н. Л. Леонтьев, И. В. Кречетов, 1958	92	83,6	96,6	107,1
К. Ф. Дьяконов, 1962	102	111,1	98,8	
М. Д. Бывших, Е. С. Задорина, 1960	100	113,5		100
М. Д. Бывших, Е. С. Задорина, 1961	99,9	—		

Таблица 2

Зависимость относительной прочности древесины сосны от температуры и продолжительности ее воздействия (по В. Н. Макаренкову)

Температура, °С	Сжатие вдоль волокон, %			Скалывание вдоль волокон в радиальной плоскости, %			Статический изгиб, %		
	при продолжительности температурного воздействия, час								
	2	4	6	2	6	24	2	4	8
50	102	103,5	103,5	—	—	—	101,5	102,5	102,7
80	100,1	100	102,5	—	—	98,6	104,8	105	105
100	100,3	100,6	102,7	98,8	100	—	—	—	—

целесообразно поставить опыты по выявлению прочностных свойств древесины, высушенной осциллирующими режимами.

Исследовали древесину сосны, как имеющую наибольшее промышленное применение по сравнению с другими породами. С этой целью образцы после сушки осциллирующими и непрерывными режимами испытывали на прочностные свойства, наиболее характерные при работе деталей древесины в конструкциях и изделиях: 1) сжатие вдоль волокон; 2) статический изгиб. Образцы для испытания выпиливали из парных реек, прошедших сушку по осциллирующим и непрерывным режимам, и изготавливали по ГОСТу 11484—59.

Результаты обрабатывали статистическим методом (табл. 3) и оценивали, определяя относительное изменение прочности  $\Pi$ , %, по формуле

$$\Pi = \frac{\sigma_{ор}}{\sigma_{нр}} \cdot 100,$$

где  $\sigma_{нр}$  — предел прочности древесины, высушенной по непрерывным режимам;

$\sigma_{ор}$  — предел прочности древесины, высушенной по осциллирующим режимам.

Результаты эксперимента имеют высокую точность. В пределах одного вида испытания при равном количестве наблюдений свойства образцов, высушенных осциллирующими режимами, характеризуются меньшим коэффициентом изменчивости, чем свойства образцов, высушенных по непрерывным режимам, а соответствующие опыты имеют большую точность. Из данных табл. 3 видно также, что прочностные свойства древесины сосны, высушенной по осциллирующим режимам, соответствуют свойствам древесины, прошедшей сушку непрерывными режимами.

Для оценки расхождения между средними значениями предела прочности древесины на статический изгиб при сравниваемых режимах, то есть для проверки гипотезы, что две независимые частичные

Таблица 3

Вид испытания	Режим	п, шт.	M, кг/см <sup>2</sup>	П, %	σ, кг/см <sup>2</sup>	V, %	m, кг/см <sup>2</sup>	P, %
Статический изгиб	ОР	48	784	97,5	53,63	6,84	7,74	0,99
	НР	48	804		75,63	9,40	10,92	1,36
Сжатие вдоль волокон	ОР	106	391	100,3	27,11	6,93	2,63	0,67
	НР	101	390		35,43	9,08	3,52	0,90

совокупности взяты наудачу из одной и той же нормально распределенной общей совокупности, применена статистика *t*-распределения Стьюдента. Наблюдаемое значение критерия Стьюдента составило 1,494, число степеней свободы 94. Этому числу степеней свободы при 5%-ном уровне значимости соответствует табличное значение критерия 1,665.

Наблюдаемое значение критерия Стьюдента оказалось незначимым при 5%-ном уровне значимости и, следовательно, расхождение между средними значениями, равное 20 кг/см<sup>2</sup>, несущественно. Поэтому гипотеза не отвергается; на основании данных эксперимента можно утверждать, что нет различий в пределах прочности как при сжатии вдоль волокон, так и при статическом изгибе древесины, высушенной по осциллирующим и непрерывным режимам.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. К. Ф. Дьяконов. Сохранение прочности древесины при камерной сушке. Сб. «Сушка древесины», Труды Всесоюзной юбилейной научно-технической конференции. Архангельск, 1968. [2]. Н. Л. Леонтьев, И. В. Кречетов. Влияние температурного воздействия на физико-механические свойства древесины. Научный отчет по теме № 38, разд. 1, ЦНИИМОД, 1958. [3]. В. Н. Макаренков. Влияние продолжительного действия повышенных температур на механические свойства сосны. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1962. [4]. П. С. Серговский. Гидротермическая обработка и консервирование древесины. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1968. [5]. Н. Н. Чулицкий. Исследование факторов и характеристик режимов сушки древесины. Труды ВИАМ. Вып. 13, 1934. [6]. R. D. Graham. Effect of Several Drying conditions on strength of loast Type Douglas Fir Timber. Forest Products Journal, № 7, 1957.

Поступила 2 декабря 1972 г.

УДК 674.053 : 621.933.6

### ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ ПИЛЬНОЙ РАМКИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННОЙ КОНСТРУКЦИИ

В. П. НОВОСЕЛЬЦЕВ

Ленинградская лесотехническая академия

Рассмотрен способ уменьшения динамической деформации пильной рамки с натянутыми в ней пилами за счет применения конструктивного демпфирования, которое осуществляется путем нагружения поперечин упругими плоскими пружинами.

Производительность лесопильных рам можно увеличить, повышая скорости резания, что, в свою очередь, приводит к возрастанию сил инерции  $P_n$ , пропорциональных квадрату угловой скорости кривошипа  $\omega$  [6],

$$P_n = m_n \omega^2 r (\cos \omega t + \lambda \cos 2\omega t), \quad (1)$$

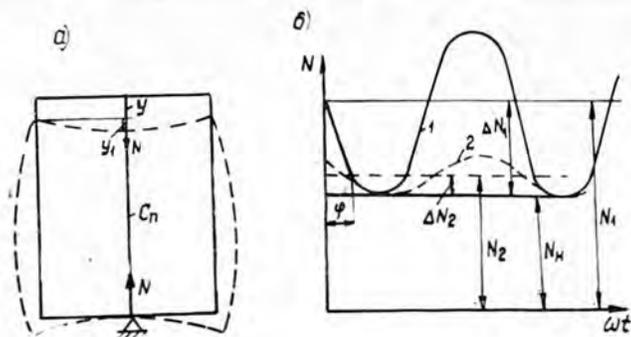


Рис. 1. Изменение силы натяжения пилы в процессе пиления  $\Delta N = c_n \cdot y$ .

1 — без демпфирования; 2 — с демпфированием.

где  $m_n$  — масса пильной рамки с пилами;  
 $r$  — радиус кривошипа.

Переменные силы инерции массы пильной рамки вызывают изменение натяжения пил, которое в связи с этим назначается значительно больше номинального  $N_n$ , обеспечивающего устойчивость рамных пил в процессе пиления (рис. 1, б).

В настоящей работе рассмотрен один из возможных способов уменьшения амплитуды изменения натяжения пил.

Изменение силы натяжения пилы (рис. 1, а)

$$\Delta N = c_n \cdot y, \quad (2)$$

где  $c_n$  — жесткость пилы;

$y$  — динамическая деформация пильной рамки в процессе пиления.

В существующих конструкциях  $\Delta N$  достигает 40—50% от начальной силы натяжения [1], [2]. С целью снижения величины  $\Delta N$  (вследствие уменьшения динамической деформации пильной рамки) нами предложена пильная рамка предварительно напряженной конструкции [3], в которой применено конструктивное демпфирование колебаний [4]. Демпфирование осуществляется за счет сил трения между пружиной 1 и поперечиной 2 (рис. 2, а). Пружина в свободном состоянии изогнута по заранее заданной кривой. При сборке пильной рамки пружина распрямляется и нагружает поперечину распределенной нагрузкой.

Сила трения между пружиной и поперечиной

$$q_{тр} = f q_n(x), \quad (3)$$

где  $f$  — коэффициент трения;

$q_n x$  — удельное давление, зависящее от  $x$ .

За период колебаний сила трения меняет направление четыре раза, поэтому элементарная работа сил трения

$$dA = 4q_{тр} \cdot u(x) = 4f q_n(x) \cdot u(x), \quad (4)$$

здесь  $u(x)$  — путь силы трения при взаимном скольжении поверхностей пружины и поперечины (рис. 2, б);

$$u(x) = \theta(x) \frac{(h_1 + h_2)}{2}, \quad (5)$$

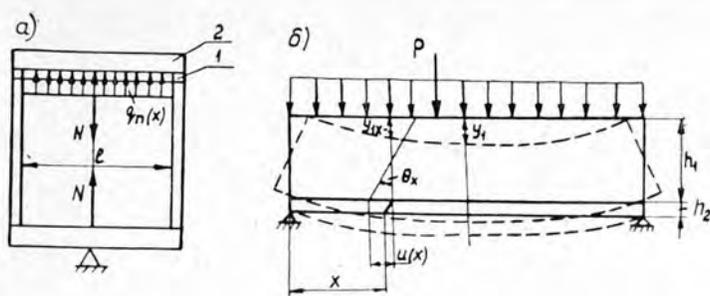


Рис. 2. Пильная рамка предварительно напряженной конструкции.

а — общая схема; б — поперечина с пружиной в демпфированном состоянии.

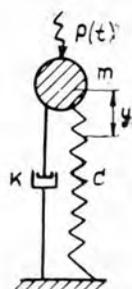


Рис. 3. Расчетная схема.

где  $\Theta(x)$  — угол поворота сечения в процессе деформации поперечины;

$h_1$  и  $h_2$  — высоты сечений поперечины и пружины (рис. 2, б).

Как известно,

$$\Theta(x) = \frac{dy_1(x)}{dx}. \quad (6)$$

Деформацию поперечины принимаем в следующей форме:

$$y_1(x) = y_1 \sin \frac{\pi x}{l}, \quad (7)$$

тогда

$$\Theta(x) = \frac{y_1 \pi}{l} \cos \frac{\pi x}{l}. \quad (8)$$

Работа сил трения

$$A = \int_0^l dA = \frac{2f(h_1 + h_2)y_1\pi}{l} \int_0^l q_n(x) \cdot \cos \frac{\pi x}{l} dx. \quad (9)$$

Предварительную деформацию пружины выполним по закону, обеспечивающему

$$q_n(x) = q_n = \text{const.}$$

В этом случае

$$A = 8f(h_1 + h_2)q_n \cdot y_1. \quad (10)$$

Для исследования динамической деформации пильной рамки с натянутыми в ней пилами расчетную схему примем в виде одномассовой системы (рис. 3). На этом рисунке введены следующие обозначения:  $m$  — приведенная масса пильной рамки;  $c$  — приведенная жесткость системы;  $y$  — деформация всей пильной рамки;  $P(t)$  — возмущающая сила;  $k$  — коэффициент вязкого сопротивления.

Полагая демпфирование пропорциональным скорости деформации, заменим сухое трение эквивалентным вязким сопротивлением; дифференциальное уравнение вынужденных колебаний принимает вид

$$m\ddot{y} + k\dot{y} + cy = P(t). \quad (11)$$

Обозначим

$$\frac{c}{m} = p^2; \quad \frac{k}{m} = 2n, \quad (12)$$

тогда

$$\ddot{y} + 2n\dot{y} + p^2y = \frac{P(t)}{m}. \quad (13)$$

Частное решение уравнения (13)

$$y = y_A \cdot \cos(\omega t - \varphi), \quad (14)$$

где  $y_A$  — амплитуда колебаний системы;

$\varphi$  — угол сдвига фаз между возмущающей силой и вынужденными колебаниями системы.

Скорость деформации

$$\dot{y} = \omega y_A \cdot \sin(\omega t - \varphi). \quad (15)$$

Коэффициент вязкого сопротивления  $k$  найдем из равенства величин рассеянных энергий сухого трения и вязкого сопротивления [5]. За период колебаний рассеянная энергия при наличии вязкого сопротивления

$$A = \int_0^{\tau} k \cdot \dot{y} \cdot \dot{y} dt = \int_0^{\tau} k \cdot y_A^2 \cdot \omega^2 \cdot \sin^2(\omega t - \varphi) dt, \quad (16)$$

здесь  $k \cdot \dot{y}$  — сила неупругого вязкого сопротивления.

Приравняв правые части уравнений (10) и (16), получим выражение для коэффициента вязкого сопротивления

$$k = \frac{8f \cdot q_n (h_1 + h_2) \cdot y_1}{\pi y_A^2 \omega}. \quad (17)$$

Для пильных рамок существующих конструкций можно с достаточной точностью принять

$$y_1 \approx \frac{1}{2} y_A, \quad (18)$$

где  $y_1$  — амплитуда деформации поперечины посередине ее длины (рис. 3).

Теперь

$$k = \frac{4f \cdot q_n (h_1 + h_2)}{\pi y_A \cdot \omega}. \quad (19)$$

Определим амплитуду колебаний  $y_A$  и угол сдвига фаз  $\varphi$  для случая, когда возмущающая сила представляет собой силу инерции движущихся масс пильной рамки

$$P(t) = mr\omega^2 \cos \omega t. \quad (20)$$

Подставляя выражение  $y$  из равенства (14) в уравнение (13) и выполняя преобразования, получим

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{2n\omega}{p^2 - \omega^2}; \quad (21)$$

$$y_A = \frac{mr \cdot \omega^2}{c} \cdot \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{\omega^2}{p^2}\right)^2 + \frac{4n^2\omega^2}{p^4}}}, \quad (22)$$

где

$$n = \frac{k}{2m} = \frac{2f \cdot q_n (h_1 + h_2)}{y_A \cdot \omega \cdot m}. \quad (23)$$

Подставив выражение  $n$  из равенства (23) в уравнение (22) и решив полученное уравнение, найдем

$$y_A = \frac{mr \cdot \omega^2}{c} \cdot \frac{\sqrt{1 - \left[\frac{4fq_n(h_1 + h_2)}{mr \cdot \omega^2 \pi}\right]^2}}{\left(1 - \frac{\omega^2}{p^2}\right)} \quad (24)$$

или

$$y_A = \frac{r'r \cdot \omega^2}{c} \cdot \beta. \quad (25)$$

Динамический коэффициент

$$\beta = \frac{\sqrt{1 - \left[\frac{4fq_n(h_1 + h_2)}{mr \omega^2 \pi}\right]^2}}{1 - \frac{\omega^2}{p^2}}. \quad (26)$$

Из уравнения (24) видно, что амплитуда динамической деформации  $y_A$  уменьшается при увеличении коэффициента трения  $f$ , давления пружины на поперечину  $q_n$ , высот сечений  $h_1$  и  $h_2$ .

В уравнениях (24) и (26) введем величину

$$\gamma = \frac{4fq_n(h_1 + h_2)}{mr \cdot \omega^2 \cdot \pi} \quad (27)$$

и назовем ее коэффициентом демпфирования.

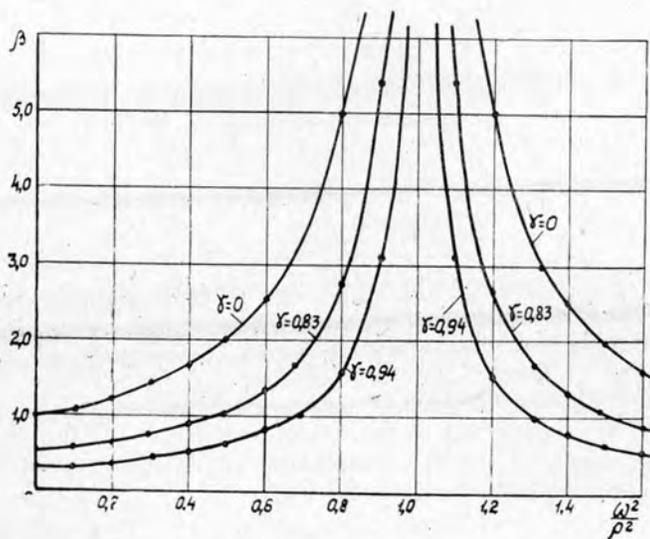


Рис. 4.

На рис. 4 представлена зависимость динамического коэффициента  $\beta$  от соотношений квадратов частот вынужденных  $\omega^2$  и собственных  $p^2$  колебаний при различных коэффициентах демпфирования  $\gamma$ . Выбирая соответственно коэффициент демпфирования, можно достигнуть существенного уменьшения динамического коэффициента и тем самым амплитуды вынужденных колебаний  $y_A$ .

Экспериментальное исследование пильной рамки предварительно напряженной конструкции на тарной раме РТ-2 показало, что изменение силы натяжения  $\Delta N$  уменьшилось до 5—7% от начальной силы натяжения (вместо 35—40% для пильной рамки существующей конструкции). В этих условиях демпфирование колебаний позволяет значительно уменьшить изменение силы натяжения и тем самым начальную силу натяжения пилы на величину (рис. 1, б)

$$N_1 - N_2 = \Delta N_1 - \Delta N_2.$$

Уменьшение начальной силы натяжения пилы дает возможность снизить вес пильной рамки, увеличить число оборотов главного вала, повысить производительность лесопильной рамы.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. Н. Балагуров. Исследование сил, действующих на подвеску пил при работе лесопильных рам. Научно-технический реферативный сборник ЦИНТИ по автоматизации и машиностроению, № 6, М., 1967. [2]. Е. И. Захарова. Исследование пильных рамок двухэтажных лесопильных рам. Гослесбумиздат. М., 1962. [3]. В. П. Новосельцев, В. Г. Шестаков. Авторское свидетельство № 321348. «Пильная рамка». [4]. Прочность, устойчивость, колебания. Справочник, т. 3, изд-во «Машиностроение», М., 1968. [5]. С. П. Тимошенко. Колебания в инженерном деле. Изд-во «Наука», М., 1967. [6]. В. Я. Филькевич. Динамика лесопильных рам. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1968.

Поступила 19 марта 1973 г.

## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 634.0.86

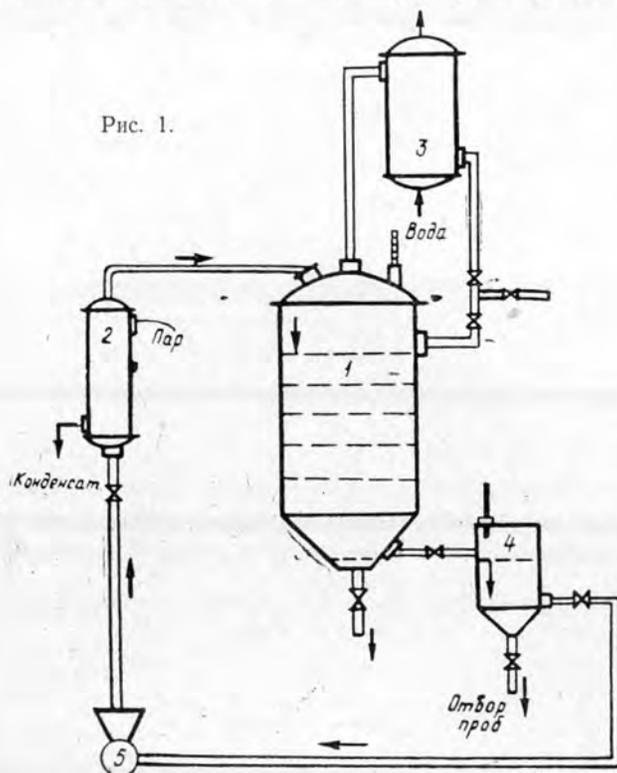
ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ОПЫТЫ КОМПЛЕКСНОГО ПОЛУЧЕНИЯ  
БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ХВОЙНОЙ ЛАПКИ

С. И. ЛАДИНСКАЯ, Г. М. БЕЗДЕНЕЖНЫХ, Н. К. ЧЕРНЫШЕВА, Ф. А. МЕДНИКОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Даны результаты опытов по экстракции хвойной лапки бензином на аппарате с выносным подогревателем. Установлено, что мягкие условия экстракции дают возможность избежать феофитинизации хлорофилла при его извлечении из хвои. Температура экстракции 50—60°C, продолжительность 2,0—2,5 часа. Процент извлечения смолистых веществ 4,7, водорастворимых веществ 9,0 от абс. сухой хвойной лапки.

Успешное развитие новой отрасли лесозексплуатации — лесобиохимии — выдвигает особые требования к технологии лесобиохимических производств, которая значительно отличается от технологии лесохимических производств. Важнейшие принципы технологии лесобиохимических производств — максимальная простота, компактность, возможность переработки сырья в мягких температурных условиях.



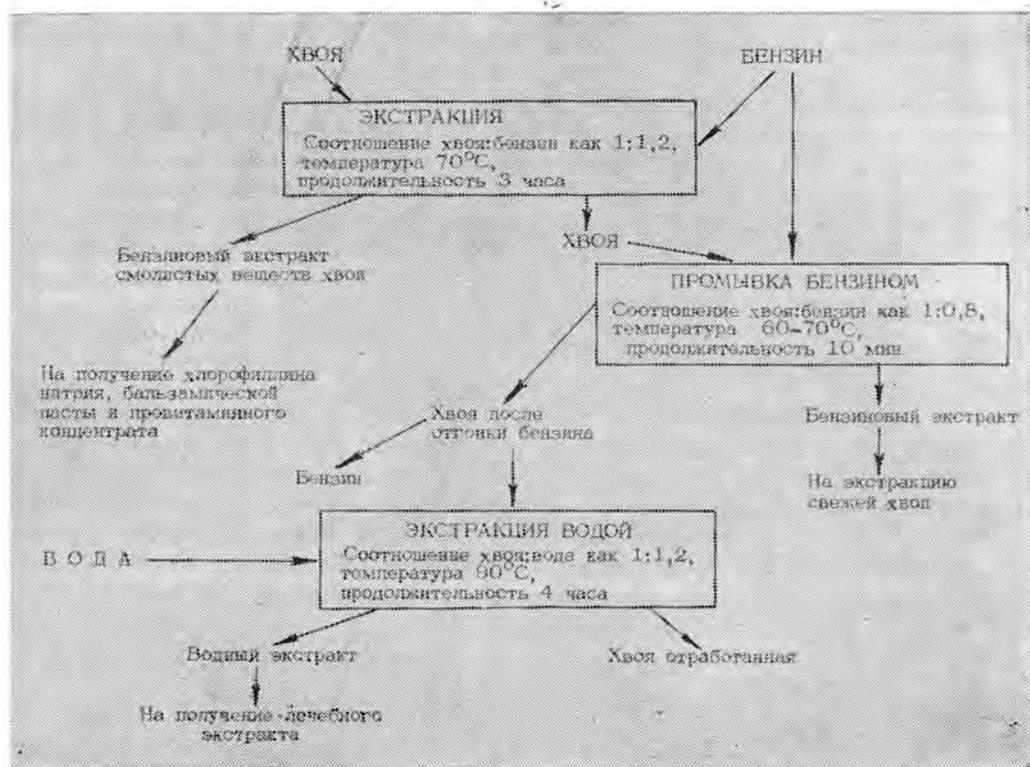


Рис. 2.

Хвойная лапка — массовое сырье для получения ценных биологически активных продуктов (хлорофилло-каротиновой пасты, хлорофиллина натрия, бальзамической пасты, провитаминового концентрата, хвойного лечебного экстракта и др.). Для извлечения их применяются дефлегмационный, батарейный и непрерывный способы экстракции. Высокая температура (более  $80^{\circ}\text{C}$ ) при экстракции отрицательно сказывается на биологически активных веществах: многие из них разрушаются или претерпевают необратимые изменения. В поисках более мягких условий экстракции брали экстрактор с циркуляцией растворителя и с выносным подогревателем, где температуру можно держать в любых заданных интервалах. Опыты по экстракции хвойной лапки при температуре ниже температуры кипения растворителя проводили на производственной установке Лисинского учебно-опытного лесхоза ЛТА, состоящей из экстрактора 1, насоса 2, подогревателя 3, холодильника 4, сборника 5 (рис. 1).

Принципиальная схема технологического процесса получения биологически активных продуктов из хвойной лапки представлена на рис. 2. Для извлечения жирорастворимых и водорастворимых веществ была проведена серия опытов по двухстадийному способу экстракции хвойной лапки бензином и водой со скоростью прокачки растворителя  $600 \text{ л/час}$ . В экстрактор загружали около  $260 \text{ кг}$  хвойной лапки и заливали расчетным количеством бензина марки БР-1. Раствор разогревали в выносном подогревателе, а постоянную циркуляцию создавали насосом. Через нижний штуцер экстрактора раствор самотеком

поступал в сборник, а оттуда насосом через подогреватель закачивался снова в экстрактор через верхний штуцер. Для равномерного орошения хвойной лапки к крышке экстрактора крепили металлическую сетку с отверстиями диаметром 10 мм. Через каждые 20 мин из сборника отбирали пробы экстракта для определения в них сухого остатка и величины поглощения за красным светофильтром  $E_p$  на фотоэлектроколориметре для определения количества извлеченных пигментов. Температура экстракции 70°C, продолжительность 3 часа. Отмечали температуру отбора проб.

Бензиновый экстракт 1 сливали в отстойник; после отделения восков экстракт поступал на комплексную переработку для получения хлорофиллина натрия, бальзамической пасты и провитаминного концентрата. По сухому остатку бензинового экстракта судили о количестве извлеченных жирорастворимых веществ, а по бумажной хроматографии пигментов — о качестве полученного экстракта.

Для промывки хвойной лапки в экстрактор снова заливали бензин и производили рециркуляцию в течение 20 мин. Промывной бензин сливали (экстракт 2) и использовали для экстракции свежей партии хвойной лапки. После отгонки бензина, впитавшегося в хвойную лапку, в экстрактор заливали воду. Через каждые 20 мин отбирали пробы водного экстракта, в которых определяли сухой остаток. Температура при водной экстракции держалась на уровне 90—95°C. Продолжительность экстракции 4 часа. Водный экстракт сливали, и он поступал на упаривание до 50%-ной влажности для получения товарного хвойного лечебного экстракта. Выделенные из бензинового и водного экстрактов продукты соответствовали утвержденным ТУ.

Таблица 1

Хвойная лапка	Летучие (вода, растворитель), %	Водо- раствори- мые	Эфирно- раствори- мые	Пигменты
Исходная	50,0	27,0	8,0	0,095
После экстракции бензином	53,0	24,4	4,8	0,055
После экстракции водой	69,5	15,4	2,7	—

Таблица 2

Экстракт	Количество экстракта, полученного из 1 т хвой- ной лапки, л	Сухой оста- ток в экстрак- те, %
Опытный основной 1	620	1,95
Опытный промывной 2	770	1,37
Производственный (контрольный)	422	4,00
Производственный (использование промывного экстракта)	420	5,51

Примечание. Приведены средние данные из пяти опытов.

Данные (средние из пяти опытов) о содержании экстрактивных веществ и летучих в исходной хвойной лапке и по стадиям технологического процесса приведены в табл. 1. Характеристика бензиновых экстрактов представлена в табл. 2. Результаты (средние данные) экстракции хвойной лапки бензином и водой показаны на рис. 3, 4.

Извлечение смолистых веществ бензином заканчивается за 2—2,5 часа, хлорофилла за 2 часа, экстракция водой длится более 4 час. Полученный бензиновый экстракт сравнивали качественно с

Рис. 3. Экстракция хвойной лапки бензином.

1 — изменение сухого остатка в растворе; 2 — изменение содержания пигментов в растворе; 3 — температура отбора проб.

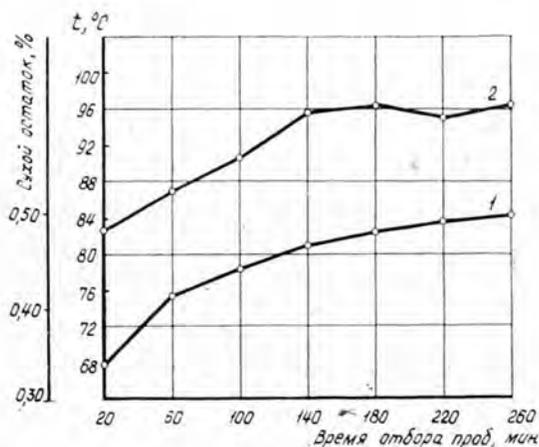
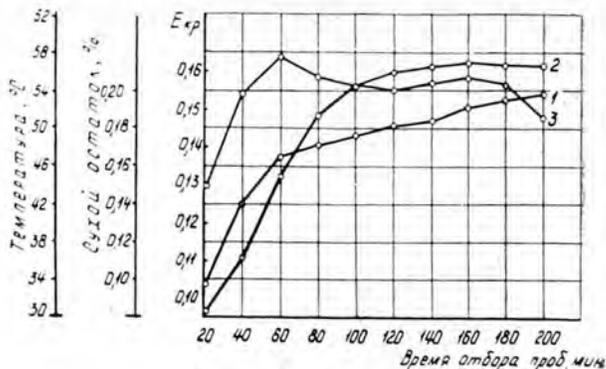


Рис. 4. Экстракция хвойной лапки водой.

1 — изменение сухого остатка в растворе; 2 — температура отбора проб.

производственным бензиновым экстрактом, полученным в контрольном опыте дефлегмационным методом (продолжительность экстракции 3 часа, температура более 100°C, соотношение сырье : бензин как 1 : 1). Исходное сырье было одинаковым по составу.

Качественную проверку бензиновых экстрактов производили методом бумажной хроматографии. Установлено, что экстракт, полученный при температуре экстракции не более 70°C, содержит хлорофилл и феофитин в таком же соотношении, что и исходное сырье.

Соотношение пигментов в производственном бензиновом экстракте определить бумажной хроматографией не представилось возможным. Среднее количество смолистых веществ, полученных на опытном экстракторе (с циркуляцией растворителя и выносным подогревателем), составляет 4,7%, а при дефлегмационном способе — 3,3% от абс. сухой хвойной лапки.

Использование бензина от промывки лапки дает возможность получать более концентрированный экстракт. Если сухой остаток в производственном экстракте обычно около 4,0%, то при использовании промывного бензина он повышается до 6%.

Количество водорастворимых веществ, извлеченных из хвойной лапки при 4-часовой водной экстракции при температуре 90°C, составляет около 10% от абс. сухой хвои.

Таким образом, с целью получения бензинового экстракта биологически активных веществ хвойной лапки с высоким содержанием хлорофилла

экстракцию целесообразно проводить на установке с рециркуляцией растворителя, осуществляя подогрев растворителя на выносном подогревателе. Температура экстракции 60—70°C, продолжительность экстракции 2—2,5 часа.

Поступила 7 мая 1973 г.

УДК 634.0.813

## ОЦЕНКА СОСТАВА СМОЛИСТЫХ ВЕЩЕСТВ СУЛЬФАТНОГО МЫЛА

Б. С. ФИЛИПОВ

Архангельский лесотехнический институт

Приведены экспериментальные данные, характеризующие взаимосвязь между содержанием неомыляемых и окисленных веществ, жирных и смоляных кислот в смолистых веществах сульфатного мыла и древесины, поступающей на переработку по сульфатному способу производства целлюлозы.

В отечественной и зарубежной литературе [1], [3], [4], [7], [10] достаточно широко представлены данные, характеризующие зависимость состава смолистых веществ сульфатного мыла и таллового масла от породы и места произрастания древесины, времени года ее рубки и переработки, продолжительности и способа хранения сырья, наличия в нем отходов лесопиления и от некоторых других факторов. Анализ позволяет предположить наличие определенной взаимосвязи между составами смолистых веществ сульфатного мыла и сырья, так как всеми перечисленными факторами, по сути дела, определяются количество и состав смолистых веществ древесины. Однако приводимые в литературных источниках данные не дают возможности сопоставить их непосредственно, поскольку неизвестны, как правило, составы смолистых веществ сырья, соответствующие сульфатному мылу.

В настоящей работе сделана попытка установить количественную зависимость между содержанием групповых компонентов смолистых веществ древесины и сульфатного мыла. Для этого в сравнимых условиях были проведены лабораторные сульфатные варки различных пород хвойной (сосна, ель) и лиственной (тополь, береза, осина) дре-

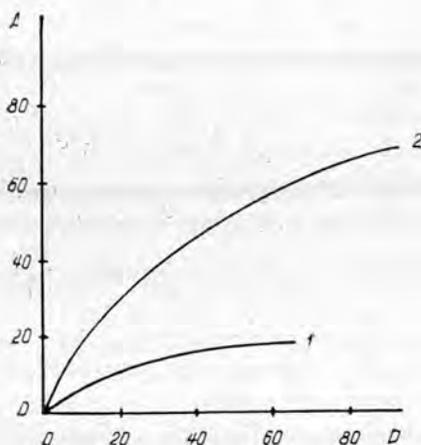


Рис. 1.

А — содержание компонента в смолистых веществах сульфатного мыла, %; В — содержание компонента в смолистых веществах сырья, %; 1 — окисленные вещества; 2 — жирные кислоты.

Таблица 1

№ эксперимента	Число опытов	Содержание неомыляемых веществ Содержание смоляных кислот в смолистых веществах		
		древесины, %	сульфатного мыла, %	мыла, % к содержанию в смолистых веществах древесины
1	8	6,10	6,44	105,6
	2	30,56	32,42	106,1
2	2	6,12	5,72	93,5
	2	36,08	39,73	110,1
3	2	6,86	7,34	107,0
	2	38,73	40,55	104,7
4	2	7,07	7,13	100,8
	2	41,42	42,12	101,7
5	6	7,08	7,42	104,8
	2	42,18	42,07	99,7
6	2	7,16	6,81	95,1
	2	44,61	42,50	95,3
7	2	7,27	7,13	98,1
	2	44,98	44,64	99,2
8	2	7,58	8,48	111,9
	2	45,05	37,94	84,02
9	6	7,62	8,06	105,8
	2	47,20	43,60	92,4
10	2	7,63	6,69	87,7
	2	47,50	58,23	122,6
11	2	7,70	8,64	112,2
	4	48,75	46,37	95,1
12	6	7,78	8,89	115,4
	2	50,43	47,55	94,3
13	2	7,96	8,50	106,8
	2	51,08	43,71	85,6
14	2	8,68	9,33	107,5
	8	64,04	62,97	98,3
15	2	20,90	21,16	101,2
	—	—	—	—
16	4	21,89	21,28	97,2
	—	—	—	—
17	2	23,02	26,76	116,2
	—	—	—	—

весины, а также их смесей. Ряд варок осуществлен в производственных условиях. Полученные слабые черные щелока упаривали под вакуумом. Плотности упаренных черных щелоков обеспечивали достижение предельной концентрации электролитов, необходимой для коагуляции и выделения сульфатного мыла методом отстаивания [8].

Анализы использованных в опытах образцов древесины, ее смолистых веществ, черных щелоков, сульфатного мыла и таллового масла проведены по стандартным и общепринятым методикам [1], [2], [6], [9], [10]. Сравнивали содержание следующих групповых компонен-

тов смолистых веществ сырья и сульфатного мыла: неомыляемых и окисленных (не растворимых в петролейном эфире) веществ, жирных и смоляных кислот. Результаты экспериментов представлены на рис. 1 и в табл. 1.

**Неомыляемые вещества.** Данные о содержании неомыляемых веществ и смоляных кислот в смолистых сульфатного мыла и древесины приведены в табл. 1. Принятый метод определения неомыляемых допускает отклонение между параллельными опытами не более 0,2% [2]. В рассмотренном интервале значений содержания неомыляемых веществ относительная погрешность определения компонента не должна превышать  $\pm 2\%$ . Согласно опытным данным, количество неомыляемых веществ в смолистых сульфатного мыла в среднем было лишь на 5% выше, чем в смолистых древесины. Поэтому практически можно считать примерно одинаковым содержание неомыляемых веществ в смолистых исходного сырья и соответствующем ему сульфатном мыле.

**Окисленные вещества.** Зависимость между содержанием окисленных смолистых продуктов и жирных кислот в смолистых веществах древесины и сульфатного мыла приведена на рис. 1. Содержание окисленных продуктов (по данным более чем 50 опытов) в смолистых веществах сульфатного мыла возрастает с увеличением их количества в смолистых сырья, оставаясь, однако, в среднем значительно ниже, чем в последних. Отношение содержания окисленных веществ в смолистых сульфатного мыла к содержанию в смолистых сырья снижается с 0,55 до 0,35 по мере увеличения количества окисленных в смолистых древесины от 5—10 до 50—60%. Однако при содержании окисленных веществ в смолистых сырья до 25—30% отношение близко к постоянной величине и составляет в среднем около 0,5.

**Жирные кислоты.** Из рис. 1 видно, что содержание жирных кислот (по данным почти 60 опытов) в смолистых сульфатного мыла более высокое по сравнению с древесиной. Отношение количества жирных кислот в смолистых сульфатного мыла к содержанию в смолистых сырья несколько уменьшается с увеличением содержания в сырье. При наличии 30—50% жирных кислот в смолистых веществах сырья отношение ориентировочно можно принять постоянным, равным в среднем 1,2.

**Смоляные кислоты.** Из данных табл. 1 видно, что отношение содержания смоляных кислот в смолистых веществах сульфатного мыла к содержанию в смолистых древесины в среднем составляет око-

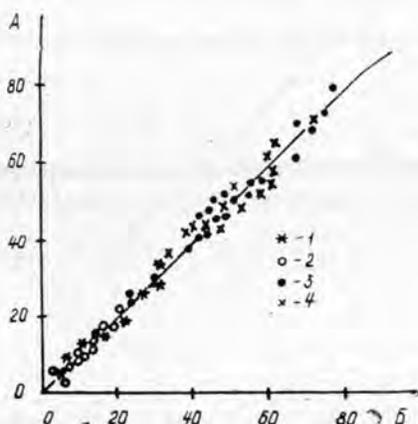


Рис. 2.

А — опытное содержание компонента в смолистых веществах сульфатного мыла, %; Б — расчетное содержание компонента в смолистых веществах сульфатного мыла; 1 — неомыляемые вещества; 2 — окисленные вещества; 3 — жирные кислоты; 4 — смоляные кислоты.

ло 0,98, то есть примерно одинаково для всего интервала рассмотренных значений содержания компонента.

Сравнение групповых составов смолистых веществ сульфатного мыла и древесины указывает на существование между ними определенной количественной зависимости, что позволяет при известном составе смолистых веществ древесины предварительно оценить состав смолистых веществ сульфатного мыла. Достоверность установленных закономерностей подтверждается данными рис. 2, на котором сравнивают расчетное содержание групповых компонентов в смолистых веществах сульфатного мыла с найденным экспериментально.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Б. Д. Бюгомолов, А. А. Соколюлова. Побочные продукты сульфатно-целлюлозного производства. Гослесбумиздат, М., 1962. [2]. В. И. Вершук, Н. А. Гурвич. Методы анализа сырья и продуктов канифольно-скипидарного производства. Гослесбумиздат, М.—Л., 1960. [3]. И. П. Жукова, Л. В. Гребенев. Переработка сульфатного мыла из лиственничной древесины. Сборник трудов ЦНИЛХИ, вып. 20, изд-во «Лесная промышленность», М., 1969. [4]. В. Зандерманн. Природные смолы, скипидары, талловое масло. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1964. [5]. Н. Ф. Комшилов. Канифоль. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1965. [6]. Н. Ф. Комшилов и др. Сульфатный черный щелок и его использование. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1969. [7]. В. П. Сумароко и др. Талловое масло. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1965. [8]. Б. С. Филиппов. Влияние плотности черного щелока на выделение сульфатного мыла. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 1971. [9]. Б. С. Филиппов. Влияние смолистости сырья и черного щелока на выделение сульфатного мыла. Труды АЛТИ, XXXII, Архангельск, 1972. [10]. В. Д. Худовиков. Сульфатное мыло и талловое масло. Гослесбумиздат, М.—Л., 1952.

Поступила 24 января 1973 г.

УДК 634.0.813

### ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОМ РЕНТГЕНОГРАФИИ ОБРАЗОВАНИЯ УГЛЯ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ И ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Л. Г. ПОПОВА, Г. Л. БУРКОВ, В. Н. ПИЯЛКИН, А. К. СЛАВЯНСКИЙ

Ленинградская лесотехническая академия

Исследованы структурные изменения, происходящие в древесине и целлюлозе березы в процессе их пиролиза. Для этого методом рентгеноструктурного анализа изучена структура промежуточных твердых остатков, приготовленных в интервале 150—900°C. Получены рентгенографические характеристики твердых остатков в зависимости от температуры пиролиза; на основе этих характеристик прослежено разрушение целлюлозной и образование угольной структуры.

Процесс образования угля при термическом разложении древесины до сих пор мало исследован. В настоящей работе представлены результаты изучения структуры промежуточных твердых остатков, полученных из березовой древесины и целлюлозы при пиролизе их до 900°C, с использованием метода рентгенографии, широко применяемого для исследования строения высокомолекулярных соединений [1], [2], [3], [5]. Получение промежуточных твердых остатков и их техническая характеристика описаны ранее [6].

Для рентгеносъемки образцов твердых остатков применяли прибор ДРОН-1 с использованием  $K_{\alpha_1}$  линий кобальта, при режиме работы рентгеновской трубки 35 кВ, 10 мА. Монохроматизацию излучения проводили плоским кристаллом исландского шпата. Уголь прессовали на лабораторном прессе в виде таблеток диаметром 28 мм.

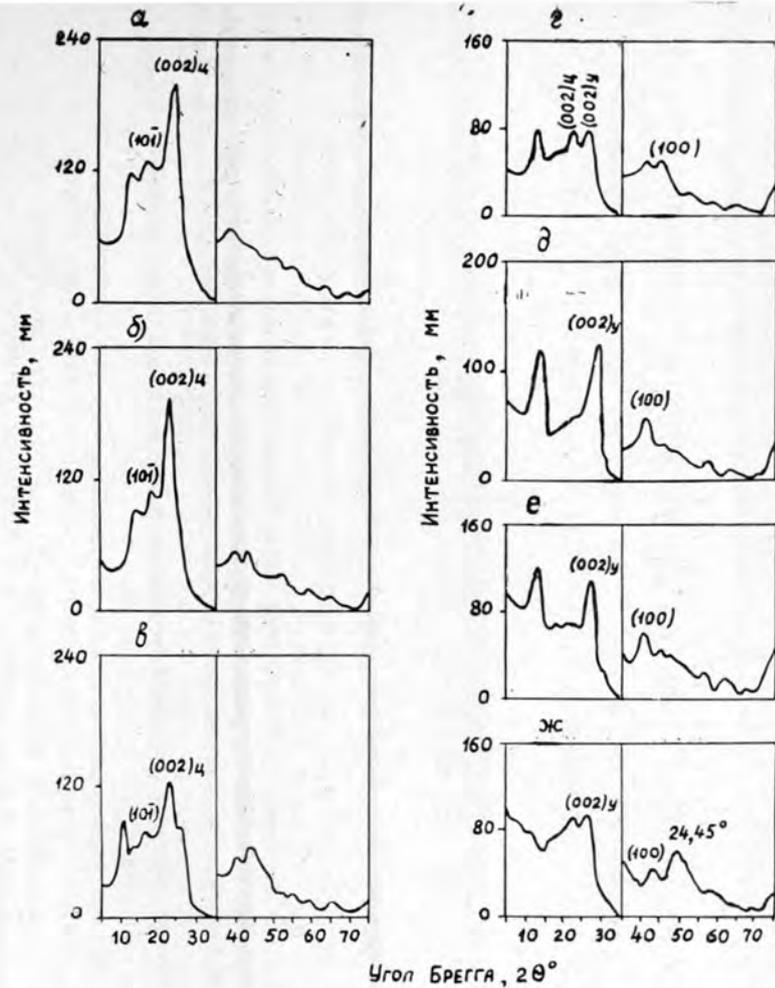


Рис. 1. Фотометрические кривые рентгенограмм древесины (а) и древесных твердых остатков, полученных при 190°C (б), 220°C (в), 300°C (г), 500°C (д), 700°C (е), 900°C (ж).

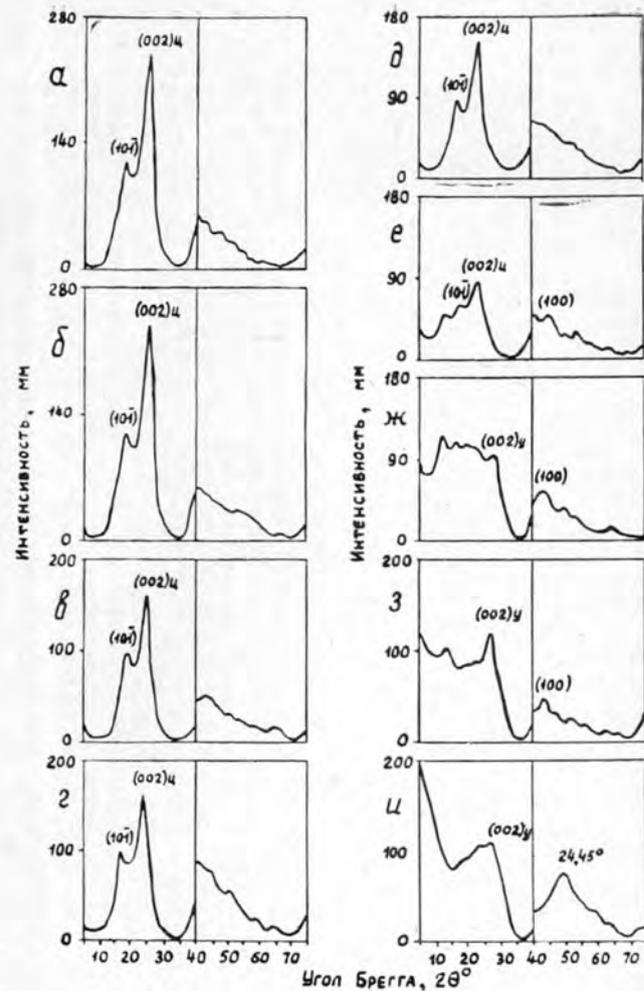


Рис. 2. Фотометрические кривые рентгенограмм целлюлозы (а) и целлюлозных остатков, полученных при 150°C (б), 180°C (в), 250°C (г), 270°C (д), 300°C (е), 330°C (ж).

Рентгенограммы исходной целлюлозы и древесины (рис. 1, 2) характеризуются интенсивными полосами (101) и (002), угол Брегга соответственно около 9 и около 12°. Эти полосы доказывают существование и в целлюлозе, и в древесине регулярных структур. Повышение температуры пиролиза приводит к значительному уменьшению интенсивности этих полос и к полному исчезновению их после 300°C. Положение максимума полосы (002), ее угловая полуширина, принятая за меру упорядоченности структуры образца [4], и межплоскостные расстояния, определенные по таблицам С. С. Толкачева [8], приведены в табл. 1.

Таблица 1

Изменение рентгенографических характеристик целлюлозных и древесных твердых остатков в зависимости от температуры пиролиза

Рентгенографические характеристики	Значения рентгенографических характеристик						
	для исходной целлюлозы	при температуре пиролиза, °С					
		150	190	220	250	270	300
Положение полосы (002), град	12,65	12,35	—	11,90	11,90	11,90	11,75
	12,20	—	11,90	11,60	—	—	11,60
Межплоскостное расстояние, Å	4,07	4,17	—	4,33	4,33	4,33	4,38
	4,22	—	4,33	4,44	—	—	4,44
Угловая полуширина полосы (002), град	4,26	4,08	—	4,32	5,07	5,22	7,08
	5,40	—	6,00	6,03	—	—	6,06
Линейный размер кристаллического блока целлюлозы, Å	24,5	25,5	—	24,0	20,6	20,0	14,7
	20,0	—	17,4	17,3	—	—	17,2

Примечание. В числителе значения для целлюлозных твердых остатков; в знаменателе — для древесных твердых остатков.

Полученные данные показывают, что с повышением температуры пиролиза максимум полосы (002) сдвигается в сторону меньших углов. При этом увеличиваются межплоскостные расстояния, что свидетельствует о постепенном разрушении целлюлозной структуры в древесине при ее термической обработке. Об уменьшении упорядоченности целлюлозной структуры свидетельствуют также увеличение угловой полуширины полосы (002) и уменьшение линейного размера кристаллического блока целлюлозы, определенного по полуширине полосы (002) [3].

Одновременно с разрушением целлюлозной структуры в твердых остатках, полученных при температуре 300°C и выше, появляется новая структура, характеризующаяся на рентгенограммах полосами, свойственными углям [5] и обозначенными обычно (002) и (100), угол Брегга соответственно около 13 и около 22°. Присутствием этих двух интерференционных полос доказывается наличие в угле регулярных структур [1]. По данным окисления древесных и целлюлозных остатков [6], основа таких структур — ароматические конденсированные системы, заметное образование с последующим накоплением которых начинается именно с температуры 300°. По полуширине полос (002) и (100) оценивают структурные изменения угольного вещества в процессе пиролиза [1]. Угловую полуширину полосы (002) принимают за меру межсеточной упорядоченности структуры угольного вещества. Уменьшение ее говорит об увеличении степени межсеточной упорядоченности конденсированных ароматических систем.

На рентгенограммах целлюлозных и древесных углей полоса (002) широкая и малоинтенсивная. С повышением температуры пиролиза ее полуширина не уменьшается: для древесных углей она колеблется в пределах  $3,00-4,80^\circ$ , для целлюлозных углей — в пределах  $4,20-8,40^\circ$ . Это указывает на то, что в данном интервале температур ( $300-900^\circ\text{C}$ ) дальнейшего упорядочения гексагональных сеток атомов углерода в угле, вероятно, не происходит.

Интенсивностью и шириной полосы (100) характеризуются количество и размеры углеродных сеток. Средний линейный размер сеток определяют по формуле Уоррена [1]

$$Z_a = \frac{1,84 \cdot \lambda}{\Delta_{100} \cdot \cos \theta},$$

где  $\lambda$  — длина волны рентгеновского излучения, равная  $1,78\text{\AA}$ ;  
 $\Delta_{100}$  — угловая полуширина полосы (100), рад;  
 $\theta$  — угол Брегга.

С повышением температуры пиролиза от  $300$  до  $700^\circ\text{C}$  размер углеродных сеток возрастает: для целлюлозных углей с  $25,2$  до  $28,2\text{\AA}$ , для древесных углей с  $28,2$  до  $35,4\text{\AA}$ ; это обычно связывают с увеличением степени конденсированности ароматических ядер макромолекулы угля [1], [2], [3], [5].

Рентгенограммы древесного и целлюлозного углей, полученных при температуре  $900^\circ\text{C}$ , характеризуются появлением новых двух полос, положение максимумов которых отвечает  $11,45^\circ$ ,  $24,45^\circ$  и  $12,20^\circ$ ,  $24,45^\circ$  соответственно. Однако эти максимумы отличаются от соответствующих максимумов графита [7]. По-видимому, та перегруппировка атомов углерода, которая имеет место в древесном угле при  $900^\circ\text{C}$ , не достигает такой степени, как в графите.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. А. Агроскин. Физика угля. М., 1965. [2]. В. И. Касаточкин, А. Т. Каверюев. ДАН СССР, 120, 5, 1958. [3]. А. И. Княтайгородский. Рентгеноструктурный анализ мелкокристаллических и аморфных тел. М., 1952. [4]. А. И. Княтайгородский, Д. Я. Цванкин. Журн. «Высокомолекулярные соединения» № 2, 1959, 269—286. [5]. Э. Д. Левин, Н. Д. Барабаш, В. А. Морозов. «Химия древесины» № 4, Рига, 1969, 137. [6]. Л. Г. Попова, В. Н. Пиялкин, А. К. Славянский. Материалы к научно-технической конференции ЛТА, Л., 1970, 112. [7]. Практические работы по физической химии. Л., 1967. [8]. С. С. Толкачев. Таблицы межплоскостных расстояний. Л., 1955.

Поступила 11 июня 1973 г.

УДК 676.093

## ТЕРМОСТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ ВОЛОКОН И ИХ ВЛИЯНИЕ НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СУСПЕНЗИЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

А. К. ВЕРЕТНОВ, А. В. БЫВШЕВ

Сибирский технологический институт

Измерения, проведенные с помощью ротационного вискозиметра, показали, что по реологическим свойствам при установленном стационарном режиме водные суспензии целлюлозы относятся к вязко-пластичным бингамовским жидкостям. Было обнаружено, что в линейном ходе температурной зависимости пластической вязкости суспензии небеленой сульфатной целлюлозы имеется излом, соответствующий  $t=40-43^{\circ}\text{C}$ . Такого же вида зависимость получается для беленых и облагороженных целлюлоз, подвергшихся предварительному нагреванию. Излом в кривой показателя пластической вязкости и ряд аномальных изменений, происходящих с водой при тех же температурах, указывают на существование термических преобразований надмолекулярной структуры целлюлозы при температуре  $40-43^{\circ}\text{C}$ .

Основные технологические процессы производства в бумажной промышленности связаны с обработкой и передвижением водных суспензий волокнистых материалов. Вопросы реологии таких суспензий имеют важное значение как при проектировании технологического оборудования, так и при рациональном построении производственных процессов. Суспензии волокон целлюлозы, древесной массы, асбеста и подобных им материалов относятся к неньютоновским жидкостям. Наибольшее сходство они обнаруживают с вязко-пластичными жидкостями [5], свойства текучести которых характеризуются двумя постоянными из уравнения Бингама (1): предельным напряжением сдвига  $\Theta$  и пластической вязкостью  $\eta$

$$\tau = \eta \dot{\gamma} + \Theta, \quad (1)$$

где  $\tau$  — напряжение сдвига;

$\dot{\gamma}$  — градиент скорости.

При напряжениях сдвига, меньших предельного, такие жидкости остаются неподвижными и подобно твердому телу испытывают только упругие деформации. Если напряжение сдвига превысит  $\Theta$ , то деформации становятся необратимыми и жидкость приобретает текучесть. Это свойство волокнистых суспензий связано с тем, что волокна, входящие в состав суспензий, образуют достаточно прочную трехмерную структурную сетку, которая сопротивляется сдвигу при малых напряжениях и разрушается полностью или частично, когда напряжение превышает предельное.

Исследование реологических свойств волокнистых суспензий встречает ряд трудностей, связанных с большой величиной пристенного скольжения (П-эффекта) около измерительной поверхности. Учитывая это обстоятельство, для работы с суспензиями целлюлозы был использован специально изготовленный вискозиметр ротационного

типа. Размеры коаксиальных цилиндров и форма поверхности ротора позволили исключить П-эффект при сохранении ламинарности течения между цилиндрами. Для расчета пластической вязкости использовали уравнение, полученное на основании теории движения бингамовской жидкости между цилиндрическими измерительными поверхностями [1]

$$\eta = \frac{\theta}{\Omega} \left( \frac{P}{P_0} - 1 + \ln \frac{P}{P_0} \right), \quad (2)$$

где  $\Omega = \frac{2\pi n}{t_0}$  — угловая скорость ротора;

$\theta = \frac{P_0 g R}{2\pi r_0 h}$  — предельное напряжение сдвига;

$P_0$  — минимальная величина груза, вызывающая необратимый сдвиг;

$R$  — радиус барабана;

$r_0$  — радиус ротора;

$h$  — высота ротора;

$g$  — ускорение силы тяжести;

$P$  — вес груза, приводящий ротор в движение;

$n$  — число оборотов, совершаемых ротором при опускании груза;

$t_0$  — продолжительность опускания груза.

При измерениях обнаружилось, что суспензии целлюлозы обладают тиксотропными свойствами, так как их консистенция зависит от продолжительности движения. Это проявилось в уменьшении продолжительности опускания груза вискозиметра для ряда измерений, следующих друг за другом, и приближении к некоторой предельной величине  $t_0$  (рис. 1).

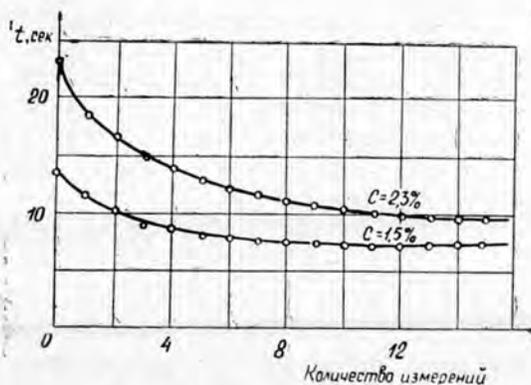


Рис. 1. Тиксотропное поведение суспензии белой сульфатной целлюлозы (степень помола 65°ШР).

Вследствие тиксотропии для характеристики текучести целлюлозных суспензий используют только то состояние, когда вязкость и предельное напряжение сдвига имеют минимальные значения, не изменяющиеся со временем. Этим состоянием отражается самый распространенный в практике режим установившегося стационарного течения.

В ходе измерений было обнаружено, что, начиная с некоторой величины концентрации, которую можно назвать предельной, пластическая вязкость подчиняется эмпирическому уравнению

$$\eta = \eta_0 \left( \frac{c}{c_0} \right)^k, \quad (3)$$

где  $\eta_0$  — вязкость при предельной концентрации  $c_0$ ;

$k$  — постоянная величина, зависящая от вида целлюлозы, способа и степени помола.

Величина  $c_0$  — концентрация, начиная с которой в режиме стационарного течения проявляются пластические свойства суспензии. При меньших концентрациях внутренняя структурная сетка волокон либо совсем не образуется, либо, образовавшись, сохраняет свою структуру только в покоящейся жидкости и полностью разрушается под действием гидродинамических напряжений, возникающих при течении суспензии. В зависимости от вида целлюлозы и средней длины волокон величина предельной концентрации составляет 0,1—1%. При этих концентрациях характер подвижности целлюлозных суспензий мало отличает их от чистой воды [2].

Суспензии с концентрацией выше предельной имеют устойчивую внутреннюю структуру, которая при течении полностью не разрушается, а распадается на комкообразные элементы (флокулы), состоящие из беспорядочно расположенных и переплетающихся между собой волокон. Величина реологических характеристик суспензий целлюлозы определяется размерами и прочностью флокулярных образований и зависит от физико-химических и физико-механических свойств набухших в водной среде волокон. Наибольшее значение здесь приобретают упругость, пластичность и эластичность волокон, изменением которых можно объяснить своеобразие зависимости пластической вязкости от температуры.

Температурная зависимость вязкости молекулярных жидкостей в ограниченных интервалах температур описывается уравнением Френкеля — Андраде

$$\eta = A e^{\frac{E}{k}} \cdot T, \quad (4)$$

где  $A$  — постоянная величина;

$E$  — энергия активации течения;

$k$  — постоянная Больцмана;

$T$  — температура, °К.

Измерения пластической вязкости, проведенные в ротационном вискозиметре в интервале температур 10—80°C, показали, что у водно-волоконистых суспензий зависимость подобного вида наблюдается только для сульфитной небеленой целлюлозы и целлюлоз, подвергшихся отбелке или облагораживанию (рис. 2, а). Для сульфатных небеленых целлюлоз температурная зависимость вязкости получается в виде двух прямых линий с точкой пересечения, соответствующей температуре 40—43°C (рис. 2, б). Такого вида зависимость обнаруживается и для беленых целлюлоз, и для целлюлоз, подвергшихся облагораживанию, но только при повторном измерении вязкости, то есть после предварительного нагревания, происшедшего при первом определении (рис. 2, в, г). При всех последующих определениях линейный характер этой зависимости уже не меняется. Для небеленой сульфитной целлюлозы кривая повторного определения температурной зависимости вязкости не отличается от первой кривой. Но при третьем определении и всех последующих ход кривой остается неизменным только до  $t = 40^\circ\text{C}$ . При более высоких температурах появляется линейный участок (рис. 2, д).

При нагревании беленые и облагороженные целлюлозы переходят в состояние, подобное тому, в каком находятся небеленые сульфатные целлюлозы. Волокна этих целлюлоз, имеющие значительное содержание гемицеллюлоз и лигнина, отличаются повышенной прочностью и

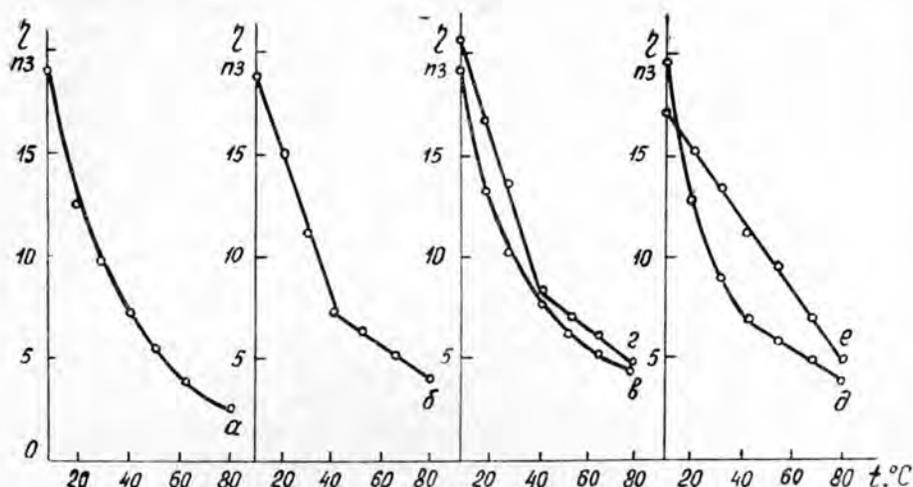


Рис. 2. Влияние температуры на пластическую вязкость суспензий целлюлозы.

*a* — небеленая сульфатная целлюлоза ( $c = 1,7\%$ , 35°ШР); *б* — небеленая сульфатная ( $c = 1,5\%$ , 40°ШР); *в* — беленая сульфитная; ( $c = 1,8\%$ , 45°ШР, первое определение); *г* — беленая сульфитная ( $c = 1,8\%$ , 45°ШР, второе определение); *д* — небеленая сульфитная ( $c = 1,7\%$ , 35°ШР, третье определение); *e* — древесная масса ( $c = 2,1\%$ ).

упругостью. Это объясняется тем, что гемицеллюлозы, сохраняющиеся при сульфатной варке, образуют дополнительные поперечные связи [3]. Поэтому можно предположить, что нагревание беленых и облагороженных целлюлоз приводит к появлению новых связей, увеличивающих жесткость и механическую прочность волокон.

При нагревании степень набухания целлюлозы уменьшается, и часть воды, удаляясь из микрокапилляров клеточной стенки, способствует сближению фибриллярных элементов волокна. В беленых и облагороженных целлюлозах, обладающих, вследствие низкого содержания инкрустирующих веществ, большей мягкостью и пластичностью, этот процесс проходит быстро и глубоко, заканчиваясь образованием дополнительных связей между микрофибриллами.

В небеленой сульфитной целлюлозе сближению препятствует упругость элементов клеточной стенки волокна, и образование связей происходит только после длительного многократного нагревания. Линейная зависимость между пластической вязкостью и температурой характерна для упругих жестких материалов, примером которых являются небеленая сульфатная целлюлоза и древесная масса. Если для древесной массы в пределах чувствительности вискозиметра 0,1—0,15  $\pi\text{з}$  эта зависимость представлена в виде прямой линии (рис. 2, *e*), то для сульфатной целлюлозы при  $t = 40 \div 43^\circ\text{C}$  она разбивается на две части. Излом в кривой показателя пластической вязкости указывает на существование структурно-термического перехода в системе целлюлоза — вода.

Механизм этого превращения определяется структурными изменениями как самой целлюлозы, так и воды. Изменениями в молекулярной структуре воды объясняют anomальное поведение термодинамических и кинетических величин, полученных при интерпретации полярограмм солей хрома [4]. Эти величины испытывают anomальные изменения при  $t = 40^\circ\text{C}$ . Вблизи этой температуры наблюдается целый ряд anomальных явлений и у чистой воды. Так, при рентгеногра-

фических исследованиях при  $t = 40^\circ\text{C}$  было обнаружено исчезновение второго максимума на кривых рассеивания рентгеновских лучей. В ходе магнитной восприимчивости воды отмечена аномальная область в интервале температур  $35\text{--}55^\circ\text{C}$ . При температуре  $40^\circ\text{C}$  имеется излом в кривой показателя преломления воды. Угловой коэффициент коэффициента самодиффузии от  $1/T$  изменяется при  $t = 40^\circ\text{C}$ , что авторы объясняют преобразованием квазикристаллической тетраэдрической структуры воды в структуру с плотной упаковкой молекул.

Для целлюлозы структурные изменения были обнаружены при изучении влияния температуры на модуль эластичности бумаг, изготовленных из хлопковой и блененной сульфатной целлюлозы [6]. Измерения проводили методом звуковых импульсов в интервале температур  $-70 \div +375^\circ\text{C}$ . Модуль эластичности менялся в четырех температурных пределах, что, по мнению авторов, указывает на существование термических структурных преобразований, происходящих при следующих температурах:  $-20$ ,  $40$ ,  $130$  и  $200^\circ\text{C}$ . Наиболее четки превращения при  $-20$  и  $40^\circ\text{C}$ .

Совпадение температур аномального поведения воды и целлюлозы указывает на общность термоструктурных преобразований, которые наиболее четко проявляются при изучении реологических свойств целлюлозных суспензий. Эта общность обусловлена высокой степенью гидрофильности целлюлозы и присутствием в целлюлозных материалах так называемой «прочно связанной воды», которая оказывает большое влияние на бумагообразующие свойства волокон. Однако природа связей между водой и целлюлозой не изучена достаточно полно из-за сложного химического и структурного строения природной целлюлозы, а также из-за отсутствия теоретического объяснения многих аномальных свойств воды.

Термоструктурные изменения целлюлозы, протекающие в водной среде, открывают возможность воздействовать на надмолекулярное строение целлюлозы в целях улучшения ее физико-химических и физико-механических свойств для повышения качества бумажной продукции и интенсификации процессов химической переработки целлюлозы.

Таким образом, реологические свойства суспензии целлюлозы с концентрацией выше  $0,1\text{--}1,0\%$  характеризуются предельным напряжением сдвига и величиной пластической вязкости. Кривая вязко-температурной зависимости сульфатных небеленых целлюлоз, а также беленых и облагороженных целлюлоз, предварительно подвергшихся нагреванию, имеет излом, соответствующий температуре  $40\text{--}43^\circ\text{C}$ . Излом в кривой показателя пластической вязкости указывает на структурно-термические преобразования в системе целлюлоза — вода.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. М. П. Волярович, Д. П. Толстой. ЖФХ, т. 4, № 6, 1934, 315. [2]. Л. Е. Волков. Расчет потерь напора при движении бумажной массы в трубопроводах. Л., 1957. [3]. Ю. Н. Неленин. Технология целлюлозы. Т. II. Гослесбумиздат, М., 1963. [4]. А. В. Памфилов, А. И. Лопушинская, А. М. Балтер ЖФХ, т. 37, № 7, 1963, 1481. [5]. V. Goldsmith, I. De Long. «Appita», 12, 1959. [6]. M. Wabba, I. Kubbat. «Svensk Papperstidning» № 21, 1969, 687.

Поступила 11 июня 1973 г.

УДК 634.0.813

**СОСТАВ И СВОЙСТВА ЭКСТРАКЦИОННОЙ КАНИФОЛИ,  
ПОЛУЧЕННОЙ В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ**

А. Е. СОСНИН, Л. А. МАЛЮТИНА, М. М. ЗАГУЛЯЕВА

Архангельский лесотехнический институт

Приведены результаты определения показателей качества канифоли, извлеченной из осмольной щепы этиловым эфиром и бензином.

Качество экстракционной канифоли в большой мере определяется составом смолистых веществ перерабатываемого сырья и условиями ее извлечения. К числу факторов, способных влиять на некоторые качественные показатели канифоли, можно отнести и частичное нарушение природной структуры древесины перед извлечением канифоли.

В настоящее время имеются определенные перспективы промышленного внедрения гладковалковых дробилок или аналогичных механизмов для дополнительной обработки осмольной щепы перед экстракцией. Такая обработка позволяет увеличить коэффициент извлечения канифоли до 90%, а возможно и больше.

Можно было предположить, что канифоль, полученная с высоким выходом, несколько отличается по качеству от обычной канифоли. Нами проведена работа по определению показателей качества канифоли, выделенной из свежей осмольной щепы этиловым эфиром, а также бензином в лабораторных и заводских условиях (сюда включены и образцы канифоли, извлеченной из деформированной щепы).

Как известно, этиловый эфир в нашей стране принят в качестве стандартного растворителя для определения содержания канифоли в осмоле. По извлеченной эфиром канифоли судят о составе и свойствах исходных нелетучих смолистых веществ сырья. С целью сравнения были получены и охарактеризованы образцы канифоли, выделенной из заводской отработанной щепы (остаточная канифоль).

Для опытов использовали пробы щепы, отобранные в разное время на двух заводах. Отбор проб с НДСЭ был сделан Л. А. Малютиной во время производственных испытаний экстрактора в июле 1972 г. Показатели качества щепы приведены в табл. 1.

Извлечение канифоли этиловым эфиром проводили в экстракторе Иванова дефлегмационным методом с загрузкой щепы прямо в корпус аппарата на металлическую сетку; экстрагирование бензином — в несколько видоизмененном аппарате. Между корпусом экстрактора и обратным холодильником устанавливали ловушку для выделения воды из конденсата (рис. 1). Для этого опыта брали пробу щепы № 5 (табл. 1), дважды обработанную на гладковалковой дробилке [5]. Продолжительность экстрагирования 6 час, коэффициент извлечения 92,5%, остаточная канифоль 1,9%. Полученные эфирные и бензиновые экстракты упаривали, а затем использовали для варки канифоли при атмосферном давлении, конечной температуре 170°C, до полного прекращения выделения летучих. После окончания варки горячую канифоль вакуумировали для удаления влаги.

Таблица 1

№ пробы	Место отбора пробы щепы	Влажность, %	Летучие, % к абс. сухой древесине	Канифоль, % к абс. сухой древесине
1	Завод «Вахтан»	27,0	4,2	28,0
2	" " "	21,4	3,0	21,6
3	" " (НДЭ)	14,4	4,1	26,7
4	Нейво-Рудянский завод	26,2	3,7	28,9
5	" " "	21,3	3,2	26,4
6	Завод «Вахтан»	6,5	0,32	5,5
7	" " (НДЭ)	12,1	0,30	3,9

Примечание. НДЭ — непрерывнодействующий экстрактор ЦНИЛХИ [4]. Пробы 6 и 7 — отработанная щепа.

Таблица 2

№ образца канифоли	№ пробы щепы (по табл. 1)	Цвет по шкале эталонов	Температура размягчения, °С	Кислотное число, мг КОН/г канифоли	Окисленные вещества, % к канифоли,		Групповой состав канифоли				Примечание
					не растворимые в горячем бензине	растворимые в бензине при нагревании	неомыляемые	окисленные	смоляные кислоты	жирные кислоты	
1	1	Е	50,0	147,6	9,20	3,94	7,43	19,81	61,87	8,04	Экстракция эфиром
2	2	Е	52,5	150,2	7,40	5,56	7,51	20,45	61,98	8,82	" "
3	3	Е	54,4	150,0	6,30	3,14	7,58	11,87	68,80	10,25	" "
4	4	Е	53,4	148,0	8,76	3,71	5,45	16,41	66,99	8,33	" "
5	6	Д	56,2	143,0	13,75	3,98	6,25	32,12	52,46	8,67	" "
6	7	Д	54,9	135,0	32,70	5,22	6,20	55,17	29,11	5,21	" "
7	5	Е	51,3	151,4	1,42	2,42	7,07	7,30	77,05	9,81	Лабораторная экстракция бензином
8	—	Е	54,8	153,2	1,71	2,31	6,42	4,73	72,53	11,94	Заводские образцы канифоли
9	—	Е	52,7	153,3	0,94	1,59	7,76	7,27	74,90	10,47	Заводские образцы канифоли

Примечание. Образцы 5 и 6 — канифоль из отработанной щепы завода «Вахтан»; 8 — канифоль Нейво-Рудянского завода; 9 — канифоль завода «Вахтан».



Рис. 1. Схема установки для извлечения канифоли бензином.

1 — приемная колба; 2 — корпус экстрактора; 3 — переходник; 4 — ловушка; 5 — холодильник; 6 — термометр; 7 — глицериновая баня.

По ГОСТу 797—64 [2] и по методике определения группового состава [1] было исследовано 12 различных образцов канифоли, в том числе канифоль заводского получения, а также сваренная в лаборатории из заводских проб упаренной мисцеллы.

Окисленные вещества в канифоли определяли при групповом анализе, а также по специальной методике с разделением на две фракции. С этой целью навеску канифоли заливали определенным объемом бензина БР-1 (100 мл на 5 г канифоли) и кипятили в течение двух часов, после чего горячий бензиновый раствор сливали в другую колбу и охлаждали. Вещества, не растворимые в кипящем бензине и выпавшие из раствора при охлаждении, определяли отдельно. Для сравнения определяли сумму окисленных без разделения на фракции, причем разница между двумя результатами не превышала 1,0% (абс.).

Основные показатели качества канифоли приведены в табл. 2. Для канифоли, извлеченной из свежей щепы этиловым эфиром и бензином, многие показатели близки между собой (температура размягчения, цвет, неомыляемые вещества, жирные кислоты). Кислотное число канифоли, выделенной этиловым эфиром, несколько ниже, чем у заводских образцов. У канифоли, выделенной из отработанной щепы, кислотные числа заметно ниже, чем у извлеченной бензином или эфиром из свежей щепы. В опыте лабораторной экстракции деформированной щепы бензином оставшаяся в щепе канифоль имела кислотное число 132,8. Низкое кислотное число канифоли, извлеченной из отработанной щепы, отмечалось и ранее [3], поэтому при небольшой остаточной смолистости отработанной щепы (4—2%) более правильные результаты даст весовой метод определения канифоли.

Для канифоли, выделенной из свежей щепы эфиром или бензином, наибольшее различие наблюдается в содержании окисленных веществ. Так, в заводских и лабораторных образцах канифоли, извлеченной бензином, количество нерастворимых в бензине в 3—5 раз меньше, чем в первых образцах канифоли. Близкие к этим показатели имела и канифоль, полученная в лаборатории из упаренной мисцеллы. Канифоль, выделенная эфиром, содержала в среднем около 8% окисленных, не растворимых в бензине, при кипячении, тогда как в заводских образцах канифоли было всего 0,94—1,71% таких веществ, а

в канифоли, извлеченной из деформированной щепы в лаборатории, — 1,42%.

Эти результаты позволяют судить не только о существенном различии в составе канифоли, выделенной разными растворителями, но они также хорошо объясняют наблюдавшуюся нами ранее зависимость, по которой даже многократная обработка осмольной щепы на валковой дробилке не позволяет существенно увеличить выход канифоли свыше 90—92% [6]. К этому моменту основным фактором, затрудняющим процесс дальнейшего извлечения канифоли, становится уже не столько структура древесины, сколько плохая растворимость в бензине оставшейся в щепе канифоли. При коэффициенте извлечения 92,5% количество таких окисленных веществ в канифоли отработанной щепы составляло 68% от канифоли.

Количество веществ, не растворимых в бензине, в щепе к моменту начала экстракции, по-видимому, несколько меньше, чем в канифоли после варки. Канифоль, выделенная бензином в лабораторных условиях (образец 7 в табл. 2), по качеству близка к заводским образцам, а показатель цветности, вследствие применения стеклянной аппаратуры, даже выше. Это дает основание утверждать, что деформирование щепы на валковых дробилках не оказывает заметного влияния на качество канифоли, экстрагируемой бензином. Главный фактор, определяющий состав извлекаемой из осмола канифоли, — природа применяемого растворителя.

Результаты проведенной работы позволяют сделать вывод, что при экстракции бензином коэффициент извлечения канифоли ограничен ее растворимостью в бензине при данных условиях.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. И. Вершук, Н. А. Гурич. Методы анализа сырья и продуктов канифольно-скипидарного производства. Гослесбумиздат, М.—Л., 1960. [2]. Канифоль сосновая. ГОСТ 797—64, М., 1964. [3]. И. П. Коленко, В. Н. Козлов. Исследование продуктов экстракции осмола бензином. Журн. «Гидролизная и лесохимическая промышленность», № 8, 1956. [4]. В. И. Лисов. Непрерывнодействующий экстрактор конструкции ЦНИЛХИ. Лесохимия и подсочка. Сборник реферативной информации № 10, ВНИПИЭИЛеспром, 1970. [5]. А. Е. Соснин, В. А. Шишкин, Я. Н. Попов. Установка для обработки осмольной щепы перед экстракцией. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 6, 1971. [6]. А. Е. Соснин, Л. А. Маслютина, В. А. Шишкин. Извлечение канифоли из осмольной щепы, обработанной на гладковалковой дробилке ДВГ. Лесохимия и подсочка. Реферативная информация, 4, ВНИПИЭИЛеспром, 1971.

Поступила 5 февраля 1973 г.

УДК 634.0.866:543.544.45

## О ХИМИЧЕСКОМ СОСТАВЕ СКИПИДАРОВ ИЗ ЖИВИЦЫ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ СОСЕН ОБЫЧНОГО И ОДНОРАЗОВОГО СБОРОВ

И. И. БАРДЫШЕВ, Б. Г. УДАРОВ, А. Н. БУЛГАКОВ

Институт физико-органической химии АН БССР

В. П. КУЛАГИН

Сибирская ЗОС ЦНИЛХИ

Изучен химический состав скипидаров из живицы обычных и одноразовых сборов от индивидуальных деревьев сосны обыкновенной лесной и сосны обыкновенной сибирской, резко отличающихся химическим составом продуцируемых ими скипидаров.

Ранее [2], [3] было показано, что в средних образцах живицы одноразового сбора, полученных от большого числа деревьев, содержание в скипидарах  $\alpha$ -пинена уменьшается, а  $\Delta^3$ -карена — увеличивается по сравнению с содержанием этих компонентов в скипидарах из живицы обычных сборов. Эта закономерность наблюдалась при подсочке как с химическим воздействием, так и без него [3].

Настоящее исследование посвящено изучению состава скипидаров не из средних образцов живицы, а из живицы обычного и одноразового сборов с индивидуальных сосен. Подсочке подвергали деревья Раковского лесничества Белорусской ССР (деревья подвита сосна обыкновенная лесная *Pinus silvestris* L. ssp. *silvestris* L.; состав 10С, возраст 90 лет, средний диаметр ствола 32 см, класс бонитета III) и Тулунского лесхоза Иркутской области — Сибирской ЗОС ЦНИЛХИ (деревья подвита сосна обыкновенная сибирская *Pinus silvestris* L. ssp. *sibirica* Ldb.; состав 10С, возраст 160 лет, средний диаметр ствола 40 см, класс бонитета III).

Брали разновидности сосен, продуцирующих живицу с высоким содержанием в скипидарах  $\alpha$ -пинена (сосны  $\alpha$ -пиненистые),  $\beta$ -пинена (сосны  $\beta$ -пиненистые),  $\Delta^3$ -карена (сосны каренистые) и с составом скипидара, близким к среднему составу отечественных промышленных живичных скипидаров (сосны обычные).

Подсочку производили нисходящим способом путем закладки угловых двухсторонних карр. С одной карры живицу отбирали обычным способом (с 3 по 17 июня 1970 г.) в конический приемник, изготовленный из полиэтилена низкого давления, а со второй — один раз в конце сезона подсочки в приемник, изготовленный из полиэтиленовой пленки.

Скипидары из живицы отгоняли острым водяным паром при 100°C по методике, приведенной в ГОСТе [4]. Анализ проводили методом газо-жидкостной хроматографии [1]. Состав сесквитерпенов и кислородпроизводных терпенов, содержащихся в скипидарах в небольших количествах, не изучали. Определяли, но не принимали в расчет монотерпены, присутствовавшие в скипидарах в количествах менее 0,1% (трициклен,  $\alpha$ - и  $\gamma$ -терпинен, цис- и транс-аллооцимены, *n*-цимол).

В табл. 1 приведены средние арифметические значения состава скипидаров, выделенных из живицы обычного и одноразового сборов с трех деревьев различных форм сосны (Раковское лесничество), а в табл. 2 — данные состава скипидаров из живицы обычных сосен, добытой при подсочке с применением химического воздействия и без него (Сибирская ЗОС ЦНИЛХИ).

Таблица 1

Монотерпены	Состав скипидаров. %, из живицы сосен							
	$\alpha$ -пинени- стых	средняя разница	$\beta$ -пинени- стых	средняя разница	$\Delta^3$ -каре- ни- стых	средняя разница	обычных	средняя разница
$\alpha$ -пинен	94,0	-0,1	44,6	-2,9	41,6	-2,1	67,0	-6,6
	93,9		41,7		39,5		60,4	
Камфен	1,1	-0,2	0,7	-0,2	0,7	0	1,0	0
	0,9		0,5		0,7		1,0	
$\beta$ -пинен	2,2	-0,5	30,6	+1,6	2,6	-0,3	1,6	+0,1
	1,7		32,2		2,3		1,7	
$\Delta^3$ -карен	0,4	+0,4	19,2	+0,1	46,5	+1,3	22,6	+3,8
	0,8		19,3		47,8		26,4	
$\beta$ -мирцен	0,5	+0,3	1,5	+0,5	2,3	-0,4	1,6	+0,6
	0,8		2,0		1,9		2,2	
Дипентен	1,2	+0,2	0,8	0	0,9	+0,4	1,2	+0,9
	1,4		0,8		1,3		2,1	
$\beta$ -фелландрен	0,6	-0,1	0,9	+0,3	0,6	+0,4	3,1	-0,2
	0,5		1,2		1,0		2,9	
Терпинолен	—	—	1,7	+0,6	4,8	+0,7	1,9	+1,4
			2,3		5,5		3,3	

Примечание. В числителе данные для обычного сбора; в знаменателе — для одноразового.

Из данных табл. 1 видно, что составы скипидаров из живицы обычного и одноразового сборов  $\alpha$ -пиненистых сосен существенно не отличаются друг от друга. Для  $\beta$ -пиненистых, каренистых и обычных сосен количество  $\alpha$ -пинена во втором скипидаре уменьшается по сравнению с первым и увеличивается содержание менее летучих, чем  $\alpha$ -пинен, терпенов:  $\beta$ -пинена,  $\Delta^3$ -карена и терпинолена. Для обычных сосен заметно уменьшается количество  $\alpha$ -пинена (6%) в скипидаре из живицы одноразового сбора.

Можно было предположить, что сравнительно долгое хранение живицы одноразового сбора на свету в присутствии стимуляторов смолы выделения существенно изменит химический состав скипидара по сравнению с таковым из живицы обычного сбора. Однако даже при применении для подсочки такого агрессивного по отношению к терпенам вещества, как концентрированная серная кислота, изменение в составе скипидаров такое же, как и в случае подсочки без применения химического воздействия (табл. 2).

При применении химически мало активных реагентов, таких как 2,4-дихлорфеноксиуксуснокислый натрий (2,4-Д) и сульфитно-дрожжевая бражка, это изменение даже меньше, чем в случае обычной подсочки. По-видимому, этот факт объясняется тем, что стимуляторы смо-

Таблица 2

Монотерпены	Состав скипидаров, %, в случае применения						Состав скипидаров, %, без применения химического воздействия	Средняя разница
	конц. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , загущенной капроном	средняя разница	2,4-D	средняя разница	сульфитно-дрожжевой бражки	средняя разница		
α-пинен	64,6	-5,8	65,8	-3,8	51,4	-3,6	64,0	-6,2
	58,8		62,0		50,8			
Камфен	0,8	-0,1	1,2	-0,4	0,4	+0,1	0,9	-0,3
	0,7		0,8		1,3		0,6	
β-пинен	1,5	-0,8	1,8	-0,9	1,2	+1,2	1,7	+1,1
	0,7		0,9		2,4		2,8	
Δ <sup>3</sup> -карен	27,1	+3,8	23,2	+5,5	35,5	+0,7	24,3	+3,8
	30,9		28,7		36,2		28,1	
β-мирцен	1,2	+0,8	1,9	+0,1	1,8	+0,6	1,6	+0,2
	2,0		2,0		2,4		1,8	
Дипентен	0,8	+0,3	1,4	0	1,0	-0,1	1,0	+0,2
	1,1		1,4		0,9		1,2	
β-фелландрен	1,5	+0,1	1,5	-0,6	1,7	+0,1	4,1	0
	1,6		0,9		1,8		4,1	
Терпинолен	2,5	+1,7	3,2	+0,1	4,0	+0,9	2,4	+1,2
	4,2		3,3		4,9		3,6	

Примечание. В числителе данные для обычного сбора; в знаменателе — для одноразового.

ловыделения резко увеличивают количество живицы, выделяющейся из раны сосны; в этом случае влияние испарения летучих компонентов скипидара из живицы в меньшей степени сказывается на изменении его количественного химического состава. К тому же, количество применяемых при подсочке хвойных стимуляторов смолы выделения по отношению к весу живицы невелико, растворимость их в живице незначительна, поэтому они практически не влияют на изменение количественного состава живичного скипидара.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. И. И. Бардышев, Б. Г. Ударов, А. Н. Булгаков, Л. В. Гордон. Химический состав скипидаров, вырабатываемых лесохимическими заводами в разное время года. Журн. «Гидролизная и лесохимическая промышленность» № 8, 1971. [2]. Н. Н. Беляева, В. А. Иванов, Г. В. Оловенников. Основные направления рационализации сбора живицы. Журн. «Гидролизная и лесохимическая промышленность» № 8, 1968. [3]. К. П. Веденеев. Исследование химического состава скипидаров методом газо-жидкостной хроматографии. Сборник трудов ЦНИЛХИ, вып. 17, изд-во «Лесная промышленность», М., 1966. [4]. Живица сосновая. ГОСТ 10271-62.

Поступила 16 апреля 1973 г.

## КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

УДК 65.011.56

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ ИЗМЕНЕНИЯ СТАТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ В КОЛЛЕКТОРЕ УНИВЕРСАЛЬНОЙ ПНЕВОТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ С РЕГУЛИРУЕМОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ

Г. Ф. КОЗОРИЗ

Львовский лесотехнический институт

В результате проведенных исследований получена зависимость между скачком статического давления и его номинальной величиной и измерена скорость протекания процесса. Сделаны выводы о влиянии переходных процессов на работоспособность пневмотранспортных систем с регулируемой производительностью.

Работоспособность и надежность датчиков систем автоматического регулирования пневмотранспортных систем с регулируемой производительностью во многом определяются воздействием на датчики переходных процессов изменения статического давления в коллекторе при выключении или включении ответвлений.

Наиболее перспективное направление для исследования переменных давлений — применение тензометрии. В литературе описано несколько конструкций мембранных тензометрических датчиков, предназначенных для давлений 5000—10 000 кг/м<sup>2</sup> и выше; для давлений 50—200 кг/м<sup>2</sup> эти конструкции не пригодны.

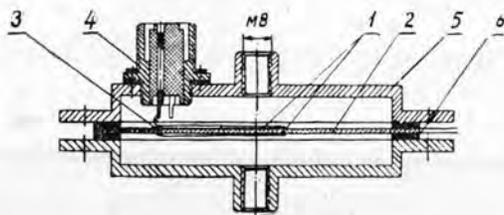


Рис. 1.

В связи с этим нами была разработана конструкция мембранного тензометрического датчика для малых давлений (рис. 1). Датчик состоит из тензометров сопротивления 1, наклеенных на мембрану 2 и подсоединенных к выводному разьему 4 через контакты 3. Мембрана помещена в герметичный корпус 5, состоящий из двух симметричных фланцев, уплотняемых резиновыми прокладками 6, соединенными с помощью болтов. Диаметр мембраны, изготовленной из фосфористой бронзы, равен 50 мм. Статическое давление отводили через отверстия в стенке коллектора с помощью укрепленного на нем специального

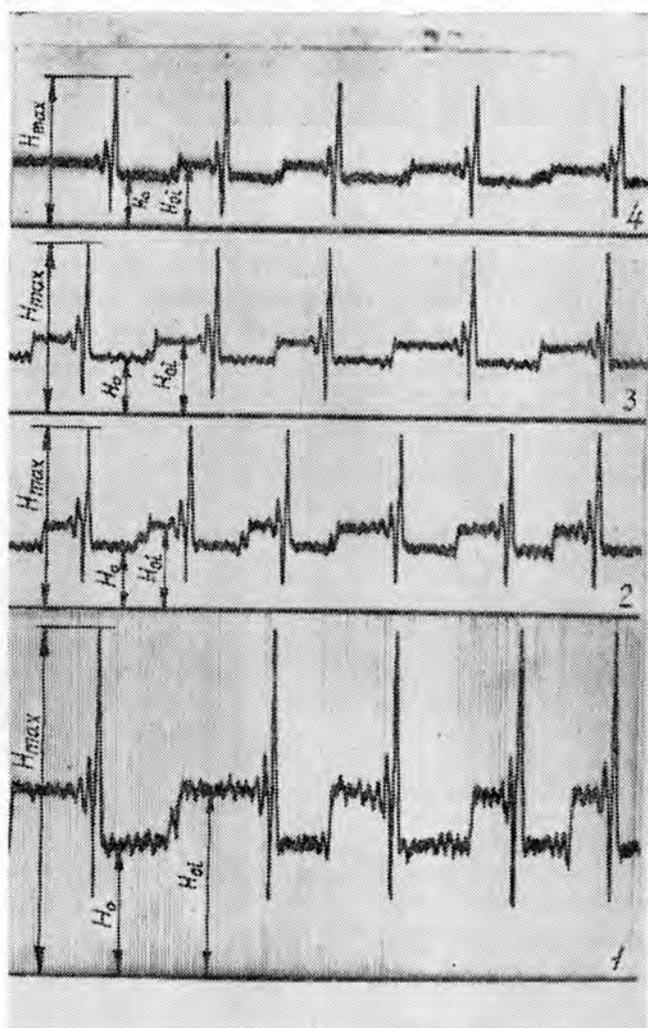


Рис. 2. Осциллограммы процесса выключения ответвлений.

штуцера. Мембранный датчик навинчивали непосредственно на штуцер.

С помощью этого датчика и усилителя 8АНЧ-7А на осциллографе Н-700 был записан (рис. 2) переходный процесс изменения статического давления в коллекторе экспериментальной пневмотранспортной установки с регулируемой производительностью\* при выключении и включении трубопроводов-ответвлений к приемникам станков. Одновременно включали одно, два, три и четыре ответвления. Измерения производили при номинальных статических давлениях  $H_0$ , равных 30;

\* А. И. Гофман, А. И. Бордюг, Г. Ф. Козориз. Регулируемые пневмотранспортные установки для деревообрабатывающей промышленности. Сб. «Комплексная механизация и автоматизация подъемно-транспортных работ в лесной и деревообрабатывающей промышленности». Всесоюзное научно-техническое совещание. Доклады, часть III, МЛТИ, М., 1970.

36; 44; 68 кг/м<sup>2</sup> (дан/м<sup>2</sup>), и производительностях  $Q$ , соответственно равных 5970; 6630; 7250; 8380 м<sup>3</sup>/час.

Как видно из осциллограмм, в момент выключения ответвлений статическое давление в магистральном трубопроводе делает значительный скачок (увеличивается), после чего резко падает до величины нормального изменения статического давления, соответствующего производительности одновременно выключенных ответвлений, а при включении переходный процесс проходит без заметного скачка.

Эти явления можно объяснить с позиции теории гидравлического удара, разработанной Н. Е. Жуковским. Известно, что сила гидравлического удара увеличивается с уменьшением длительности перекрытия потока или поднятия в нем давления. Продолжительность полного перекрытия потока равна длительности срабатывания шиберов, а продолжительность поднятия давления зависит от длительности формирования потока. В экспериментальной установке применяли шиберы с малой производительностью срабатывания, равной 0,12 сек. Несомненно, что длительность формирования потока из неподвижного воздуха значительно больше и, очевидно, недостаточна для возбуждения большой ударной волны. Продолжительность максимального скачка 0,2—0,3 сек (полосы отметчика времени через 0,1 сек).

Для достоверности записи быстропеременных процессов необходимо, чтобы частота собственных колебаний датчика была не менее чем в 10 раз больше частоты процесса. Из осциллограмм (рис. 2) видно, что частота колебаний процесса

$$\nu = \frac{\omega}{T} = \frac{0,2}{0,4} = 5 \text{ гц},$$

где  $\omega$  — количество колебаний;

$T$  — время.

Собственную частоту колебаний мембраны датчика определяли по осциллограмме (рис. 3) колебаний мембраны, выведенной из равновесия резким изменением нагрузки. Как видно из осциллограммы, между двумя полосами отметчика времени, идущими через каждые

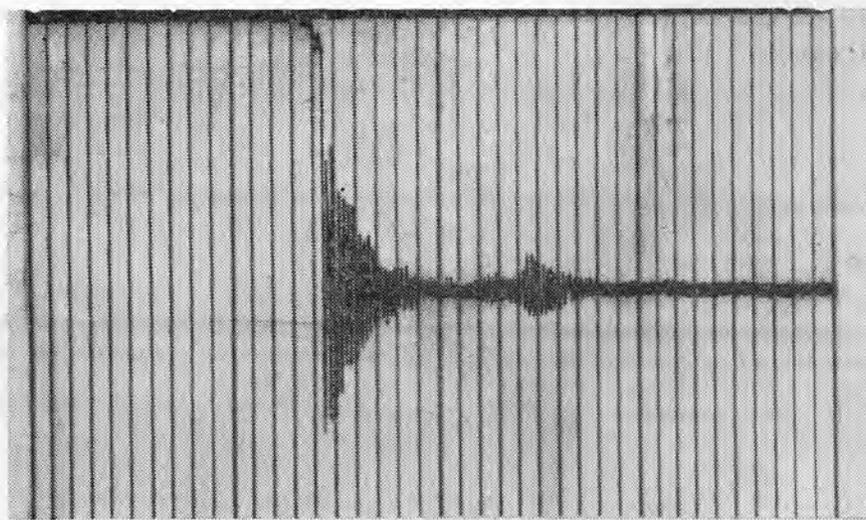
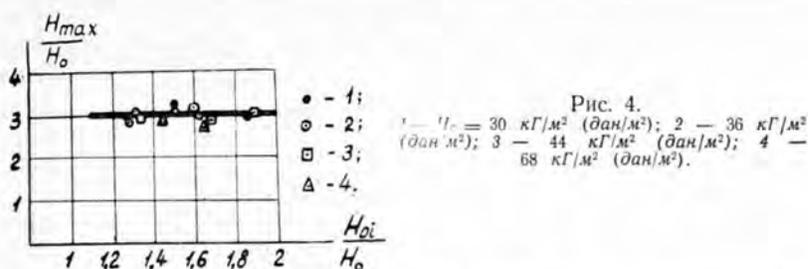


Рис. 3.



0,01 сек, помещается 5 колебаний. Тогда собственная частота датчика  $\nu = 500$  гц.

Следовательно, собственная частота мембраны датчика в 10 раз больше минимально допустимой.

На основании проведенных экспериментов был построен график (рис. 4) зависимости относительной величины максимального скачка статического давления  $\frac{H_{max}}{H_0}$  от относительного изменения статического давления  $\frac{H_{oi}}{H_0}$  в коллекторе при выключении ответвлений ( $H_{oi}$  — статическое давление в коллекторе при любом режиме работы пневмотранспортной установки).

Из графика видно, что все точки, независимо от режима работы и номинального статического давления, располагаются вдоль прямой, параллельной оси абсцисс. На основании этого можно сделать вывод, что величина скачка статического давления зависит, в основном, от величины номинального статического давления.

Поступила 22 января 1973 г.

УДК 62-52

## ОЦЕНКА ОПТИМАЛЬНОСТИ ВАРИАНТОВ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ЛИНИЙ

Д. Л. ДУДЮК

Львовский лесотехнический институт

На основании результатов математического моделирования процесса работы автоматизированных линий разработана методика определения количественных показателей экономической эффективности различных вариантов компоновки линий. Полученные аналитические зависимости и построенная по ним номограмма позволяют с минимальными затратами времени определить оптимальную емкость буферных устройств и выбрать оптимальный вариант автоматизированной линии.

Автоматизированные линии с жесткой связью технологических агрегатов наиболее просты и дешевы, но взаимное влияние жестко соединенных агрегатов значительно снижает надежность линий, их общую производительность. Применение буферных устройств для гибкой связи между агрегатами существенно повышает надежность автоматизированных линий, коэффициент их использования, производительность. Эти показатели находятся в прямой зависимости от емкости буферных устройств и от соотношения параметров технологических агрегатов и определяются методами теории массового обслуживания [1]. Производительность автоматизированных линий особенно воз-

растает при увеличении емкости буферных устройств, но при этом значительно повышаются общая стоимость линий и эксплуатационные расходы. Поэтому схемы компоновки автоматизированных линий, тип и параметры технологических агрегатов и буферных устройств следует выбирать из условий не максимальной, а оптимальной производительности системы машин.

В настоящее время экономическую эффективность новой техники определяют по приведенным затратам [3], [4]. Оптимальным считается такой вариант автоматизированной линии, при котором достигается минимум удельных приведенных затрат

$$Z = \frac{K + T(C + C_3)}{Q}, \quad (1)$$

где  $K$  — капитальные вложения по каждому варианту;

$C$  — годовые текущие затраты на материалы, инструмент, электроэнергию, амортизацию основных фондов;

$C_3$  — годовая заработная плата с отчислениями на социальное страхование;

$T$  — нормативный срок окупаемости капитальных вложений;

$Q$  — годовой выпуск продукции.

Оптимальные параметры технологических агрегатов и буферных устройств и оптимальные варианты автоматизированных линий выбираем на основании сравнительного анализа, приняв за базовый вариант линию с жесткими связями. Вторым сравниваемым вариантом — линия, разделенная на  $u$  участков буферными устройствами емкостью  $M$  заготовок. При этом для второго варианта относительное изменение удельных приведенных затрат

$$\eta = \frac{Q}{Q_r} \cdot \frac{K_r + T(C_r + C_{3r})}{K + T(C + C_3)}. \quad (2)$$

Для аналитического определения оптимального варианта автоматизированной линии необходимо установить зависимость удельных приведенных затрат от параметров технологических агрегатов и буферных устройств для различных типов оборудования.

Капитальные вложения на линию, состоящую из  $a$  агрегатов и разделенную на  $u$  участков ( $u - 1$ ) буферными устройствами емкостью  $M$ , выражаются

$$K_r = K \left[ 1 + \frac{a}{a} (u - 1) M \right], \quad (3)$$

где  $K \frac{a}{a}$  — капитальные вложения на одно буферное устройство единичной емкости;

$\alpha$  — относительные капитальные вложения на одно буферное устройство единичной емкости по сравнению со средними капитальными вложениями на один агрегат в линии.

Для второго варианта величина текущих эксплуатационных затрат

$$C_r = C [1 + l(u - 1) M], \quad (4)$$

где  $l = \frac{C_B}{C}$  — относительные эксплуатационные расходы на буферное устройство единичного объема.

Увеличение заработной платы на обслуживание линии с гибкими связями пропорционально возрастанию числа рабочих. При норме обслуживания  $b$  агрегатов на одного рабочего и  $s$  буферных устройств

единичной емкости заработная плата на обслуживание линии второго варианта

$$C_{3r} = C_3 \left( 1 + \frac{u-1}{as} b M \right).$$

При разделении автоматизированной линии на  $u$  участков буферными устройствами емкостью  $M$ , с учетом выражений (3), (4) и (5), снижение удельных приведенных затрат

$$\eta = \frac{1}{q} \left[ 1 + \frac{\frac{a}{a} K + T(CI + C_3 \frac{b}{as})}{K + T(C + C_3)} (u-1) M \right], \quad (6)$$

где  $q = \frac{Q_r}{Q}$  — коэффициент увеличения производительности линии.

При жестком соединении агрегатов среднее значение коэффициента использования их на лесопромышленных предприятиях составляет величину менее 0,67 [2]. Для таких линий целесообразно выбирать число участков, равное количеству агрегатов в них [5], то есть  $u = a$ , тогда

$$\eta = \frac{1 + Z_0(a-1)M}{q}, \quad (7)$$

где  $Z_0 = \frac{\frac{a}{a} K + T(CI + C_3 \frac{b}{as})}{K + T(C + C_3)}$ ;

$Z_0$  — отношение приведенных затрат для буферного устройства единичной емкости к приведенным затратам для базового варианта линии, то есть относительные приведенные затраты на буферное устройство единичной емкости.

Увеличение производительности сравниваемых вариантов автоматизированных линий определяют на основании зависимостей коэффициента использования рабочего времени агрегатов от емкости буферных устройств между ними [2]. В общем случае для автоматизированной линии, состоящей, например, из двух агрегатов [1], коэффициент увеличения ее производительности

$$q = \frac{\mu^{M+2} - 1}{\mu^{M+3} - 1} \cdot \frac{\mu^3 - 1}{\mu^2 - 1}, \quad (8)$$

где  $\mu$  — отношение номинальных производительностей агрегатов.

В случае одинаковой номинальной производительности агрегатов

$$q = 1,5 \cdot \frac{M+2}{M+3}. \quad (9)$$

На основании зависимостей (7), (8) и (9) для сравниваемого варианта линии с агрегатами различной производительности получаем относительное снижение удельных приведенных затрат

$$\eta = \frac{1 + Z_0(a-1)M}{\frac{\mu^3 - 1}{\mu^2 - 1} \cdot \frac{\mu^{M+2} - 1}{\mu^{M+3} - 1}}; \quad (10)$$

для линии с агрегатами одинаковой производительности

$$\eta = \frac{1 + Z_0 \cdot M}{1,5 \cdot \frac{M+2}{M+3}}. \quad (11)$$

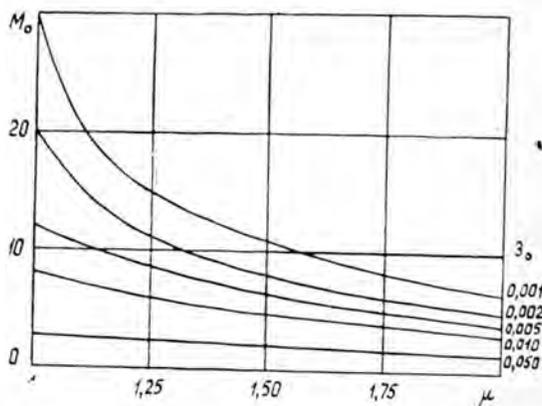


Рис. 1.

Пользуясь выражениями (10) и (11), определяем оптимальную емкость буферных устройств, при которой приведенные затраты на единицу продукции минимальны. Величина этой емкости зависит от соотношения производительностей агрегатов  $\mu$  и относительных приведенных затрат для буферных устройств. В частности, для двух агрегатов одинаковой производительности оптимальная емкость буферного устройства

$$M = \sqrt{\frac{1}{Z_0} - 2} - 2. \quad (12)$$

На основании формул (10), (11) и (12) построена номограмма (рис. 1) для выбора оптимальной емкости буферных устройств при различных вариантах автоматизированных линий. Для этого сначала необходимо вычислить отношение производительностей агрегатов  $\mu$ , выбрать тип буферного устройства и определить относительные приведенные затраты  $Z_0$  для буферного устройства этого типа единичной емкости. По графику (рис. 1) находим оптимальную емкость буферного устройства для полученных значений  $\mu$  и  $Z_0$ .

В качестве примера определим оптимальную емкость буферного устройства типа ПРХ-2, установленного между сучкорезной линией ПСЛ-ЦНИИМЭ и линией раскряжевки хлыстов ПЛХ-3 главной поточной линии лесопромышленного предприятия. Отношение производительности ПСЛ к производительности ПЛХ-3 равно 1,45. Для буферного устройства единичной емкости относительные приведенные затраты  $Z_0 = 0,0028$ . Для приведенных значений  $\mu$  и  $Z_0$  по графику (рис. 1) определяем емкость буферного устройства  $M = 8$ . Для этой линии оптимально буферное устройство типа ПРХ-2 емкостью на 8 хлыстов.

Аналогично для других вариантов линии вычисляют удельные приведенные затраты и оптимальную емкость буферных устройств, различающихся типом и основными параметрами используемого производственного оборудования. По минимуму удельных приведенных затрат выбирают оптимальный вариант автоматизированной линии.

По предложенной методике, используя результаты математического моделирования автоматизированных линий методами теории массового обслуживания и статистических испытаний, можно определять количественные показатели экономической эффективности различных вариантов компоновки линий (рост производительности линии, снижение удельных приведенных затрат) и выбирать оптимальные параметры используемого в них оборудования и оптимальные варианты автоматизированных линий.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Д. Л. Дудюк. Математическое описание процесса работы автоматизированных поточных линий. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 1972. [2]. Д. Л. Дудюк. Статистическое моделирование автоматизированных линий. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 1973. [3]. Б. С. Петров. Организация и планирование производства на деревообрабатывающих предприятиях. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1970. [4]. Типовая методика определения экономической эффективности капитальных вложений. Утверждена постановлением Госплана СССР, Госстроя СССР и Президиума АН СССР от 8 сентября 1969 г.хозяйственная реформа в СССР. Изд-во «Правда», М., 1969. [5]. Г. А. Шаумян, М. М. Кузнецов, Л. И. Волчекевич. Автоматизация производственных процессов. Изд-во «Высшая школа», М., 1967.

Поступила 28 апреля 1973 г.

УДК 634.0.378.33

## РАСЧЕТ ПОТРЕБНОСТИ ТОРМОЗНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ОСТАНОВКИ ПЛОТОВ В ПУНКТАХ ПРИБЫТИЯ МЕТОДАМИ ТЕОРИИ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

К. А. ЧЕКАЛКИН

Архангельский лесотехнический институт

Методами теории массового обслуживания на примере рейдов приплыва в устье Северной Двины решается задача обеспечения степени надежности (вероятности) остановки плотов устройствами для остановки плотов при различном их количестве и различной производительности.

В связи с экономическим обоснованием рациональных конструкций устройств для остановки плотов в пунктах прибытия [6], [7] возникла задача определения потребности этих устройств. Решение задачи осложнено, прежде всего, тем, что потоки плотов в пункты прибытия не имеют регулярного характера, ибо интервалы времени между поступающими плотами различны и величина их случайна.

Известны примеры, когда подобного рода задачи решают путем деления средней интенсивности поступления требований на среднюю интенсивность их обслуживания с введением различного рода поправочных коэффициентов, в том числе и на неравномерность поступления требований. Точность таких расчетов обычно не внушает доверия потому, что получение достоверных значений поправочных коэффициентов требует длительных наблюдений за фактическим ходом стохастического по своей сути процесса, что не всегда возможно. Так, например, когда речь идет о создании новых тормозных средств, невозможно провести наблюдения за процессом остановки.

В нашей работе задачу по определению потребности в тормозных средствах решаем методами теории массового обслуживания. В задаче использованы статистические данные по поступлению плотов в Архангельский порт за пять лет с 1968 г. по 1972 г.

Следуя известным работам по теории массового обслуживания [1], [2], [4], [5], поступление плотов в пункт прибытия можно рассматривать как поток заявок, нуждающихся в обслуживании.

С достаточным основанием можно считать, что такой поток, в соответствии с понятиями теории массового обслуживания, обладает необходимыми свойствами простейшего потока: однородностью, стационарностью, отсутствием последствий, ординарностью.

Однородность таких событий как поступление плотов в порт, не требует доказательств. Что касается остающихся трех свойств, кото-

рые и определяют простейший поток, то в доказательство их можно сказать следующее.

Как известно ([1], стр. 510), для простейшего потока наиболее существенно свойство отсутствия последствий, то есть свойство, при котором заявки поступают в систему независимо друг от друга. Поступление отдельных плотов в пункты прибытия по времени ни в коей мере не связано между собой. Кроме того, как будет показано далее, поток плотов, в частности, в Архангельский порт, является пуассоновским; это надежный признак наличия рассматриваемого свойства.

Свойство ординарности очевидно, поскольку плоты буксируются и прибывают в пункт поступления поодиночке. Обработка статистических данных по Архангельскому порту показала, что случаев одновременного поступления двух плотов за пять лет не было вообще.

Поток событий считается стационарным, если вероятность попадания того или иного числа событий на участок времени  $t$  зависит только от длины участка и не зависит от того, где именно на оси времени расположен этот участок.

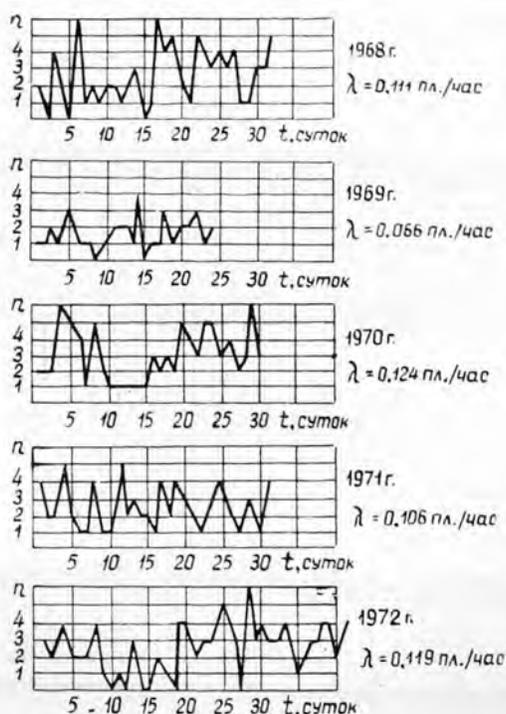


Рис. 1.

На рис. 1 представлены графики поступления плотов в Архангельский порт в периоды односторонних течений за 1968—1972 гг., где по оси абсцисс указано время  $t$  в сутках с начала навигации до конца периода односторонних течений, а по оси ординат — число поступивших плотов  $n$  за сутки и  $\lambda$  — средняя интенсивность поступления плотов в час. Ежегодные колебания количества поступивших плотов за сутки, имевшие какое-то среднее значение от начала до конца периода поступления, — достаточное доказательство стационарности процесса. Процесс поступления был бы нестационарным в том случае, если бы количество плотов, прибывающих в порт за сутки, имело

тенденцию к постоянному возрастанию или убыванию. Для Архангельского порта, размещенного в зоне влияния приливов Белого моря, проблема остановки плотов особенно актуальна во время весеннего половодья, когда на акватории порта имеют место односторонние течения. В это время требуются остановочные средства, способные развивать большие тормозные силы, причем производительность их тогда минимальна.

Именно этот период и взят нами в качестве расчетного. На определении его длительности мы здесь не останавливаемся, поскольку эта задача чисто гидрологическая. Однако следует указать, что длительность периода односторонних течений диктуется ходом весеннего половодья и подвержена значительным колебаниям.

Статистические исследования\* (рис. 1) показали, что 1970 год был годом наибольшей интенсивности поступления плотов в порт за время односторонних течений (0,124 плота в час); этот год и был принят нами в дальнейшем за расчетный.

Обработка статистического ряда интервалов между плотами в расчетном году указывает на то, что в качестве закона распределения промежутков времени между двумя соседними событиями (поступлениями плотов) может быть принят показательный закон с плотностью распределения вероятностей

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}, \quad (1)$$

где  $\lambda = \frac{1}{t_{\text{пр}}}$  — параметр показательного закона плотности вероятностей (величина, обратная среднему промежутку времени между поступлениями плотов  $t_{\text{пр}}$ , исчисленному в часах).

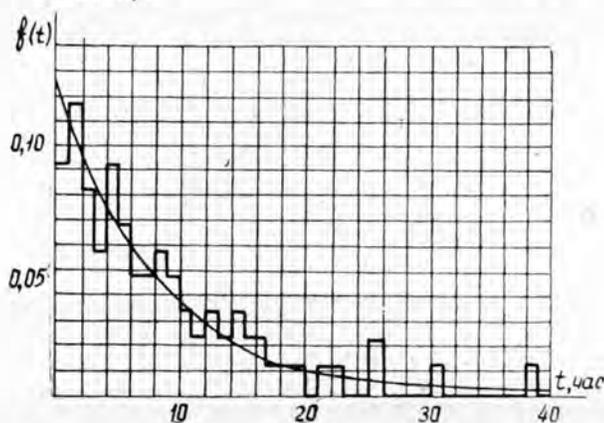


Рис. 2.

Проверка соответствия теоретического распределения плотности вероятностей по показательному закону с фактическим распределением относительных частот с помощью критерия  $\chi$ -квадрат дала значение  $P > 0,95$ , что говорит о хорошем совпадении теоретического и экспериментального распределений. На рис. 2 даны гистограмма фактических относительных частот интервалов между плотами за 1970 г. и теоретическая кривая плотности вероятностей при параметре  $\lambda = 0,124$  плота в час.

\*. Статистические материалы собрали и обработали студенты Г. Я. Суров и П. Г. Леонтьев.

Согласно данным некоторых работ [1], [2], распределением промежутков между событиями по показательному закону подтверждается, что поступление плотов в порт — простейший пуассоновский поток. Тогда вероятность поступления  $n$  плотов в порт за промежуток времени  $t$  можно рассчитать по известной формуле Пуассона

$$P_n(t) = \frac{(\lambda t)^n}{n!} e^{-\lambda t}. \quad (2)$$

На рис. 3 представлены построенные в соответствии с показательным законом интегральные кривые вероятностей поступления в порт одного, двух, трех и четырех плотов за время  $t$  при  $\lambda = 0,124$  плота в час. В рассматриваемом случае поток заявок обслуживается один раз и в систему обслуживания больше не возвращается. По этому признаку он относится к числу так называемых разомкнутых потоков массового обслуживания.

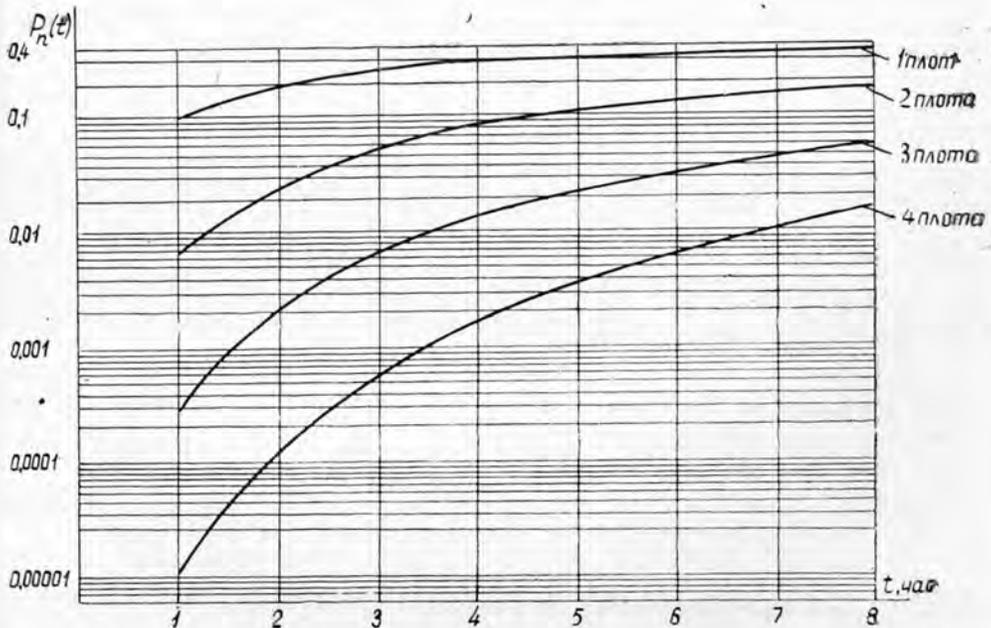


Рис. 3.

Если процесс остановки плотов рассматривать как систему массового обслуживания, то ее можно отнести к многоканальной с потерями [2], [4], [5]. Даже из соображений территориального размещения в порту причалов для хранения прибывающих плотов можно заключить, что одно тормозное устройство не в состоянии обслужить всего потока плотов. Следовательно, система обслуживания будет многоканальной. Кроме того, поступающие в порт плоты не могут ожидать остановки, образуя очередь\*. Если к моменту поступления плота в пункт прибытия все тормозные устройства заняты обслуживанием ранее поступивших заявок, то заявка (плот, нуждающийся в остановке) для системы обслуживания теряется. Такая система называется

\* Имеются в виду плоты, не обеспеченные «собственными» средствами остановки (плоты без ведущих единиц).

системой с потерями (отказами). В данном случае потеря заявки приведет к аварийной ситуации, поэтому вся система обслуживания должна работать с большой степенью надежности.

При оценке системы массового обслуживания определяющую роль играет закон распределения длительности обслуживания заявок в системе. Для действующих систем этот закон можно установить только фактическими наблюдениями за функционированием системы обслуживания. Но если такие наблюдения пока что невозможны, то законом распределения длительности обслуживания задаются. В этом случае следует, прежде всего, исходить из того, что по ряду причин, которые не представляется возможным учесть, длительность остановки каждого плота — величина, безусловно, переменная.

Примем показательный закон распределения длительности остановки плотов. Тогда задача по определению количества тормозных средств сводится к решенной в свое время А. К. Эрлангом классической задаче многоканальной системы массового обслуживания с потерями. Эрлангом получена следующая формула для определения вероятности того, что обслуживанием ранее поступивших заявок занято  $k$  каналов обслуживания ( $\mu$  нас тормозных устройств),

$$P_k = \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k \cdot \frac{1}{k!}}{\sum_0^m \frac{1}{k!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k}, \quad (3)$$

где  $\mu$  — средняя интенсивность обслуживания одной заявки (величина, обратная средней длительности остановки одного плота  $\bar{t}_{\text{ост}}$ , час);

$m$  — число обслуживающих устройств.

Вероятность того, что прибывающий плот застанет все  $m$  каналов занятыми и, следовательно, не будет остановлен, определяем из формулы

$$P_m = \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^m \cdot \frac{1}{m!}}{\sum_{k=0}^m \frac{1}{k!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k}, \quad (4)$$

где  $k = 0, 1, 2, \dots, m$ .

Вероятность того, что прибывающий плот будет остановлен, определится как вероятность противоположного события, то есть

$$P_{\text{ост}} = 1 - P_m. \quad (5)$$

Приведенные зависимости, как указано в одной из работ ([4], стр. 25), в случае стационарных условий функционирования системы справедливы для любых законов распределения продолжительности обслуживания, но при конечном и постоянном значении его математического ожидания.

На рис. 4 приведены кривые вероятностей обеспечения остановки плотов в порту для различных количеств тормозных устройств  $m$  и разной их производительности. Кривые рассчитаны по зависимостям (4) и (5) для существующей интенсивности поступления плотов в порт, то есть при  $\lambda = 0,124$  пл./час (сплошные линии), и интенсивности, увеличенной в 1,5 раза, то есть при  $\lambda = 0,186$  пл./час (пунктирные линии). Последнее значение интенсивности возможно в связи

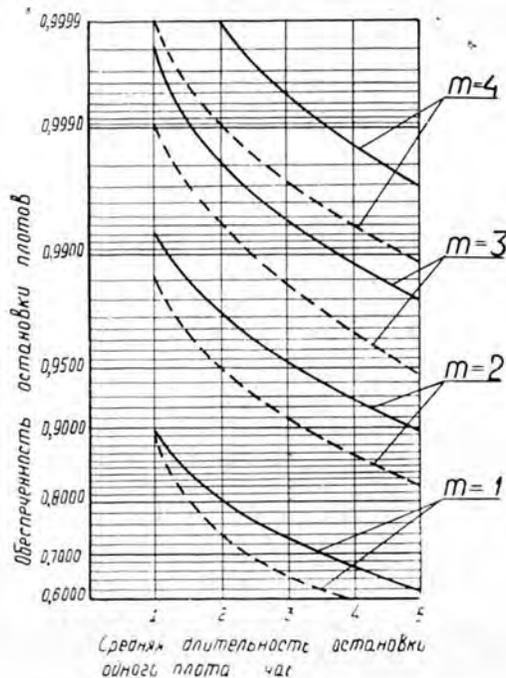


Рис. 4.

с развитием береговой сплотки, значительная доля плотов из которой прибывает в порт весной. Ось ординат графика построена по правилам построения клетчатки вероятностей Хазена, заимствованной из гидрологических расчетов [3]. Графики (рис. 4) показывают, как количество тормозных средств и их производительность влияют на обеспечение надежной остановки всех плотов в пункте прибытия.

Использованные нами методы теории массового обслуживания можно с успехом применять для определения количества тормозных средств и в других пунктах прибытия плотов, а также во многих других технологических расчетах на водном транспорте леса.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Е. С. Венцель. Теория вероятностей. Государственное издательство физико-математической литературы, М., 1962. [2]. Б. В. Гниденко, И. Н. Коваленко. Введение в теорию массового обслуживания. Изд-во «Наука», М., 1966. [3]. В. В. Лебедев. Гидрология и гидрометрия в задачах. Гидрометеиздат, Л., 1961. [4]. О. А. Новиков, С. И. Петухов. Прикладные вопросы теории массового обслуживания и ее приложения. Изд-во «Советское радио», М., 1971. [5]. Т. Л. Саяти. Элементы теории массового обслуживания. Изд-во «Советское радио», М., 1971. [6]. К. А. Чекалкин. Об остановке плотов в пунктах прибытия. Журн. «Лесная промышленность» № 3, 1963. [7]. К. А. Чекалкин. Способ остановки плота на рейдах приплава. Авторское свидетельство на изобретение № 268250. Зарегистрировано в государственном реестре изобретений Союза ССР 23 января 1970 г.

Поступила 16 мая 1973 г.

## ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 634.0.62

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ  
РАЗМЕРА ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ

М. М. ТРУБНИКОВ

ВНИПИЭИЛеспром

Возраст рубки леса рекомендуется определять по минимуму суммы приведенных затрат, а размер лесопользования по оригинальной формуле, учитывающей достигнутый уровень развития лесозаготовительного производства. Размер лесопользования может быть определен на весь производственный цикл и на любой период, причем изменение лесопользования в течение производственного цикла (оборота) будет осуществляться постепенно, а в рубку будут назначаться только спелые насаждения.

В действующей «Методике расчета размера лесопользования в лесах государственного лесного фонда СССР» (1968 г.) рекомендуются методы, которые применялись на практике в течение ряда поколений, а именно, расчет лесосек: равномерной, первой и второй возрастных, по состоянию насаждений. Другие (по приросту и по массе) — лишь модификация расчета указанных лесосек по площади.

Однако указанная методика по важнейшим для определения размера лесопользования вопросам не дает четких рекомендаций. Например, после того как сделан расчет размера лесопользования по методу перечисленных расчетных лесосек, возникает вопрос, какую из них следует принять на практике. Между тем, они могут существенно различаться. Поэтому при выборе расчетной лесосеки возможны субъективные решения. Это обусловлено тем, что в пункте 3 рассматриваемой методики дается одновременно несколько советов декларативного характера, приводящих к разным результатам. Так, в этом пункте рекомендуется устанавливать «по возможности равномерное пользование в течение длительного времени», но остается неизвестным, какова эта длительность. В результате разные проектировщики могут принимать длительность 100, 60 или другое число лет.

Один из коренных недостатков рассматриваемой методики — отсутствие четких рекомендаций по определению возраста рубки леса. По-видимому, составители методики считали, что нет необходимости определять возраст рубки и что его следует брать из так называемой таблицы оптимальных возрастов рубки. Однако эта таблица составлена не по конкретным хозяйствам, для которых лесоустройство определяет размер лесопользования, а по административным районам (республикам и областям) и только для лесов II группы. Кроме того, показатели возрастов рубки в этой таблице имеют большие допуски: 81—100, 100—120 лет и т. д.

Между тем, с приближением леса к возрасту спелости за 20 лет (например от 81 до 100 лет) затраты на лесовыращивание 1 м<sup>3</sup> запаса и прямые затраты на лесосечных работах изменяются на 10—15%. Если условно считать указанную величину равной 30—40 коп.

на 1 м<sup>3</sup>, то в целом по стране разрешаемое допусками отклонение возраста рубки может привести к изменению суммы операционных затрат в лесной промышленности примерно на 160 млн. руб. в год.

Возраст рубки леса влияет на величину издержек производства и на стадии лесовыращивания. С изменением продолжительности периода лесовыращивания удельные затраты на 1 м<sup>3</sup> запаса леса на корню существенно изменяются. В насаждениях до 20-летнего возраста они максимальны, в возрасте количественной спелости становятся минимальными и затем снова возрастают. Поэтому размер лесопользования неправомерно устанавливать без тщательного экономического обоснования возраста рубки леса.

В основе расчета размера лесопользования по названным выше лесосекам лежит формула

$$V = \frac{F \cdot m}{U},$$

где  $V$  — размер лесопользования, м<sup>3</sup>;  
 $F$  — площадь хозяйства, га;  
 $m$  — запас насаждения на 1 га, м<sup>3</sup>;  
 $U$  — возраст рубки, лет.

В этой формуле неизвестен только знаменатель дроби. Отсюда следует, что при экономически обоснованном показателе возраста рубки определение размера лесопользования не вызовет затруднений. Сложность решения этой задачи заключается именно в определении возраста рубки.

По этой причине в прошлом первостепенное значение придавали разработке методики определения возраста рубки леса (оборота рубки). Этот показатель всегда выражался одним числом (80, 90, 100 лет). В рассматриваемой методике Гослесхоза он определяется не одним числом, а периодом (81—100, 101—120 лет). Если в приведенную формулу подставить знаменатель  $U$  (возраст рубки) в виде периода, то частное будет иметь множество значений. Из рассмотренного следует, что методика определения размера лесопользования Гослесхоза нуждается в пересмотре.

Лесной фонд районов интенсивного лесного хозяйства и многолесных районов резко различается. В текущем двадцатилетнем периоде размер расчетной лесосеки по спелости в районах интенсивного лесного хозяйства оказывается ниже размера расчетной лесосеки равномерного пользования. В целом по малолесным районам превышение равномерной лесосеки над лесосекой по спелости наблюдается в 97 случаях из 100. Это — результат развития лесной промышленности. В истекшем производственном цикле (который для хвойных хозяйств можно условно принять от 1870 г. до 1970 г.) объем лесозаготовок в этих районах непрерывно наращивался. В начальном периоде цикла он был минимальным, поэтому в текущем двадцатилетии площади спелых насаждений в хвойном хозяйстве тоже оказались минимальными по сравнению с площадями других возрастных групп.

Это особенность размещения лесонасаждений по возрастным периодам ярко выражена в хвойных и твердолиственных высокоствольных хозяйствах. В мягколиственных хозяйствах она менее заметна. Следовательно, в хвойных и твердолиственных высокоствольных хозяйствах возможный размер лесопользования после текущего двадцатилетия будет, как правило, возрастать до конца производственного цикла (до 2050—2070 гг.).

Так, например, площади хвойных насаждений эксплуатируемых лесов II группы Украинской ССР, согласно учету лесного фонда на

1 января 1966 г., по возрастным категориям изменяются следующим образом: всего — 1548,9 тыс. га; спелых и перестойных V класса возраста и выше — 60,6; приспевающих IV класса — 207,2; средневозрастных III класса — 261,0; молодняков II класса — 405,4; I класса возраста — 614,7 тыс. га.

Само собой разумеется, после вырубki всех спелых насаждений за оставшиеся годы текущего возрастного периода в рубку поступают приспевающие, затем средневозрастные и т. д. Так как площадь насаждений каждого возрастного периода возрастает, то даже при неизменной величине прироста размер пользования по массе при переходе от одного периода к другому тоже будет повышаться, а в конце производственного цикла в указанном хозяйстве он может увеличиться в несколько раз. По этой причине в первом периоде размер лесосеки по спелости оказывается ниже размера равномерной лесосеки. Равномерная лесосека при 100-летнем возрасте рубки в данном примере  $1548,9 : 100 = 15,49$  тыс. га; лесосека по спелости  $60,6 : 20 = 3,03$  тыс. га.

В многолесных районах, наоборот, размер расчетной лесосеки по спелости окажется выше размера равномерной лесосеки. Так, например, в Северо-Западном районе по данным учета лесного фонда на 1 января 1966 г. наблюдалось следующее распределение хвойных насаждений эксплуатационной части III группы по возрастным категориям: всего — 46 188 тыс. га; VI класса возраста и выше — 20 822; V — 11 047; IV — 2022; III — 5009; II — 3162; I — 4126 тыс. га.

При 120-летнем обороте рубки равномерная лесосека равна

$$46188 : 120 = 385 \text{ тыс. га.}$$

Лесосека по спелости первого возрастного периода

$$20822 : 20 = 1041 \text{ тыс. га.}$$

Размер лесопользования, установленный на основе расчетной лесосеки по спелости, характеризует соотношение наличных запасов древесины насаждений спелых и других возрастных категорий.

В условиях, взятых для примера по II группе хвойных насаждений Украинской ССР, наиболее полное представление о темпах роста размера лесопользования могут дать показатели, устанавливаемые методом расчетной лесосеки по спелости.

Согласно методике расчета размера лесопользования Гослесхоза, лесосеку по спелости определять не рекомендуется.

При резких колебаниях объема производства ритмичность производства нарушается, а вместе с тем ухудшаются экономические показатели: снижается уровень производительности труда, повышается себестоимость продукции и т. д. Поэтому все применяемые до настоящего времени методы расчета размера лесопользования направлены на достижение такого состояния лесного фонда, которое обеспечило бы равномерное размещение насаждений по возрастным группам.

В феодально-капиталистических условиях при стихийно складывавшихся ценах на лесоматериалы и объемах производства, постоянно изменявшихся в разных направлениях под влиянием рыночной конъюнктуры, неравномерность размера лесопользования не могла быть существенно изменена без изменения производственных отношений. Поэтому за многие десятилетия принцип постоянства и равномерности пользования лесом на практике так и не был достигнут. В социалистических условиях стало возможным подлинно научное регулирование размера лесопользования.

Термин «равномерность» мы понимаем не метафизически, как вечно равномерный размер лесопользования. Подразумевается равно-

мерное пользование по площади (которая, как правило, в течение производственного цикла остается неизменной), но все возрастающее по массе древесины, достигаемое путем повышения уровня интенсивности хозяйства.

Скачкообразное изменение размера лесопользования не наносило большого ущерба хозяйству в прошлом, когда уровень технического развития лесозаготовительной промышленности был низким. В настоящее время неритмичное изменение размера лесопользования серьезно отражается на использовании основных фондов. В связи с этим на современном этапе развития лесного хозяйства и лесной промышленности возникает настоятельная необходимость в разработке таких методов регулирования размера лесопользования, которые обеспечили бы полное использование основных фондов предприятий лесной промышленности, что может быть достигнуто при условии ритмичного изменения расчетной лесосеки. Для этого необходимо, чтобы в течение производственного цикла лесного хозяйства (в хвойных насаждениях 80—100 лет) размер лесопользования изменялся не скачкообразно от одного ревизионного периода к другому, как это наблюдается в настоящее время, а ритмично в соответствии с возрастной структурой насаждений.

Для разработки методики расчета лесопользования, соответствующей указанным требованиям, то есть достижению равномерно изменяющегося лесопользования, необходимо на весь производственный цикл назначать равноменяющуюся лесосеку, учитывая, что в течение одного производственного цикла (оборота) невозможно достичь равномерного распределения площадей и запасов по возрастным группам.

Выше было установлено, что для определения размера лесопользования необходимо найти экономически обоснованный возраст рубки леса. В условиях социалистического лесного хозяйства одним из критериев определения возраста рубки леса может быть минимум суммы приведенных затрат по трем стадиям производства лесоматериалов: лесному хозяйству, лесосечным работам, транспортировке древесины.

Согласно типовой методике Госплана СССР, сумма приведенных затрат может быть определена по формуле

$$СПЗ = C + KE,$$

где  $СПЗ$  — сумма приведенных затрат лесовыращивания, лесосечных работ и транспортировки древесины;

$K$  — капитальные вложения на лесовыращивание, лесосечные работы и транспортировку древесины, руб./м<sup>3</sup>;

$E$  — коэффициент эффективности капитальных вложений.

Себестоимость лесовыращивания устанавливаются из выражения

$$C = \frac{Z \cdot U}{F \cdot m} \text{ руб./м}^3,$$

где  $C$  — себестоимость лесовыращивания в возрасте  $U$  лет;

$Z$  — затраты на лесное хозяйство, руб. (берется среднее за 2—3 истекших года по форме 10 лх);

$U$  — число лет в расчетном периоде;

$F$  — лесопокрытая площадь лесхоза, га;

$m$  — запас древесины на 1 га в возрасте  $U$  лет, м<sup>3</sup>/га.

Порядок расчета можно уяснить из следующего примера. Пусть площадь лесхоза 10000 га, сумма затрат на лесное хозяйство 50000 руб. в год, число лет в возрастном периоде — 40. Запас на 1 га в возрасте  $U$  лет 170 м<sup>3</sup>. Тогда

$$C = \frac{50000 \cdot 40}{10000 \cdot 170} = 1 \text{ р. } 18 \text{ к./м}^3.$$

Таким же путем определяют себестоимость по каждому возрастному периоду. Затем по каждому возрастному периоду суммируют затраты по стадиям (лесовыращивание, лесосечные работы, транспортировка древесины). Затраты на лесосечные работы и транспортировку берут из годовых отчетов с учетом изменения объема хлыстов по возрастам и классам бонитета насаждений.

Возраст, в котором сумма затрат по трем указанным стадиям окажется минимальной, принимают за оптимальный возраст рубки. Рубка леса в этом возрасте, при прочих равных условиях, обеспечивает максимальный объем производства при наименьших затратах.

После определения возраста рубки леса станет возможно определить размер лесопользования. Для этой цели из таблицы классов возраста или из данных учета лесного фонда берут площади и запасы древесины по каждому классу возраста. Путем умножения величины лесопокрытой площади на запас на 1 га в возрасте спелости и деления полученного произведения на возраст рубки определяют нормальную лесосеку. Из отчетных материалов устанавливают показатель фактического отпуска леса. По этим данным находят размер лесопользования на продолжительность всего производственного цикла и за любой период по формуле:

$$y = \frac{(L - b)x}{0,5U} + b \quad (\text{при } x \rightarrow U),$$

где  $y$  — размер лесопользования,  $m^3$ ;  
 $L$  — размер нормальной лесосеки,  $m^3$ ;  
 $b$  — размер фактического отпуска леса,  $m^3$ ;  
 $U$  — возраст рубки леса, лет;  
 $x$  — расчетный период, лет.

Приведенная формула есть уравнение прямой вида

$$y = ax + b,$$

в которой угловой коэффициент  $a$  равен  $\frac{L - b}{0,5U}$ .

По этой формуле размер лесопользования определяют с учетом достигнутого уровня потребления древесины, который в основном зависит от производственной мощности предприятия. Следовательно, размер лесопользования увязывается с требованиями практики лесозаготовительной промышленности и в то же время отвечает основным лесоводственным требованиям, поскольку в рубку включают только спелые и перестойные древостои и учитывают возрастную структуру насаждений. В неосвоенных массивах в первый расчетный период размер лесопользования устанавливают по проекту, в основу которого положен объем производства, достигнутый в смежном предприятии. Порядок расчета (по данным учета лесного фонда на 1 января 1966 г.) покажем на следующих примерах, взятых для различных природных и экономических условий.

Пример 1-й. Хозяйство на хвойные породы УССР. Общий запас в возрасте спелости  $F_m^* = 832$  млн.  $m^3$ ; размер фактического отпуска леса  $b = 2,7$  млн.  $m^3$ ; возраст рубки  $U$  (взяв условно для данного примера) — 100 лет; размер нормальной лесосеки  $L = 832 : 100 = 8,32$  млн.  $m^3$ . Для расчетных периодов 10 и 30 лет получим следующие размеры лесопользования:

$$y_{10} = \frac{(L - b)x}{0,5U} + b = \frac{(8,32 - 2,7) \cdot 10}{50} + 2,7 = 3,82 \text{ млн. } m^3;$$

\* Общий запас в возрасте спелости определяется путем умножения величины лесопокрытой площади на запас 1 га спелых насаждений.

$$y_{30} = \frac{(8,32 - 2,7) \cdot 30}{50} + 2,7 = 6,07 \text{ млн. м}^3.$$

Пример 2. Хозяйство на хвойные породы III группы лесов Красноярского края. Общий запас в возрасте спелости — 4656 млн. м<sup>3</sup>; размер фактического отпуска леса — 21,2 млн. м<sup>3</sup>; возраст рубки леса — 120 лет; размер нормальной лесосеки — 4656 : 120 = 38,8 млн. м<sup>3</sup>; размер расчетной лесосеки

$$y_{10} = \frac{(38,8 - 21,2) \cdot 10}{60} + 21,2 = 24,13 \text{ млн. м}^3;$$

$$y_{30} = \frac{(38,8 - 21,2) \cdot 30}{60} + 21,2 = 30 \text{ млн. м}^3.$$

Пример 3-й. Хозяйство на хвойные породы III группы лесов Архангельской области (эксплуатационная часть). Общий запас в возрасте спелости — 1472,8 млн. м<sup>3</sup>; размер фактического отпуска леса — 21,9 млн. м<sup>3</sup>; возраст рубки леса — 120 лет; размер нормальной лесосеки — 12,29 млн. м<sup>3</sup>; размер лесопользования, составит\*:

$$y_{10} = \frac{(12,29 - 21,9) \cdot 10}{60} + 21,9 = 20,3 \text{ млн. м}^3;$$

$$y_{30} = \frac{(12,29 - 21,9) \cdot 30}{60} + 21,9 = 17,1 \text{ млн. м}^3.$$

При расчете по этому методу установленный размер лесопользования находится в непосредственной связи с достигнутым уровнем потребления древесины из данного объекта, что обеспечивает реализацию расчетной лесосеки на практике. Размер лесопользования может быть определен на весь производственный цикл (оборот), что обеспечивает проектным и планирующим организациям надежную информацию о динамике лесопользования на длительную перспективу. Возраст рубки леса устанавливается на основе анализа экономических показателей хозяйственной деятельности предприятий, что обеспечивает высокую точность и научную обоснованность расчетов.

Поступила 16 июля 1973 г.

УДК 634.0.784

## О ПОСТАНОВКЕ ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕССА НА ЛЕСОЗАГОТОВКАХ

С. В. ПОЧИНКОВ  
ЦНИИМЭ

Дается формальное (в количественных терминах) описание процесса транспортного освоения сырьевых баз, вводятся необходимые понятия. Сформулирована система задач оптимизации транспортного процесса на лесозаготовках.

Ранее\*\* нами было показано, что капиталовложения в дорожную сеть, развиваемую при освоении лесных массивов, неоднородны по экономическому содержанию. Основная масса их принадлежит к затратам компенсационного типа. В связи с этим транспортное освоение сырьевых баз можно рассматривать как процесс непрерывного выбывания и эквивалентного ввода мощностей лесозаготовительного производства.

\* Разумеется, что таким путем можно определить размер лесопользования не только на 10 и 30 лет, но и на любой период оборота, в том числе и на весь оборот.

\*\* С. В. Починков. Об экономической сущности капиталовложений в строительство лесовозных дорог. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1972.

Это обстоятельство играет принципиальную роль при постановке и решении оптимизационных задач лесотранспортного процесса.

Дана лесосырьевая база  $W$ . Пусть она разбита квартальной сетью со стороны квартала  $l$ . Пусть далее квартальная сеть ориентирована относительно пункта примыкания (нижнего склада) таким образом, что можно выделить два взаимно перпендикулярных направления освоения массива: продольное и поперечное. Пронумеруем кварталы сырьевой базы двойными индексами: индекс  $i$  будет обозначать номера квартальных полос в продольном направлении (номера кварталов возрастают по мере удаления от пункта примыкания), индекс  $j$  — в поперечном направлении (номера кварталов возрастают слева направо относительно пункта примыкания).

Ликвидный запас древесины по породе  $s$  в каждом квартале в общем случае является функцией времени  $t$

$$V_{ij}^{st} = \sum_{v \in H_{ij}^t} \left( M_{jv}^s + \int_1^t p_{jv}^s(\tau) d\tau \right).$$

где  $M_{jv}^s$  — запас древесины породы  $s$  в лесосеке  $v$  квартала  $ij$  в первый год эксплуатации массива;

$p_{jv}^s$  — годовой прирост древесины по породе  $s$  в лесосеке  $v$  квартала  $ij$ ;

$H_{ij}^t$  — множество не отводившихся в рубку до года  $t$  лесосек квартала  $ij$ , древостои которых достигли необходимой спелости.

Годовой объем вывозки леса по породе  $s$  обозначим  $Q_s$ . Тогда

$$\lambda_{ij}^{st} = \frac{V_{ij}^{st}}{Q_s r_s}$$

есть часть годовой программы по породе  $s$ , которую можно выполнить в году  $t$  за счет разработки квартала  $ij$ . Здесь  $r_s$  — срок примыкания (или какое-нибудь иное ограничение рубки) по породе  $s$ .

Поперечную квартальную линию, ограничивающую территорию массива, на которой производятся лесозаготовительные работы в году  $t$ , будем называть границей освоения массива года  $t$  и обозначать  $i_t$ .

Пусть в году  $t$  граница освоения массива  $i_t$ . В пределах этой границы в году  $t+1$  по породе  $s$  можно заготовить объем древесины

$$\varphi_{t+1}^s = \sum_{i_0}^{i_t} \sum_j \lambda_{ij}^{st}.$$

Если  $\varphi_{t+1}^s < 1$ , то в году  $t+1$  необходимо продвинуть фронт лесозаготовок в глубь  $W$ , присоединив площадь  $W_s^L$ , состоящую из

$$m_{t+1}^s = i_{t+1}^s - i_t^s$$

квартальных полос. Номер границы  $i_{t+1}^s$  определяется из условия

$$\sum_{i_t}^{i_{t+1}} \sum_j \lambda_{ij}^{s,t+1} \geq 1 - \varphi_{t+1}^s.$$

Площадь  $W_s^L$ , освоение которой начинается в целях поддержания мощностей по породе  $s$  в году  $t$ , будем называть элементарной базой продольного освоения года  $t$  по породе  $s$ . Элементарная база

продольного освоения года  $t$  на всю годовую программу определится из условия

$$a_t = \max_s m_t^s.$$

Таким образом, длина продольной элементарной базы года  $t$

$$a_t = l m_t,$$

ширина

$$b_t = l \max_{i \in i_t - i_{t-1}} p_i.$$

Общий запас древесины в  $W_t^L$  за  $n$  лет

$$V_t^L = \sum_{i_{t-1}}^{i_t} \sum_j \sum_s \sum_{\sigma} \left( M_{ijv}^s + \int_1^{t_{ijv}} p_{ijv}^s(\tau) d\tau \right),$$

где  $t_{ijv}$  — год разработки лесосеки  $v$  квартала  $ij$  ( $t_v \leq n$ ).

В процессе освоения  $W$  эксплуатация каждой  $W^L$  может в некоторые годы прерываться и затем, спустя определенный период времени (по мере изменения возрастной структуры древостоев, истечения сроков примыкания и т. д.), возобновляться. Обозначим периоды непрерывного действия  $n^q$ . Тогда общий срок действия  $W_t^L$

$$n_t^L = \sum_q n_t^q.$$

Средний годовой грузооборот, генерируемый  $W_t^L$  за весь срок ее действия,

$$Q_t^L = \frac{V_t^L}{n_t^L}.$$

При  $\varphi_{t+1}^s \geq 1$  для всех  $s$  продольное продвижение лесозаготовок не производится. В таких случаях будем говорить, что продольная база года  $t$  равна нулю. Общее количество нулевых  $W_0^L$  обозначим  $n_0$ . Отношение

$$P = \frac{n - n_0}{n}$$

можно интерпретировать как вероятность продольного продвижения лесозаготовок в очередном году эксплуатации лесного массива. Показатель  $P$  характеризует конфигурацию лесного массива, породную и возрастную структуру запаса древесины на его территории относительно заданной производственной программы.

Обозначим стороны лесосек  $X_1$  и  $X_2$ . Будем считать, что ориентация лесосек в массиве идентична ориентации кварталов:  $X_1$  — соответствует продольному направлению,  $X_2$  — поперечному. Прямоугольный участок лесосеки со сторонами  $x_1 \leq X_1$  и  $x_2 \leq X_2$  назовем секцией. Подразумевается, что размеры секций кратны размерам лесосеки. По определению лесосека разрабатывается за период, меньший или по крайней мере равный году.

Транспортные грузосборочные пути в лесном массиве будем называть волоками, если расстояние между ними не превышает сторон секции ( $x_1$  и  $x_2$ ); усами, если это расстояние равно какой-либо из сто-

рон секции ( $x_1$  или  $x_2$ ); ветками, если расстояние между ними  $x_3 \geq 2X_1$ ; магистралями, если расстояние между ними  $x_4 \geq 2X_2$ . Магистрали, ветки, усы, волокни будем называть ступенями транспортного освоения сырьевых баз.

Площади в  $W^L$ , примыкающие к магистралям, назовем зонами. В общем случае освоение зон так же, как и всего массива, требует осуществления нескольких шагов. По аналогии с освоением  $W$  процесс разработки зон будем описывать в терминах элементарных баз. Элементарные базы в зонах будем называть элементарными базами поперечного освоения и обозначать  $W^{Cr}$ . Годовой грузооборот, генерируемый  $W^{Cr}$ , обозначим  $Q^{Cr}$ . Ширина  $W^{Cr}$  равна длине  $W^L$ . Длину  $W^{Cr}$  обозначим  $s$ . В зависимости от размеров лесосек и расстояния между ветками и магистралями транспортное освоение  $W^L$  может быть двух-, трех- и четырехступенчатым. Соответственно будем различать четыре варианта дорожной сети в лесном массиве (табл. 1).

Таблица 1

Вариант I (магистраль — волок)	Вариант II (магистраль — ус — волок)	Вариант III (магистраль — ветка — волок)	Вариант IV (магистраль — ветка — ус — волок)
$x_1 < X_1$	$x_1 < X_1$	$x_1 = X_1$	$x_1 < X_1$
$x_2 = X_2$	$x_2 < X_2$	$x_2 < X_2$	$x_2 < X_2$
		$x_3 = 2X_1$	$x_3 \geq 2X_1$
$x_4 = 2X_2$	$x_4 \geq 3X_2$	$x_4 \geq 4X_2$	$x_4 \geq 4X_2$

Схемы формирования грузопотоков по каждому варианту дорожной сети приведены на рис. 1.

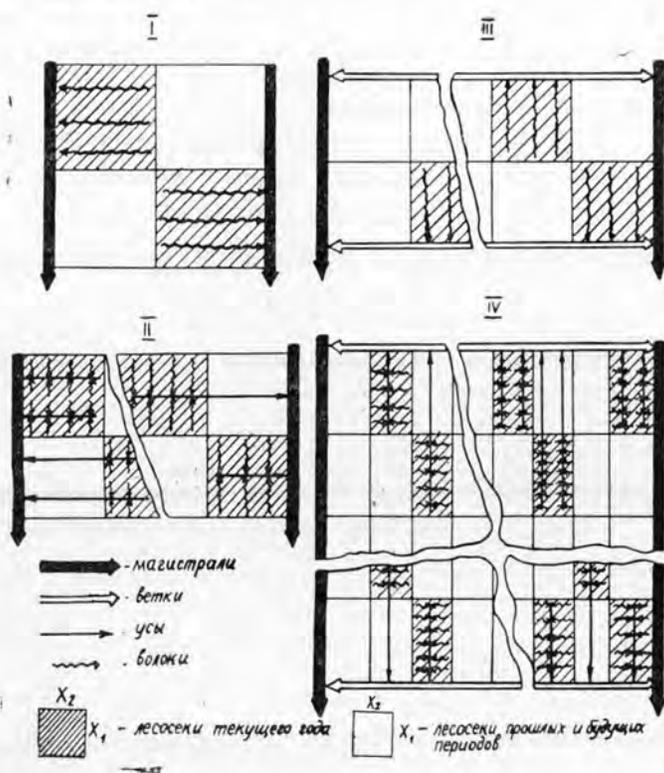


Рис. 1.

Рассмотренное иерархическое деление массива на элементарные площади находится во взаимнооднозначном соответствии со ступенями его освоения:

$$\frac{W^L}{\text{Магистраль}} \rightarrow \frac{W^{Cr}}{\text{Ветка}} \rightarrow \frac{\text{Лесосека}}{U_c} \rightarrow \frac{\text{Секция}}{\text{Волок}}$$

Это соответствие имеет важный экономический смысл. Оно характеризует порядок перенесения стоимости лесотранспортных путей на заготавливаемую древесину и тем самым позволяет установить тип строительных затрат и их удельные величины. По определению  $n_t^L \geq 2$  и  $n_r^{Cr} \geq 2$ . Поэтому затраты в строительство магистралей и веток капитальные. Площади, тяготеющие к усам и волокам, разрабатываются в течение одного годового цикла. Затраты на строительство усов и волоков должны, следовательно, полностью включаться в себестоимость продукции соответствующего года. Удельные капиталовложения в продольное и поперечное освоение  $W$  определяются соответственно как отношение стоимости магистралей в  $W^L$  к  $Q^L$  и стоимости веток в  $W^{Cr}$  к  $Q^{Cr}$ .

Совокупность последовательных ступеней дорожной сети, на которых транспортировка леса выполняется одним и тем же типом транспортных средств по непрерывному циклу (погрузка — транспортировка — разгрузка), будем называть контуром транспортной схемы. Классификация транспортных схем по ступенчатости и контурности приведена на рис. 2.

Контур Насты	Ступенчатость $s$			
	1	2	3	4
1	← →	← = →	← — →	← = — →
2	← →	← = →	← — →	← = — →
3		← →	← — →	← = — →
4		← →	← — →	← = — →
5				← = →
6				← = — →
7				← →
8				← →

< > - контур

Рис. 2.

Пункты стыкования ступеней назовем узлами транспортной схемы. Пункты, в которых производятся по крайней мере пакетирование, погрузка или разгрузка, назовем складами. Будем различать начальные, узловые и конечные склады. Начальные склады — участки секций, на которых производится валка и пакетирование леса. Узловые

склады размещаются в пунктах стыкования контуров. На конечных складах продукция отгружается потребителю.

Таким образом, оптимизация транспортного процесса на лесозаготовках требует обоснования оптимальных:

- ступенчатости дорожной сети;
- контурности транспортной схемы;
- типа транспорта и конструкции пути по каждой ступени;
- типа и параметров транспортных и погрузочно-разгрузочных средств по каждому контуру;
- параметров и размещения по складам технических средств для обрезки сучьев, окорки, раскряжевки, сортировки, штабелевки и т. д.;
- размеров секций, расстояний между ветками и магистралями по  $W^L$ ;
- углов примыкания транспортных путей в узлах;
- размеров лесосек;
- размещения транспортных путей в  $W$ .

Решение проблемы должно учитывать: различные производственные условия лесосечных и транспортных работ, дорожного строительства и т. д.; параметры лесосырьевых баз; изменения уровней цен и технических характеристик машин и механизмов, воплощающих традиционные технические принципы; возможность появления в перспективе качественно новых технических средств для лесозаготовительного производства. Оно должно явиться основой для разработки долгосрочных прогнозов и оптимальных перспективных планов развития лесозаготовительной отрасли.

Перечисленные вопросы оптимизации лесосечно-транспортного процесса взаимосвязаны. Система экономико-математических моделей, разработанная автором для комплексного решения проблемы, будет рассмотрена особо.

Поступила 23 апреля 1973 г.

УДК 65.015

## К ВОПРОСУ ОБ АНАЛИЗЕ ТРУДОЕМКОСТИ НИЖНЕСКЛАДСКИХ РАБОТ СТАТИСТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

В. Я. КАЗАКОВ, Г. С. ТРУБИН

СевНИИП

Рассматривается трудоемкость штабелевки-перемещения сортиментов агрегатом ТА-1 на нижних складах леспромхозов Севера европейской части страны (в чел.-дн. на 1000 м<sup>3</sup>). Трудоемкость штабелевки оценивается в зависимости от среднего объема хлыста и среднего расстояния штабелевки-перемещения. Для количественного выражения исследуемых признаков применен метод бригадо-месяцев.

Трудоемкость работ на нижних складах леспромхозов зависит от ряда причин, поэтому при ее анализе необходимо учитывать несколько признаков-факторов и применять методы множественной корреляции и регрессии.

Для исследования зависимости трудозатрат по штабелевке сортиментов агрегатом ТА-1 на нижнем складе в человеко-днях на 1000 м<sup>3</sup> ( $Z_{xy}$  — результативный признак) от двух факторов: среднего объема хлыста  $X_1$ , м<sup>3</sup> и среднего расстояния штабелевки-перемеще-

ния  $Y_i, m$ , полученные в леспромхозах исходные данные систематизировали для анализа методом парной связи путем построения графиков (корреляционного поля) и статистических корреляционных таблиц, объединяя варианты в группы (классы) [1]—[9].

Для количественного выражения исследуемых признаков применен метод бригадо-месяцев. Исходные данные были получены из первичных документов по оплате труда рабочих Карпогорского, Ленского, Дмитриевского леспромхозов объединения «Архангельсклеспром», Нюксенского ЛПХ объединения «Вологдалеспром» и Ясногского ЛПХ объединения «Комилеспром» (всего 127 бригадо-месяцев).

Параметры рассчитаны с учетом требований способа наименьших квадратов. При вычислении дисперсии и среднеквадратического отклонения пользовались известными формулами ([2], [5]—[7] и др.).

Коэффициенты парной корреляции определяли по формулам

$$r_{ZX} = \frac{\overline{ZX} - \overline{Z}\overline{X}}{\sigma_Z \sigma_X}; \quad r_{ZY} = \frac{\overline{ZY} - \overline{Z}\overline{Y}}{\sigma_Z \sigma_Y}; \quad r_{YX} = \frac{\overline{YX} - \overline{Y}\overline{X}}{\sigma_Y \sigma_X}.$$

После подсчетов и анализа связи имеем:

а) связь между трудозатратами на 1000 м<sup>3</sup> по штабелевке-перемещению ТА-1 ( $Z_X$ ) и средним объемом хлыста ( $X_Z$ ) линейная, выражается уравнением

$$\overline{Z}_X = 13,58 - 29,67X.$$

Основные характеристики связи следующие\*:

$$\begin{aligned} \overline{Z}_X &= 5,8661; \quad \sigma_Z = 1,7405; \\ \overline{X}_Z &= 0,2595; \quad \sigma_X = 0,1314; \quad r_{ZX} = -0,4219; \end{aligned}$$

Значимость коэффициента корреляции проверяли по формуле [7]  $|r| \sqrt{n-1} > 3$ . При  $n = 127$   $0,4219 \cdot 11,225 = 4,74$ ; то есть  $4,7 > 3$ . Значит, линейная связь наблюдениями доказывается, она реальна и значима;

б) связь между трудозатратами  $Z_Y$  и средним расстоянием штабелевки ТА-1  $Y_Z$  также линейная:

$$Z_Y = 3,33 + 0,017Y.$$

Основные характеристики ее следующие:

$$\begin{aligned} \overline{Z}_Y &= 5,8661; \quad \sigma_Z = 1,7405; \\ \overline{Y}_Z &= 149,4094; \quad \sigma_Y = 39,1173; \quad r_{ZY} = 0,4034; \end{aligned}$$

Значимость коэффициента парной корреляции  $Z$  по  $Y$  проверяли по упомянутой формуле:  $0,4034 \cdot 11,225 = 4,53$ ; то есть  $4,53 > 3$ . Следовательно, линейная связь реальна и значима.

После подсчетов парных коэффициентов корреляции и анализа связи между парными переменными решали уравнение множественной регрессии для трех переменных по формуле линейной связи:

$$Z_{XY} = aX + bY + C,$$

\* В статье цифры для основных характеристик связи округлены до четвертого знака после запятой, при расчетах до восьмого знака. При значительных различиях величин показателей между переменными, например, более чем в 10 раз, расчеты следует производить до 6—10-го знака после запятой. Округление до 3—4-го знака в этом случае неизбежно ведет к неточностям и ошибкам.

или, что одно и то же,

$$Z - \bar{Z} = A(X - \bar{X}) + B(Y - \bar{Y}).$$

В уравнении регрессии коэффициенты  $A$  и  $B$  определяли по формулам [7, стр. 199]; [5, стр. 189; 332]; [8, стр. 326 и др.]

$$A = \frac{r_{ZX} - r_{ZY}r_{XY}}{1 - r_{XY}^2} \cdot \frac{\sigma_Z}{\sigma_X}; \quad B = \frac{r_{ZY} - r_{ZX}r_{XY}}{1 - r_{XY}^2} \cdot \frac{\sigma_Z}{\sigma_Y},$$

где  $r_{ZX}$ ,  $r_{ZY}$  и  $r_{XY}$  — парные коэффициенты корреляции между  $Z$  и  $X$ ,  $Z$  и  $Y$ ,  $X$  и  $Y$ ;

$\sigma_Z$ ,  $\sigma_X$ ,  $\sigma_Y$  — среднеквадратические отклонения для  $Z$ ,  $X$  и  $Y$ .

Для удобства пользования приводим итоговые данные основных показателей

$\bar{Z} = 5,8661$	$\sigma_Z = 1,7405$	$r_{ZX} = -0,4219$
$\bar{X} = 0,2595$	$\sigma_X = 0,0314$	$r_{ZY} = 0,4034$
$\bar{Y} = 149,4094$	$\sigma_Y = 39,1173$	$r_{XY} = -0,3881$
$A = -17,3$	$B = 0,013$	$R_{ZXY} = 0,4956$
$Z_{XY} = 8,48 - 17,32X + 0,013Y$		$r_{ZX(Y)} = 0,3146$
		$r_{ZY(X)} = 0,2869$

Математической статистикой установлено, что мерой тесноты связи совокупности трех переменных является сводный коэффициент корреляции ([1], [3], [5], [7], [8] и др.), или коэффициент множественной корреляции, который для случая зависимости  $Z$  от  $X$  и  $Y$  мы определяли по формуле

$$R_{ZXY} = \sqrt{\frac{r_{ZX}^2 - 2r_{ZX}r_{ZY}r_{XY} + r_{ZY}^2}{1 - r_{XY}^2}}.$$

Сводный коэффициент корреляции всегда положителен и заключается между 0 и 1. Когда  $R = 0$ , тогда  $Z$  не может быть линейно связано с  $X$  и  $Y$ .. Когда  $R = 1$ , тогда между  $X$ ,  $Y$  и  $Z$  существует точная линейная связь вида  $Z = aX + bY + c...$  [7, стр. 200].

В нашем случае сводный коэффициент корреляции равен 0,4956. Его реальность и значимость проверяли по формуле [7]  $|r| \sqrt{n-1} > 3$ ;  $0,4956 \cdot \sqrt{126} = 0,4956 \cdot 11,225 = 5,56$ , что больше 3.

Коэффициенты регрессии трех величин значительно изменились по сравнению с коэффициентом парной регрессии. Так, коэффициент при  $X$  (среднем объеме хлыста) увеличился с  $-29,67$  до  $-17,32$ ; несколько снизился коэффициент при  $Y$  (с 0,017 до 0,013).

Пользуясь уравнением регрессии трех величин, можно заключить, что с увеличением расстояния на 100 м трудозатраты на 1000 м<sup>3</sup> возрастают на 1,3 чел.-дн., а с повышением среднего объема хлыста на 0,01 м<sup>3</sup> (для одного и того же расстояния штабелевки) трудозатраты на 1000 м<sup>3</sup> падают на 0,17 чел.-дн.

Для оценки влияния отдельных факторов использовали частные коэффициенты корреляции. Частный коэффициент корреляции  $r_{ZX(Y)}$  между  $Z$  и  $X$  при постоянном значении  $Y$  определяли по формуле

$$r_{ZX(Y)} = \frac{r_{ZX} - r_{ZY}r_{XY}}{\sqrt{(1 - r_{XY}^2)(1 - r_{ZY}^2)}}.$$

Аналогично находили корреляции между  $Z$  и  $Y$  при постоянном  $X$ .

Значимость частных коэффициентов корреляции проверяли по формуле  $|r| \sqrt{n-1} > 3$ . Частные коэффициенты  $r_{ZY(X)}$  и  $r_{ZX(Y)}$  значимы. Следовательно, значимо и уравнение регрессии для трудоемкости работ на штабелевке-перемещении в зависимости от среднего объема хлыста и среднего расстояния перемещения (табл. 1).

Таблица 1

Среднее расстояние перемещения, м	Трудозатраты, чел.-дн. на 1000 м <sup>3</sup> , при среднем объеме хлыста, м <sup>3</sup>										
	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28	0,30	0,32	0,34	0,36
100	7,0	6,7	6,3	6,0	5,6	5,3	4,9	4,6	4,2	3,9	3,5
200	8,3	8,0	7,6	7,3	6,9	6,6	6,2	5,9	5,5	5,2	4,8
300	9,6	9,3	8,9	8,6	8,2	7,9	7,5	7,2	6,8	6,5	6,1

На основе полученного уравнения регрессии  $Z_{XY} = 8,48 - 17,32X + 0,013Y$  можно вычислить трудозатраты в зависимости от среднего объема хлыста и среднего расстояния штабелевки-перемещения.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. К. Дружинин. Основные математико-статистические методы в экономических исследованиях (Введение в изучение статистической методологии). Изд-во «Статистика», М., 1968. [2]. М. Г. Здорик. Статистика для лесных специалистов. Гослесбумиздат, М.—Л., 1952. [3]. А. И. Карасев. Теория вероятностей и математическая статистика. Изд-во «Статистика», М., 1970. [4]. Н. Л. Леонтьев. Техника статистических вычислений. Изд. 2-е, исправленное и дополненное, изд-во «Лесная промышленность», М., 1966. [5]. Я. И. Лукомский. Теория корреляции и ее применение к анализу производства. Изд. 2-е, Госстатиздат, М., 1958. [6]. Ю. Л. Поморский. Методы статистического анализа экспериментальных данных. Методическое руководство для научных работников и аспирантов, Л., 1940. [7]. В. И. Романовский. Применение математической статистики в юртыном деле. Опиз — Гостехиздат, М.—Л., 1947. [8]. Н. П. Суслотов. Общая теория статистики. Изд-во «Статистика», М., 1970. [9]. Трудоемкость продукции, методы ее анализа и планирования. НИИ труда Госкомитета Совета Министров СССР по вопросам труда и заработной платы, М., 1967.

Поступила 14 марта 1973 г.

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 634.0.811.16

КЛАССИФИКАЦИЯ ТИПОВ ТЯЖЕВОЙ ПАРЕНХИМЫ  
В ДРЕВЕСИНЕ ХВОЙНЫХ

Е. С. ЧАВЧАВАДЗЕ

Ботанический институт АН СССР

Дана классификация типов тяжелой паренхимы в древесине *Pinidae*, в основу которой положены характер распределения и количество паренхимных тяжей в слоях прироста. Всего выделено восемь типов тяжелой паренхимы.

Для многих представителей *Pinidae*, в древесине которых есть тяжелая паренхима, ее количество и распределение в толще годичных слоев служит важным диагностическим признаком.

Как известно, под тяжелой (древесной, или древесинной) паренхимой понимают вертикально направленные ряды живых клеток, где откладываются запасные и защитные вещества. У хвойных каждый тяж древесной паренхимы образован некоторым числом клеток, возникших в результате поперечного деления одной веретеновидной камбиальной клетки. В отличие от многих древесных двудольных, где тяжелая паренхима может занимать 20—30 и более процентов от общего объема древесины, у хвойных она всегда относительно немногочисленна, хотя физиологическая роль ее и у этих растений достаточно велика.

В основу классификации тяжелой паренхимы в древесине представителей подкласса *Pinidae* был положен характер распределения и количество ее в слоях прироста (при рассмотрении на поперечном срезе). Исходя из этого мы выделяем восемь типов распределения тяжелой паренхимы: скудно-диффузная — редкие одиночные клетки или тяжи, в беспорядке рассеянные между трахедами (рис. 1, 1—4); диффузная — более или менее часто встречающиеся клетки паренхимы, одиночно рассеянные между трахедами (рис. 1, 5—8), диффузно-агрегатная — одиночные клетки и небольшие тангентальные и радиальные полоски (по две—пять клеток) тяжелой паренхимы, разбросанные в беспорядке между трахедами (рис. 2, 1—3); зональная — одиночные клетки и небольшие тангентальные и радиальные полоски, сосредоточенные в определенных зонах годичного слоя (рис. 2, 4—6); кумулированная — скопление паренхимных клеток в виде компактных групп (по три — шесть) чаще всего вблизи сердцевинных лучей (рис. 2, 7—9); сопровождающая — группа клеток тяжелой паренхимы, окружающей вертикальный смоляной ход (рис. 3, 1—5); терминальная — одна из разновидностей зональной паренхимы, характеризующаяся тем, что образует зону обилия в конце слоя прироста (рис. 3, 5—6); остаточно-терминальная — скопление паренхимы на границе годичного кольца в поздней древесине, где она образует более или менее непрерывный слой небольшой ширины (в одну — две, реже три клетки) — рис. 3, 6.

Во всех типах, за исключением трех последних, принимается во внимание также возможное распределение тяжелой паренхимы в тех или иных участках толщи годичного слоя.

Характеризуя сопровождающую паренхиму, мы учитываем прежде всего число паренхимных клеток, окружающих смоляной ход. Если на поперечном срезе их насчитывается не более пяти — восьми, мы говорим о скудной сопровождающей паренхиме; в том случае, когда число паренхимных клеток достигает десяти — двадцати, можно сделать вывод о значительном количестве сопровождающей паренхимы; если число таких клеток превышает двадцать, мы называем сопровождающую паренхиму обильной. В первом случае сопровождающая паренхима обычно не образует замкнутой обкладки вокруг смоляного хода; во втором замкнутая обкладка может образовываться; в последнем — она чаще всего образуется.

УДК 634.0.6

**О ПРИВИВКЕ ЛЕСНЫХ ПОРОД ЗА КОРУ***П. С. КАПЛУНОВСКИЙ*

Закарпатская ЛОС

Описан способ прививки за кору, при котором производят два параллельных разреза коры и под полученную полосу помещают черенок. Способ испытан на прививках бука, дуба и лиственницы в Закарпатской ЛОС.

Прививка за кору издавна используется в садоводстве. Для лесных пород ее рекомендовал основоположник метода семенных плантаций, датский ученый-селекционер К. Сирах Ларсен [2]. В нашей стране о прививках дуба таким способом сообщает М. Котов [1]. Простота выполнения прививки за кору, возможность использования крупных подвойных растений, хорошее срастание компонентов прививки — важные положительные черты этого способа.

На Закарпатской лесной опытной станции прививка за кору стала успешно применяться с 1967 г. при закладке клоновых коллекций и лесосеменных плантаций бука, дуба и лиственницы. Мы используем технику выполнения прививки за кору, которую рекомендовал Сирах Ларсен.

Для прививки можно брать деревья диаметром до 5 см в месте среза, размещая по окружности среза несколько черенков. Необязательность равной толщины черенка и подвоя позволяет, независимо от размеров черенка, выполнять прививку на хорошо развитых крупных растениях. Это оказалось существенным при вегетативном размножении плюсовых деревьев. Некоторые из отборных дубов, буков и лиственниц имели возраст (в нашей практике) около 200 лет; естественно, что черенки из крон таких деревьев тонкие, небольшие. Однако на рослых крупных подвоях они приживаются вполне удовлетворительно. Наличие развитой корневой системы подвоя обуславливает дальнейший энергичный рост привитых побегов.

Последнее особенно проявилось в наших опытах с дубом. Прививка за кору была успешной, прирост равнялся 70—100 см в первый сезон. Ежегодно среди однолетних прививок встречались и рекордные экземпляры с приростом до 2 м, мощными и хорошо облиственными побегами. Большинство их относится к прививке за кору.

У бука этот способ прививки позволяет продлить весьма короткий весенний период работы. Копулировка успешна только при нераспустившихся почках подвоя, а способом за кору можно прививать до наступления облиствения побегов. И хотя тонкая кора бука усложняет работу (по сравнению с другими породами), выполненные прививки приживаются и растут очень хорошо. Удачны были прививки за кору и у лиственницы; на нашей экспериментальной плантации 4-летние привитые деревья достигают высоты 3,5—4 м.

Размещение на крупном срезе подвоя двух или трех черенков повышает надежность результатов. Было немало случаев, когда нормально развивался один черенок, а второй не приживался или страдал от случайных причин. На общий результат это не влияет. Если же прижились все черенки, из них на следующее лето выбирают лучший побег, остальные удаляют. Рана быстро затягивается, и формируется одноствольное деревце. Удаленные побеги можно использовать для нарезки черенков, идущих на вторичную прививку.

При закладке клоновых плантаций важно обеспечить долговечность привитых деревьев. Поэтому следует принимать во внимание все моменты, влияющие на устойчивость прививок. В этом отношении имеет значение и высота, на которой размещена прививка. Чем ближе место прививки к почве, тем устойчивее дерево. Прививая за кору, удается разместить срез у поверхности почвы даже при довольно крупных подвойных растениях. Энергичный рост привоев обеспечивает формирование штамба уже за один—два года, далее развивается крона желаемого для семенной плантации типа. Формируемые целенаправленной обрезкой кроны некоторых трехлетних прививок дуба на опытной семенной плантации имеют поперечник около 2 м. Эти деревья начали плодоносить.

В сохранности прививок важная роль принадлежит мерам ухода. Как только на привое появилась листва, обвязку из ниток надо снять, рядом с прививкой забить прочный колышек и к нему подвязывать побеги, чтобы их не сломал ветер. Эта мера

необходима в течение 1—2 лет. Наблюдения за срастанием компонентов прививки за кору показали, что затягивание среза обычно идет по всей его окружности, где начинает развиваться кольцевой валик каллюса. Полное зарастание среза происходит к концу второго вегетационного периода, а на более крупных подвоях на третий год. После этого на стволке еще заметно небольшое колено, которое, однако, по мере роста дерева сглаживается. Несмотря на большую первоначальную разницу диаметров черенка и подвоя, стволлик получается ровным, диаметр его одинаков выше и ниже места соединения компонентов прививки. Это обусловлено энергичным ростом привитого побега и говорит о надежности прививки, ее механической прочности. Опасения, что прививка за кору приведет к образованию коленчатого изгиба ствола, оказались необоснованными.

Очень важно не допустить подсушивания черенков. Поэтому пучки ветвей, перелосенные свежим (не влажным!) мхом, хранятся в металлических сосудах под слоем льда в холодильнике. Предварительная нарезка черенков не производится, их отрезают в ходе работы. При прививке листовых пород пучки ветвей ставят в сосуд с водой, что позволяет без ущерба для результатов работать даже в жаркую, сухую погоду. Это важно при массовой прививке, когда невозможно ограничиться только утренними и вечерними часами суток. Полезным приемом для всех пород (кроме бука) является надевание на прививку полиэтиленовых пакетиков размером  $10 \times 15$  см. Их готовят из пленки с помощью паяльника.

Способ прививки за кору как простой и эффективный метод вегетативного размножения древесных пород заслуживает распространения в связи с расширением в нашей стране работ по созданию клоновых лесосеменных плантаций.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. М. М. Котов. Прививки дуба при создании лесосеменных плантаций. «Лесоэксплуатация и лесное хозяйство», реферативная информация 33, 1966. [2]. С. Sygnes Larsen. Genetics in Silviculture. London, 1956.

УДК 634.0 : 379.85

## ТУРИСТИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ КАВКАЗСКИХ ЛЕСОВ

А. И. ТАРАСОВ

ЦИНИЛТЭ

Дана методика туристической классификации лесов Кавказа в зависимости от их рекреационного качества и местоположения и приведена оценка некоторых типичных лесных участков. Установлен характер зависимости между туристической оценкой и интенсивностью посещения леса туристами и отдыхающими.

В наше время все возрастающего социального значения лесов, в частности, как сферы туризма и отдыха, стало необходимым анализировать сложные взаимосвязи леса и туризма. В связи с этим Центральная научно-исследовательская лаборатория по туризму и экскурсиям ВЦСПС предприняла попытку разработать туристическую классификацию лесов Кавказа.

Туристическая оценка должна учитывать рекреационное качество леса, его местоположение и социальную емкость, то есть допустимую интенсивность освоения (последний момент в данной статье не обсуждается).

Рекреационное качество леса мы определяем по шкале, учитывающей влияние шести факторов (табл. 1). Конечно, подобная оценка весьма условна и позволяет получить лишь приближенные сопоставления.

Полнота древостоя. Оптимальная полнота древостоя — не ниже 0,4 — оценивается в 20 баллов. Разреженные древостой в значительной мере утрачивают природные и рекреационные свойства, поэтому древостой с полнотой 0,3 — 0,2 получают 10 баллов, с меньшей полнотой — 0.

Порода. Наличие экзотов, реликтов или уникальных деревьев других пород оценивается в 20 баллов; сосна — 10; дуб, каштан, пихта, ель, бук, ясень — 5; ольха, граб, березовое криволесье, фисташник, можжевельник — 0.

Дефицитность лесов. Естественно, что в безлесной местности (например, вблизи Баку, Еревана или Новороссийска) относительная ценность леса выше, чем около Сочи или Сухуми. В безлесных районах к оценке следует добавлять 20 баллов, в малолесных — 10, в многолесных — 0.

Возраст древостоя. Наиболее привлекательны древостой IV и высших классов (15 баллов), III класса — 10, II — 5, I — 0.

Таблица 1

Факторы	Максимальное количество баллов
Полнота древостоя	20
Порода	20
Дефицитность лесов	20
Возраст древостоя	15
Внешние факторы	15
Лесохозяйственное состояние	10
Итого	100

Внешние факторы. Наличие воды, живописных пейзажей и туристских объектов (пещер, dolmenов, крепостей и т. д.) оценивается по 5 баллов за каждый фактор. Непосредственная близость к морю — 15 баллов в любом случае.

Лесохозяйственное состояние. Отсутствие отрицательных последствий лесозаготовок, ветровала, гарей и т. п. оценивается в 10 баллов, незначительные отрицательные явления — 5, общее неудовлетворительное состояние леса — 0.

В зависимости от оценки целесообразно выделить четыре разряда лесов: I (75—100 баллов) — уникальные; II (50—75 баллов) — высокоценные; III (25—50 баллов) — обычные; IV (менее 25 баллов) — малоценные. Рекреационная оценка некоторых лесов Кавказа дана в табл. 2.

Таблица 2

Туристический разряд леса	Наименование леса, урочища, рощи
I	Хостинская тиссо-самшитовая роща, Пицундская роща
II	Цейская сосновая роща, Яломинские дубово-грабовые леса, Цихкадзорские леса, Гузерипльские леса Кавказского заповедника, Цемесская роща, Бобокватская эвкалиптовая роща, леса на горе Ахун, Амткельская самшитовая роща, Джанхотский бор, рощи Хетага
III	Большинство полноценных горных лесов (например, букняки и пихтарники в ущелье Ингури и Кодори, букняки в ущелье Аргуна и Дур-Дура), искусственные насаждения около Хашури, по Марготскому хребту и т. п.
IV	Колхидские заболоченные ольшаники, аридное редколесье предгорий, многие колхозные леса, разрошенные чрезмерными рубками

Предлагаемая балльная шкала отвечает на вопрос, какой фактор оценивается выше, но она не претендует на кардинальный ответ о том, во сколько раз выше. Любопытно, что отношения третьих степеней балльных оценок лесов сходного местоположения в ряде случаев соответствует отношению интенсивности их посещения туристами.

Наиболее обобщающий показатель местоположения — время проезда от города до леса в один конец. Это время следует дифференцировать на периоды до 1,5 час (ближние леса — Б), от 1,5 до 3 час (среднеудаленные леса — С), свыше 3 час (дальние леса — Д). Ближние леса доступны для отдыха после рабочего дня, среднеудаленные требуют для посещения один день, дальние — в большинстве случаев ночевки.

Четыре градации по рекреационному качеству и три по местоположению позволяют выделить 12 туристических разрядов леса: IB, IIC, IIID, и т. д. Учет разряда рекомендован ЦНИЛТЭ для наиболее рационального размещения предприятий туризма. В частности, в лесах I разряда и пожароопасных предлагается регулировать движение туристов, не допускать строительства предприятий туризма. Наиболее перспективны для размещения туристических предприятий леса II разряда, но плотность таких предприятий не должна превышать разумной нормы. В противном случае лесная среда будет нарушена, и существование леса подвергнется угрозе. Подобная

опасность реально нависла над Цейской рощей, Яломинскими лесными рощей в Архипо-Осиповке.

Сравнительная оценка леса  $M$  по рекреационному местоположению ближайшего города или курорта может быть рассчитана по формуле

$$M = \frac{P}{ltf} \frac{0,01 \text{ чел} \cdot \text{га}}{\text{км} \cdot \text{мин} \cdot \text{га} \text{ леса}}$$

где  $P$  — среднегодовое количество населения, включая приезжих;

$l$  — расстояние от города до леса по прямой, км;

$t$  — время в пути, мин;

$f$  — лесистость территории, %.

Ограничения параметров:  $l \geq 3$ ,  $t \geq 30$ ,  $f \geq 10$ .

Особенность данной формулы заключается в том, что удаленность лесов по существу дважды. Для лесов, находящихся в сфере нескольких километров, казатели суммируются. Соотношение различных участков по  $M$  приближенно соответствует интенсивности их посещения отдыхающими.

Вероятно, в будущем между лесным хозяйством, с одной стороны, и туристическими курортами, с другой, возникнут хозяйственные отношения, поскольку противоречие рекреационной деградации леса требует определенных затрат. Приведенная классификация леса связана с потенциальной дифференциальной рентой в туристическом туризме и может стать базой для соответствующих экономических расчетов.

УДК 631.55

## АНАЛИЗ УРОЖАЯ ШИШЕК ЕЛИ В ВЕЛЬСКОМ ЛЕСХОЗЕ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ В 1971 г.\*

А. И. БАРАБИН

Архангельский институт леса и лесохимии

Установлено, что ориентировочный урожай на пробе в ельниках зеленомошной группы равен урожаю первой — пятой мутовки деревьев диаметром 20 см и выше, умноженному на переводный коэффициент 7. Количество шишек на одном дереве можно подсчитать по уравнению прямой, зная урожай на первых пяти мутовках.

При прогнозировании урожая шишек ели по генеративным почкам за 10—11 месяцев до цветения [1], [3], [4], [6] важно знать количественное соотношение между баллом В. Г. Каппера и действительным урожаем шишек на одном дереве и на единице площади.

В 1971 г. мы закладывали пробные площади размером 0,5 га каждая без рубки деревьев. Было изучено плодоношение семи типов ельников: травяно-болотного, хвощово-сфагнового, черничника влажного, черничника свежего, лога и кисличника. Количество шишек подсчитывали по ранее разработанной методике [2]. Данные сведены в табл. 1.

Как и из прежних наших данных, видно, что с увеличением диаметра возрастает количество шишек на одном дереве в насаждении и на одном плодоносящем дереве. Наибольший урожай шишек наблюдался в лучших типах леса. Так, например, ельники лог, кисличник, черничник и брусничник плодоносили в 3 раза лучше, чем малопродуктивные ельники травяно-болотный и хвощово-сфагновый. Минимальное плодоношение наблюдается в худших типах леса (пробы 1 и 4), а также в ельнике-черничнике влажном (проба 5) и ельнике-брусничнике большой полноты (проба 3). Ельник-кисличник (проба 6) даже при полноте 0,7 дал больший урожай на 100 деревьев, чем ельник-брусничник с полнотой 0,5 (проба 7). Следовательно, тип леса оказывал хотя и не решающее, но значительное влияние на семенную продуктивность насаждений.

С увеличением диаметра растет процент плодоносящих деревьев. Однако общий процент плодоносящих деревьев не дает точного представления о наличном запасе шишек в насаждении, что отвечает ранее сделанным выводам [5].

При анализе таблиц видно также, что решающими факторами плодоношения даже в одном типе леса являются не класс возраста и состав, а диаметр и полнота

\* Работа выполнена под руководством доц. П. И. Войчала и доц. Л. И. Кравского, которым приношу благодарность.

Число плодоносящих шишек на одном дереве	
20	24
13	25
20,3	7
14	—
27,4	—
21	—
14,4	—
28	—
23,3	—
37	—
35	—

древостоя. Для подтверждения этого вывода материалы по пяти типам леса зеленомошной группы обработаны методами дисперсионного анализа. За фактор А принят диаметр, за фактор В — полнота. Всего для анализа взято 510 плодоносящих деревьев ели. Расчетные данные сведены в табл. 2.

Таблица 2

Величины	А	В	АВ
$\theta_{\text{выч}}$	49,6	18,9	4,06
$\theta_5$	3,15	3,15	2,52
$\theta_1$	4,98	4,98	3,65
$\theta_{01}$	7,76	7,76	5,31

Из таблицы следует, что урожай шишек на одном дереве отдельно по фактору А и фактору В определяется на уровне вероятности 0,999, по совокупности же факторов — на уровне 0,99.

Достоверности различия, вычисленные табличным способом, сведены в табл. 3.

Таблица 3

Величины	$A_2-A_1$	$A_3-A_2$	$B_1-B_2$	$B_2-B_3$
$\theta_{\text{выч}}$	504	844	16,3	4,57

Примечание.  $A_1$  — относительные диаметры до 0,8;  $A_2$  — 0,8—1,29;  $A_3$  — 1,3 и более;  $B_1$  — полнота 0,5;  $B_2$  — 0,6;  $B_3$  — 0,7.

Из табл. 3 следует, что  $A_2 > A_1$  и  $A_3 > A_2$  с достоверностью 0,999,  $B_1 > B_2$  с достоверностью 0,999,  $B_2 > B_3$  с достоверностью 0,99.

Соответственно, количество шишек на дереве возрастает с увеличением диаметра дерева и уменьшается при уменьшении полноты.

Распределение урожая (всего, а также первых пяти мутовок) по ступеням толщины (табл. 4) дает основание считать, что можно не учитывать шишки на деревьях диаметром 12 и 16 см, отчего общий урожай на пробках занижается незначительно (на пробе 1 на 4,2%, на пробе 2 — на 3,9%, на пробе 6 занижения вообще не было и т. д.). Средний процент не взятого в учет урожая по ельникам-зеленомошникам равен 1,5% (исключая урожай ельника-черничника влажного).

Таким образом, в 1971 г. (4-й балл цветения ели по Капперу) при учете деревьев диаметром 20 см и выше работы сократились бы на 20—70%. Иными словами, на каждой пробе площадью 0,5 га не было необходимости учитывать урожай на 40—100 деревьях ели.

Из табл. 4 видно также, что общий урожай шишек на первых пяти мутовках всех деревьев в насаждении колеблется незначительно в процентном отношении от общего урожая шишек на пробе (в среднем на 15,65%). Исключение составляют лишь пробы 4 и 5, что объясняется большим количеством деревьев с относительным диаметром меньше единицы (табл. 1). Процентное соотношение урожая на первых пяти мутовках с общим будет еще стабильнее, если не считать урожай на деревьях диаметром 12 и 16 см.

Урожай первых пяти мутовок в ельниках-зеленомошниках составляет в среднем 15,5% от общего урожая на пробе. Таким образом, для получения правдоподобных данных в практических целях нет необходимости считать урожай шишек в ельниках-зеленомошниках на всех кронах, а подсчитав урожай на первых пяти мутовках на деревьях диаметром 20 см и выше, умножить его на средний переводный коэффициент 7.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. И. Барабин. Прогнозирование плодоношения ели на Европейском Севере. Тезисы докладов Всесоюзного научно-производственного совещания по белке. Киров, 1967. [2]. А. И. Барабин. О лесотаксационных особенностях семеношения в связи с прогнозированием урожая семян ели. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1968. [3]. А. И. Барабин. Прогноз урожая еловых семян в районе ст. Емца Архангельской области на 1968 год. Материалы Всесоюзной научно-производственной конференции «Естественная производительность и продуктивность охотничьих угодий СССР», ч. 1, Киров, 1969. [4]. А. И. Барабин. Прогнозирование урожая семян ели методом подсчета числа женских почек. Архангельский ЦНТИ, информационный листок

№ 61—62, 1971. [5]. А. И. Барабин. О влиянии строения еловых насаждений по диаметру на урожай шишек. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1971. [6]. П. В. Зыков. О прогнозировании плодоношения ели по генеративным почкам. Журн. «Лесное хозяйство» № 2, 1967.

УДК 634.0.812

## ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ РОСТА НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ ЯВОРА, ПРОИЗРАСТАЮЩЕГО В КАРПАТАХ

И. С. ВИНТОНИВ

Львовский лесотехнический институт

Нами произведены исследования древесины явора с целью выявления влияния условий роста на технические свойства древесины. Ввиду статистически достоверного различия в физико-механических свойствах древесины явора с высотой над уровнем моря целесообразно резонансовый кряж высшего качества заготавливать в буковом поясе на высотах 800—1200 м.

Изменения условий роста деревьев на разной высоте над уровнем моря в горных районах в значительной степени отражаются на качестве древесины. Явор (*Acer pseudoplatanus* L.) в насаждениях Украинских Карпат произрастает в всех высотных поясах. Значительная примесь явора встречается в буковом поясе. В отдельных местах приполонинских лесов, выше 1400 м над уровнем моря, встречаются чистые яворники.

С целью выявления влияния высоты произрастания явора на физико-механические свойства древесины нами проведены соответствующие исследования. Таксационная характеристика пробных площадей приведена в табл. 1. Склоны размещения пробных площадей — южные. Рубки модельных деревьев и изготовление образцов проводили в соответствии с действующими ГОСТами.

Таблица 1

Показатели	Лесокомбинат, лесничество			
	Усть-Чернянский, Русско-Мокрянское, кв. 9, уч. 9, проба 1	Тересвянский, Н. Усть-Чернянское, кв. 13, л. уч. 19, проба 2	Жорнявский, Жорнявское, кв. 33, л. уч. 18, проба 3	Жорнявский, Стужицкое, кв. 20, л. уч. 1, проба 4,
Высота над уровнем моря, м	1170	1150	720	540
Состав насаждения	5Яв 3Бк 2Е	6Яв 4Бк	8Яв 2Бк	5ЕЗП2Яв
Полнота	0,8	0,8	0,8	0,8
Класс бонитета	II	II	Ia	Ia
Тип условий место-произрастания	C <sub>3</sub>	C <sub>3</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>3</sub>
Средняя высота, м	23	25	24	25
Средний диаметр, см	29	37	29	32
Средний возраст, лет	120	140	110	120
Средний запас на 1 га, м <sup>3</sup>	370	350	430	460

Исследования в лаборатории древесиноведения кафедры дендрологии и древесиноведения Львовского лесотехнического института показали, что древесина явора, расположенного на всех высотных поясах, имеет равномерное строение; средняя ширина годичных слоев 0,8 мм. Плотность древесины явора (0,610—0,620) и коэффициенты усушки практически одинаковы на всех высотных поясах лесной растительности в Карпатах.

Механические свойства древесины определяли с помощью испытательной машины УМ-5А и маятникового копра МК-10. Результаты испытаний, пересчитанные на 15%-ную влажность, приведены в табл. 2. Предел прочности при скальвании вдоль волокон (направление радиальное и тангенциальное) для явора, произрастающего на высоте 1170—1150 м над уровнем моря, значительно выше, чем произрастающего

Таблица 2

Показатели	Количество образцов	$M$	$\pm\sigma$	$\pm m$	$v, \%$	$p, \%$	$t$
Предел прочности при сжатии вдоль волокон, $кг/см^2$	319	432	53,2	2,96	12,3	0,69	—
	$\overline{100}$	$\overline{436}$	$\overline{43,2}$	$\overline{4,32}$	$\overline{10,0}$	$\overline{1,00}$	
Предел прочности при статическом изгибе, $кг/см^2$	247	870	97,0	6,2	11,2	0,71	—
	$\overline{84}$	$\overline{863}$	$\overline{125,0}$	$\overline{13,6}$	$\overline{14,6}$	$\overline{1,58}$	
Предел прочности при скалывании вдоль волокон, $кг/см^2$							
	а) по радиальной плоскости	$\overline{153}$ $\overline{59}$	$\overline{130}$ $\overline{78}$	$\overline{18,70}$ $\overline{18,36}$	$\overline{1,52}$ $\overline{2,38}$	$\overline{14,38}$ $\overline{23,20}$	$\overline{1,17}$ $\overline{2,36}$
б) по тангенциальной плоскости	$\overline{276}$ $\overline{48}$	$\overline{159}$ $\overline{107}$	$\overline{22,2}$ $\overline{16,2}$	$\overline{1,34}$ $\overline{2,33}$	$\overline{13,96}$ $\overline{15,20}$	$\overline{0,84}$ $\overline{2,18}$	$17,9 > 3$
Удельная работа при ударном поперечном изгибе, $кгм/см^3$	171	0,26	0,063	0,005	24,2	1,92	—
	$\overline{123}$	$\overline{0,24}$	$\overline{0,062}$	$\overline{0,0064}$	$\overline{29,6}$	$\overline{2,66}$	
Статическая твердость, $кг/см^2$							
	а) торцовая	$\overline{153}$ $\overline{151}$	$\overline{583}$ $\overline{531}$	$\overline{65,7}$ $\overline{87,2}$	$\overline{5,25}$ $\overline{7,02}$	$\overline{11,3}$ $\overline{16,4}$	$\overline{0,90}$ $\overline{1,32}$
б) радиальная	$\overline{152}$ $\overline{153}$	$\overline{397}$ $\overline{327}$	$\overline{43,6}$ $\overline{50,40}$	$\overline{3,54}$ $\overline{4,03}$	$\overline{10,98}$ $\overline{15,41}$	$\overline{0,89}$ $\overline{1,23}$	$13,0 > 3$
в) тангенциальная	$\overline{153}$ $\overline{151}$	$\overline{435}$ $\overline{372}$	$\overline{55,20}$ $\overline{54,40}$	$\overline{4,38}$ $\overline{4,42}$	$\overline{12,68}$ $\overline{15,00}$	$\overline{1,00}$ $\overline{1,22}$	$10,10 > 3$

Примечание. В числителе данные для пробных площадей 1 и 2; в знаменателе — для пробных площадей 3 и 4.

на высоте 540—720 м. Статическая твердость также заметно повышается с высотой произрастания явора. В буковом поясе на высоте 800—1200 м над уровнем моря твердость торцовая выше на  $60 кг/см^2$ , радиальная — на  $70 кг/см^2$ , тангенциальная — на  $63 кг/см^2$  по сравнению с аналогичными показателями древесины явора, заготовленной на высоте 540—720 м. Предел прочности при сжатии вдоль волокон и статическом поперечном изгибе, а также удельная работа при ударном поперечном изгибе не зависят от высоты произрастания явора.

Такая же закономерность изменения качества древесины установлена А. Л. Синкевичем для статической твердости древесины бука европейского, произрастающего в Карпатах.

Макропризнаки и плотность древесины явора, как показали исследования, практически одинаковы на всех высотных поясах лесной растительности, что позволяет сделать вывод о возможности использования древесины (не принимая во внимание высоту произрастания явора над уровнем моря) в фанерно-строгальном и мебельном производстве, в музыкальной промышленности, а также для изготовления паркета и художественных изделий.

Ввиду статистически достоверного различия в некоторых механических свойствах древесины явора целесообразно резонансовый край высшего качества заготавливать в буковом поясе на высоте 800—1200 м над уровнем моря.

УДК 634.0.865

## ПЛАСТИКИ ИЗ ОПИЛОК НЕКОТОРЫХ БОЛГАРСКИХ ПОРОД ДРЕВЕСИНЫ

*В. Н. ВИХРЕВА, И. А. ГАМОВА, А. С. ИЛИЕВА*

Ленинградская лесотехническая академия

Показано, что мелкие отходы некоторых пород древесины, произрастающей в Болгарии, пригодны для получения пластиков с высокой прочностью и водостойкостью.

В Проблемной лаборатории древесноволокнистых плит и пластиков в течение ряда лет проводятся изыскания экономически целесообразных способов переработки древесных опилок на пластики путем пропитки моно- и полимерами, содержащими реакционноспособные функциональные группы, вступающие во взаимодействие с гидроксильными группами компонентов древесины [1], [4].

Разработан ряд способов, позволяющих из неликвидных древесных отходов-опилок получать материалы, превосходящие по физико-механическим показателям натуральную древесину. Свойства полимердревесного материала определяются как природой применяемых моно- и полимеров, так и физическими и химическими свойствами древесного наполнителя, что в значительной степени зависит от породы древесины.

В настоящем сообщении представлены данные по использованию отходов древесины некоторых пород, произрастающих в Болгарии, для получения пластиков. Применяли опилки древесины сосны румелийской, прошедшие через сито с диаметром отверстий 2 мм; муку и мелкую стружку (после пропарки) древесины бука; смесь (80% ели и 20% бука) опилок, прошедших через сито с диаметром отверстий 2 мм.

При изготовлении пластиков опилки обрабатывали смесью мономеров, способных к реакции поликонденсации (мочевина и формальдегид) и полимеризации (смесь стирола и малеинового ангидрида), по режимам, разработанным для березовых опилок [2], [3].

Физико-механические показатели пластиков, полученных из опилок на основе мочевино-формальдегидного раствора и МФС, представлены в табл. 1, а на основе стирола и малеинового ангидрида — в табл. 2.

Таблица 1

Отходы	Показатели пластиков		
	объемный вес, г/см <sup>3</sup>	предел прочности при изгибе, кгс/см <sup>2</sup>	водопоглощение за 24 часа, %
Опилки сосны румелийской . . . .	1,35	650	0,60
	1,37	540	0,64
Смесь опилок (ель 80%, бук 20%)	1,37	627	0,88
	1,36	534	1,20
Мука и мелкая стружка бука . . .	1,39	733	0,66
	1,35	530	2,10

Примечание. В числителе данные для пластиков из опилок на основе конденсационного мочевино-формальдегидного раствора; в знаменателе (для сравнения) — на основе готовой мочевино-формальдегидной смолы (М 19-62).

Таблица 2

Опилки	Привес сополимера, %	Показатели пластиков		
		объемный вес, $г/см^3$	предел прочности при изгибе, $кгс/см^2$	водопоглощение за 24 часа, %
Сосны румелийской . .	39,2	1,30	406	0,68
Бука . . . . .	42,2	1,30	476	0,48

Физико-механические свойства пластиков можно улучшить корректировкой параметров технологического режима применительно к опилкам данной древесной породы.

## ЛИТЕРАТУРА

[1]. В. Н. Вихрева, Л. Н. Наткина, Н. Я. Солечник. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 1970. [2]. В. Н. Вихрева, Л. Н. Наткина, Н. Я. Солечник. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1970. [3]. И. А. Гамова, Т. С. Коромылова, Л. Н. Наткина. Журн. «Механическая обработка древесины» № 11, 1969. [4]. Л. Н. Наткина, И. А. Гамова. Пластификация и модификация древесины. Рига, 1970.

УДК 634.0.813

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАБИЛИЗАЦИИ РАЗМЕРОВ  
МОДИФИЦИРОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ АЦЕТИЛИРОВАНИЕМ

А. К. СИДОРЕНКО, Н. Ф. КУЗЬМИН, Е. К. РЕШЕТНИКОВ

Днепропетровский химико-технологический институт

Приведены результаты исследований по повышению стабильности размеров прессованной древесины ДП (ГОСТ 9629—66) ацетилированием.

Для опытов мы брали образцы (размером  $20 \times 20 \times 30$  мм) естественной древесины березы объемным весом  $0,68 \text{ г/см}^3$  и прессованной древесины объемным весом  $1,1 \text{ г/см}^3$ . Образцы высушивали до абс. сухого состояния, взвешивали, точно измеряли и выдерживали в ледяной уксусной кислоте при  $t = 20^\circ\text{C}$  в течение 48 час. Затем их подвергали ацетилированию в ацетилирующей смеси при  $t = 30^\circ\text{C}$  в течение 3 час. После этого образцы промывали водой и высушивали при  $t = 40 \div 60^\circ\text{C}$  в течение 6 час.

Набухание образцов исследовали в тангенциальном и радиальном (рис. 1) направлениях. В тангенциальном направлении образцы не набухали. Это можно объяснить

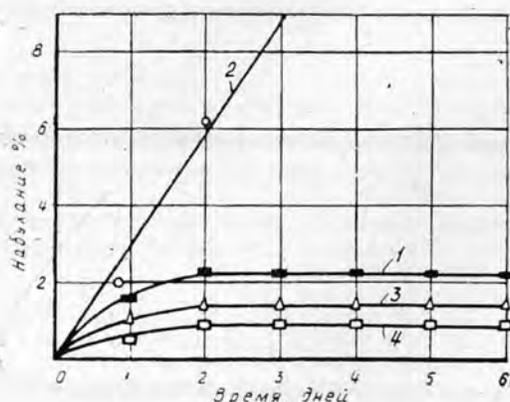


Рис. 1. Набухание в радиальном направлении древесины.

1 — естественной; 2 — естественной прессованной; 3 — ацетилированной непрессованной; 4 — ацетилированной прессованной.

тем, что расположенные в древесине сердцевинные лучи, обладая незначительным сжатием в этом направлении, задерживают набухание.

Установлено, что скорость набухания образцов в радиальном направлении в начале процесса наибольшая, а затем уменьшается, по мере насыщения водой пространства между цепными молекулами гидрофильных компонентов древесины. Удлинения размеров образцов при набухании не наблюдается.

Исследования стабилизации размеров древесины ацетилизированием показали, что за один и тот же промежуток времени набухание ацетилизированных образцов в 3,8 раза меньше, чем натуральных. Полной стабилизации размеров древесины после ацетилирования не происходит.

УДК 674.053

## КОЛЕБАНИЯ КОНИЧЕСКИХ И СТРОГАЛЬНЫХ КРУГЛЫХ ПИЛ ПРИ ХОЛОСТОМ ВРАЩЕНИИ

Ю. М. СТАХИЕВ, В. В. ДУНАЕВА

ЦНИИМОД

Приведены результаты теоретического и экспериментального исследования по определению критических чисел оборотов серийно выпускаемых конических и строгальных пил при холостом вращении.

Колебания конических и строгальных пил изучены недостаточно, поэтому сотрудниками ЦНИИМОДа в 1972 г. проведены исследования колебаний этих пил при холостом вращении. Методика и техника исследований аналогичны ранее описанным для плоских круглых пил по ГОСТу 980—69 [1].

Вначале были определены экспериментально частоты собственных колебаний конических и строгальных пил в статике для изгибных форм колебаний с числом узловых диаметров  $\lambda = 0 \div 6$ . Результаты сопоставлены с рассчитанными ЦНИИМОДом значениями частот собственных колебаний конических пил без начальных напряжений в диске (табл. 1).

Таблица 1

Диаметр пилы, мм	Толщина пилы, мм	Диаметр фланцев, мм	Частоты собственных колебаний, гц, при числе узловых диаметров $\lambda$						
			0	1	2	3	4	5	6
<b>Конические пилы</b>									
500	1,0	150	95	96	112	156	218	295	382
	3,4		99	100	106	133	182	245	320
630	1,2	150	56	57	70	105	153	210	273
	3,4		56	57	62	85	122	169	223
710	1,4	150	50	48	56	80	117	160	210
	3,4		49	48	54	75	110	153	202
<b>Строгальные пилы</b>									
315	3,2	125	—	168	201	320	519	775	1092
	1,8		—	—	—	—	—	—	—
400	3,8	125	—	115	135	236	404	626	894
	2,0		—	—	—	—	—	—	—

Примечание. В числителе экспериментальные значения частот; в знаменателе — расчетные.

Данные табл. 1 показывают, что изготовленные на Горьковском металлургическом заводе пилы имели напряженное состояние, отличное от нулевого. Результаты наиболее совпадают для пил диаметром 710 мм. Для пил диаметрами 500 и 630 мм расхождение теоретических и экспериментальных значений частот собственных колебаний не превышало 25%.

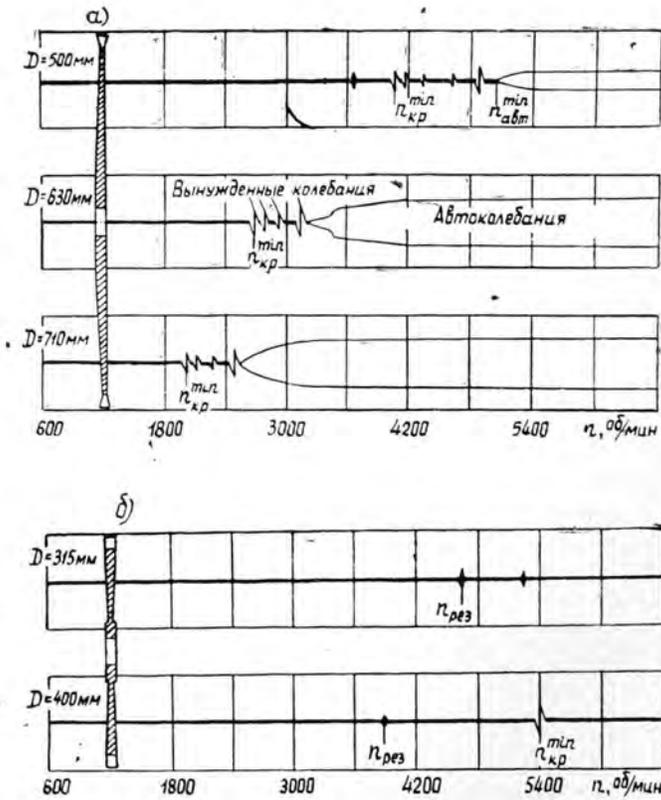


Рис. 1. Осциллограммы колебаний круглых пил.  
а — конических; б — строгальных.

Результаты разгонных испытаний пяти пил (табл. 1) при холостом вращении приведены на рис. 1 и в табл. 2.

Таблица 2

Диаметр пил, мм	Толщина пил, мм	Диаметр фланцев, мм	Минимальное критическое число оборотов в 1 мин	Минимальное число оборотов, соответствующее началу возникновения автоколебаний, об/мин
-----------------	-----------------	---------------------	--	--

Конические пилы

00	1,0	150	4000	5000
	3,4			
630	1,2	150	2600	3300
	3,4			
710	1,4	150	2000	2500
	3,4			

Строгальные пилы

315	3,2	125	>6500	>6500
	1,8			
400	3,8	125	6100	>6500
	2,0			

Конические круглые пилы обычно эксплуатируют на ребровых станках ЦР-4, имеющих число оборотов пильного вала 1800 об/мин, а иногда на педально-торцовочных с числом оборотов 1600—1800 об/мин, строгальные пилы — на круглопильных станках с числом оборотов пильного вала 3000 об/мин. Сопоставление этих данных с данными табл. 2 показывает, что минимальное критическое число оборотов пил при холостом вращении выше паспортных чисел оборотов пильных валов станков. Однако для конических пил диаметрами 630 и 710 мм эти величины близки друг к другу. Поэтому следует обращать больше внимания на подготовку диска, приводящую, как известно [2], к увеличению критических чисел оборотов на 10—60% в зависимости от исходного напряженного состояния. Необходимо также учитывать, что температурный перепад по радиусу диска пилы понижает критические числа оборотов.

Интересно определить критические числа оборотов конических и строгальных пил по частотам собственных колебаний  $\nu$ , измеренным в статике (табл. 1). Для этого в порядке первого приближения воспользуемся значениями динамического коэффициента  $B$  (табл. 3), определенного для плоских круглых пил [1].

Таблица 3

Отношение диаметра фланцев к диаметру пилы	Динамический коэффициент $B$ при $\lambda$ , равном					
	1	2	3	4	5	6
0,2—0,32	1,20	2,25	3,80	5,60	7,45	9,55
0,4	1,75	1,95	3,40	5,15	7,20	9,35

Согласно работе [1], критическое число оборотов

$$n_{кр} = \frac{\nu}{\sqrt{\lambda^2 - B}} \text{ об/сек.}$$

Расчетные значения  $n_{кр}$  для значений  $\nu$  по табл. 1 приведены в табл. 4.

Таблица 4

Диаметр пилы, мм	Толщина пилы, мм	Диаметр фланцев, мм	Критические числа оборотов, об/мин, при $\lambda$ , равном				
			2	3	4	5	6
Конические пилы							
500	1,0	150	5100	4100	4060	4230	4580
	3,4						
630	1,2	150	3180	2760	2850	3010	3190
	3,4						
710	1,4	150	2540	2100	2180	2350	2450
	3,4						
Строгальные пилы							
315	3,2	125	8240	8150	9450	11020	12710
	1,8						
400	3,8	125	6130	6220	7540	8950	10420
	2,0						

Сопоставление данных табл. 2 и 4 показывает, что минимальные критические числа оборотов, рассчитанные по вышеприведенной формуле и полученные осциллографированием при разгонных испытаниях (рис. 1), хорошо согласуются. Поэтому для определения критических чисел оборотов конических и строгальных пил с достаточной для практики точностью можно пользоваться динамическим коэффициентом  $B$  для плоских круглых пил (табл. 3) и экспериментально определенными значениями частот собственных колебаний невращающихся конических и строгальных пил.

Таким образом, рабочее число оборотов конических и строгальных пил должно быть ниже минимального критического числа оборотов. При холостом вращении, по аналогии с рекомендациями для плоских круглых пил [1], рабочее число оборотов должно быть ниже не менее чем на 15—20%.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ю. М. Стахив, Резонансные колебания плоских дисковых пил. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1970. [2]. Ю. М. Стахив, Колебания тонких стальных дисков. Журн. «Вестник машиностроения» № 8, 1972.

УДК 674.8:691.11

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДРЕВЕСНОЙ КОРЫ В ДЕРЕВОБЕТОНЕ

А. Т. МИЛЛЕР, М. С. МИЛЛЕР

Красноярский политехнический институт

М. М. ЦЫВИН, И. В. ШМАКОВ

ЦНИИМОД

Рассмотрены вопросы применения древесной коры в качестве заполнителя для строительного материала — королита. Даны составы королитовых смесей и приведены основные технологические факторы, определяющие возможности применения материала в строительстве, приведены физико-механические свойства королита.

Среди отходов лесной промышленности большую долю составляет древесная кора, которая практически не используется; удаление ее с производственных площадей вызывает непроизводительные затраты труда и денежных средств. Измельченная кора может служить заполнителем для изготовления легкого бетона — королита с достаточно высокими прочностными показателями\*.

При изготовлении королита в качестве вяжущих материалов используют портландцемент и белитошламовый цемент (БШЦ), в качестве минерализатора для портландцемента применяют хлористый кальций.

Рядом исследователей (П. А. Ребиндером, Б. Н. Кауфманом, Л. М. Шмидтом, Зандерманом, Деном и др.) установлено, что на минеральные вяжущие оказывают влияние водозэкстрактивные вещества древесины. Поэтому необходимо было изучить их содержание в коре и характер влияния на применяемые вяжущие.

В табл. 1 приведены данные о содержании водозэкстрактивных веществ в коре и в древесине. По сравнению с древесной корой содержит больше водорастворимых, а входящие в состав этих веществ сахара, в основном, представлены труднорастворимыми сахарами.

Таблица 1

Порода	Общее содержание водозэкстрактивных		В том числе сахаров	
	в коре	в древесине	в коре	в древесине
Ель	11,80	1,96	0,30	1,07
Сосна	11,30	3,04	0,26	1,20
Лиственница	13,60	12,52	0,60	9,02

Из произрастающих в Сибири пород распространена лиственница, в коре которой содержится много таннидов. К местам переработки лиственница доставляется, главным образом, сплавом. Длительное пребывание в воде приводит к изменению содержания водозэкстрактивных веществ в коре. В табл. 2 приведены данные опытов по определению количества водорастворимых веществ в неокоренных чураках лиственницы в зависимости от диаметра бревен и выдержки в воде при температуре +20°C. Кора лиственницы в воде теряет таннидов меньше, чем нетаннидов, так как танниды с водой образуют коллоидные растворы, которые трудно вымываются из особых таннидоносных клеток. Содержание водозэкстрактивных веществ в коре на более толстых бревнах увеличивается.

Нами исследовано взаимодействие коры с указанными выше вяжущими: портландцементом и БШЦ. С этой целью изучали влияние на цементы главной группы

\* М. М. Цывин, И. В. Шмаков. Авторское свидетельство № 310818.

Таблица 2

Показатели	Диаметр бревен, см	Численные значения показателей, % от массы коры, при выдержке в воде в течение		
		0 суток	50 суток	100 суток
Водорастворимые вещества	65	13,3	11,8	9,0
	35	11,3	10,0	8,3
	20	11,0	10,3	7,3
Таннины	65	8,3	8,3	6,8
	35	7,5	7,5	6,0
	20	6,7	6,4	5,5
Нетаннины	65	5,0	3,5	2,2
	35	4,8	2,5	2,3
	20	4,3	4,0	1,7

содержащихся в коре водорастворимых веществ — таннидов, а также естественных водных экстрактов из коры. Изготавливали балочки размером  $16 \times 4 \times 4$  см при нормальной густоте цементного теста, половинки балочек после выдержки в течение 28 суток испытывали на изгиб и сжатие. Опыты показали, что прочность образцов, изготовленных на портландцементе марки 400 Красноярского завода при добавках к дистиллированной воде дубильных веществ от 0 до 6%, не изменяется. Значит, содержание в коре дубильных веществ не может отрицательно влиять на прочность королита.

Известно, что прочностные свойства портландцемента значительно снижаются с введением в раствор водозэкстрактивных веществ древесины. Теоретическое обоснование этого — взаимодействие компонентов портландцемента с легкорастворимыми сахарами, в результате чего образуются сахараты кальция, а затем алюмосиликагель, обволакивающий зерна цемента и препятствующий их гидратации.

Общее содержание водозэкстрактивных в коре выше, чем в древесине, однако в коре меньше легкорастворимых сахаров. Практически при изготовлении королита в цементном растворе содержится 0,3—0,5% водозэкстрактивных веществ, в том числе сахаров только 0,01—0,05%. В результате исследований установлено, что введение в цементное тесто водных экстрактов коры концентрации 0,2—0,3% даже несколько увеличивает прочность образцов; повышение концентрации до 0,4—0,5% снижает их прочность на 10—15%.

Проверка влияния водных экстрактов коры на белитошламовый цемент показала, что это вяжущее не снижает своих прочностных свойств от присутствия водозэкстрактивных веществ коры; последние оказывают даже положительное действие, удлиняя сроки схватывания БШЦ.

Результаты проведенных нами исследований согласуются с выводами ранее работавших в этой области исследователей о механизме воздействия сахаров на цемент. Таннины же являются, очевидно, лишь поверхностно-активными веществами, поэтому прочность цементного камня не снижают.

Нами изучена зависимость прочностных качеств королита от породного состава коры и способа изготовления из нее заполнителя. Для опытов использовали и образцы из коры лиственницы и сосны размером  $15 \times 15 \times 15$  см. Условия твердения постоянные: влажность воздуха 60—80%, температура 15—20°C. Испытания на сжатие проводили через одни сутки — сразу после распалубки образцов и через 28 суток выдержки, то есть по достижении проектной прочности. Для каждой серии опытов брали 24 образца.

Таблица 3

Вяжущее	Весовое соотношение коры к цементу	Прочность на сжатие, кг/см <sup>2</sup> , при выдержке в течение		Объемная масса, кг/м <sup>3</sup>
		1 суток	28 суток	
Портландцемент марки 400 Красноярского завода +3% хлористого кальция	1 : 1,7	5,0	20,8	650—750
	1 : 1,7	5,6	16,5	650—750
Белитошламовый цемент марки 200	1 : 1,7	5,1	21,9	650—750
	1 : 1,7	5,1	16,9	650—750

Примечание. В числителе данные для коры лиственницы; в знаменателе — для коры сосны.

Данные о зависимости прочности образцов королита от породы коры и вида вяжущего приведены в табл. 3. Прочность королита на портландцементе с минерализатором в виде хлористого кальция и на белитошламовом цементе практически одинакова. Более прочный материал получается из коры лиственницы, очевидно, за счет более высоких прочностных свойств самой коры.

Данные о прочности королита на БШЦ марки 200 приведены в табл. 4.

Таблица 4

Фракция коры	Прочность на сжатие, $\text{кг/см}^2$ , при выдержке в течение	
	1 суток	28 суток
6/3	5,8	22,1
13/6	6,5	18,3
15/13	8,0	14,9
20/15	8,5	13,1
Оптимальная смесь	8,5	23,7

Примечание. Объемная масса для всех фракций коры 700—800  $\text{кг/м}^3$ .

При применении портландцемента марки 300 Савинского завода лучшие результаты показали образцы из заполнителя фракции 10/2 (предел прочности на сжатие  $R=11,3 \text{ кг/см}^2$  при объемной массе  $\gamma_{\text{сух}}=680 \text{ кг/м}^3$ ). Для королита следует рекомендовать следующий оптимальный гранулометрический состав по остаткам на ситах: при диаметре отверстий 20 мм — 1—2% по весу; 10 мм — 7—12; 5 мм — 50—65; 2 мм — 25—30; дно — 1—2% по весу.

Первоначальная прочность королита выше при более крупных частицах заполнителя, что объясняется влиянием прочности самих частиц, но крупнозернистый заполнитель не дает высокой конечной прочности материала. Оптимальный состав смеси по крупности позволит получить высокую прочность к сроку распалубки и хорошую конечную прочность материала.

Физико-механические свойства королита в зависимости от расхода вяжущих представлены в табл. 5. Наиболее экономичным следует признать соотношение коры к вяжущему 1:1,70 и 1:2,0 ( $K/C=0,5=0,6$ ). Прочность образцов королита из коры, пораженной плесневыми грибами, снижается на 30% по сравнению с прочностью образцов из здоровой коры.

Таблица 5

Вяжущее	Весовое соотношение к цементу (К/Ц)	Прочность на сжатие, $\text{кг/см}^2$ , при выдержке в течение		Объемная масса, $\text{кг/м}^3$
		1 суток	28 суток	
БШЦ	1:1,13 (0,9)	5,0	13,3	600—650
	1:1,50 (~0,67)	5,8	20,6	650—700
	1:1,70 (0,6)	9,0	23,8	700—750
	1:2,0 (0,5)	10,1	27,3	800—900
Портландцемент 300	1:2,0 (0,5)	—	16,3	732
	1:1,70 (0,6)	—	11,3	678

На прочность королита, как и всякого деревобетона, влияют способ и режим уплотнения шихты. Проведенные исследования показали, что с повышением давления прессования увеличивается прочность материала и его объемная масса. Для уплотнения смеси рекомендуем применять давление прессования 4—6  $\text{кг/см}^2$ .

Зависимость объемной массы уплотненной смеси от давления прессования иллюстрируется графиком  $\gamma_{\text{см}}=f(p)$  (рис. 1). По графику можно судить, какое усилие прессования необходимо создать на производственном формовочном оборудовании для достижения требуемой степени уплотнения смеси. Наиболее эффективным оказалось уплотнение в формах 0,01—0,03  $\text{кг/см}^2$ , полученное методом вибрирования с пригрузом. Этот метод позволит одновременно с уплотнением получить и более равномерное распределение частиц заполнителя в изделии.

Исследования водопоглощения королита, иллюстрируемые графиками  $W_1=f(t)$  (рис. 2) и  $W_1=f(\gamma_{\text{сух}})$  (рис. 3), показали, что за первые сутки материал набирает

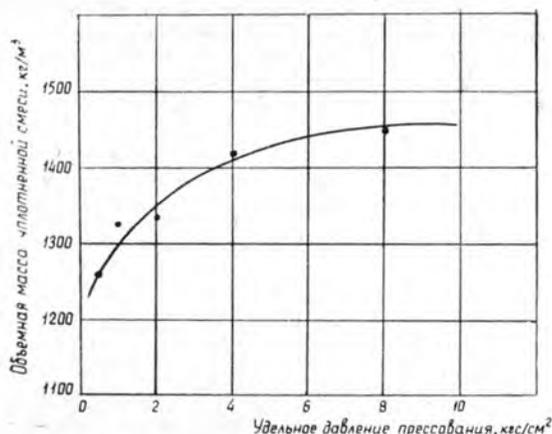


Рис. 1.

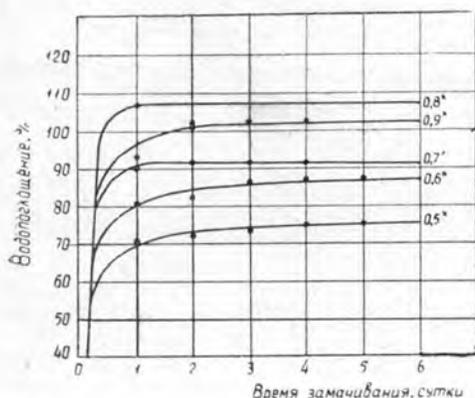
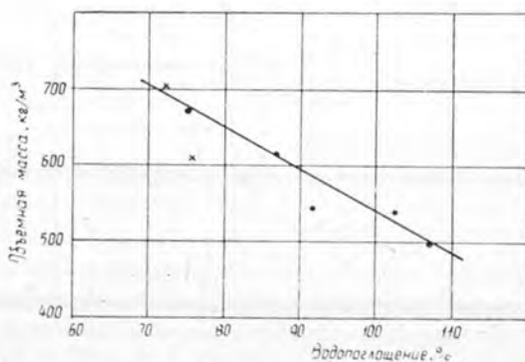


Рис. 2. Зависимость водопоглощения королита от времени.

Рис. 3. Зависимость водопоглощения королита от объемной массы.



до 90% от максимально поглощенного им количества влаги, далее процесс насыщения замедляется и достигает наибольших величин через 2—4 суток. С уменьшением объемной массы материала водопоглощение королита возрастает и при  $\gamma_{\text{сух}} = 500 \text{ кг/м}^3$  достигает 110%. Из этого следует, что в конструкциях и сооружениях требуется тщательно защищать королитовые изделия от воздействия атмосферных осадков и гидроизолировать доколы.

Испытания на морозостойкость показали, что образцы королита после 25 циклов замораживания и оттаивания сохраняют не менее 95% исходной прочности, а их разбухание при этом не превышает 1% от первоначальных размеров.

Следовательно, королит может успешно применяться в малоэтажном строительстве как теплоизоляционный и конструктивно-теплоизоляционный материал.

УДК 581.132

## ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛЕСОНАСАЖДЕНИЙ БЕЛОРУССИИ

Г. И. МАРГАЙЛИК

Институт ботаники АН БССР

Приведены показатели фотосинтетической продуктивности однородных сосновых, еловых, березовых, осиновых и ольховых насаждений, полученные в результате обработки на ЭВМ «Минск-22» данных 58 пробных площадей ряда лесхозов Белоруссии.

В отечественной и зарубежной лесоводственной литературе имеются сведения о фотосинтетической деятельности различных древесных пород [1]—[9], [11]—[14], [16], [18]—[26]. Фотосинтетическая продуктивность насаждений основных лесобразующих древесных пород на территории Белоруссии исследована нами впервые. Экспериментальные работы проводили в 1966—1971 гг. Объектами исследований являлись однородные 25-30-летние насаждения сосны обыкновенной (сосняк мшистый) и ели обыкновенной (ельник мшистый), а также березы бородавчатой (березняк папоротниково-травяной), осины обыкновенной (осинник папоротниково-травяной) и ольхи черной (ольс таволговый) II класса бонитета, со средней полнотой 0,7, подобранные в ряде лесничеств Минского, Логойского, Бегомльского, Домановичского и Калинковичского лесхозов БССР. Всего заложено и обработано 58 пробных площадей.

Режимы освещенности крон деревьев мы измеряли по собственной методике [15], интенсивность фотосинтеза определяли по методике Л. А. Иванова и Н. Л. Коссович [10], в 10-кратной повторности, с 30-минутной экспозицией, три раза в течение светового дня — (в 8, 14 и 20 час.). На основании полученных данных определяли среднесуточную интенсивность фотосинтеза для каждой породы с учетом освещенности крон, размеров ассимиляционной поверхности листьев (хвои); соотношений величины фитомассы световых и теневых листьев (хвои) и введением корректирующих поправок на дыхание. С помощью ЭВМ «Минск-22» рассчитывали фотосинтетическую продуктивность изучаемых лесонасаждений. Систематизированные цифровые материалы представлены в табл. 1.

Данные таблицы показывают, что освещенность крон лесобразующих древесных пород, размеры фитомассы их листьев и хвои, интенсивность фотосинтеза, а соответственно, и фотосинтетическая продуктивность различных лесонасаждений весьма характерны.

Специфика освещенности крон древесных пород, их плотность, светопроницаемость, облиственность (охлажденность) и т. д. обуславливают особенности освещенности древесного полога насаждений и, естественно, оказывают основное влияние на рассеивание средних показателей дневного хода фотосинтеза. Мы уже фиксировали определенную зависимость между пропусканием ФАР верхним ярусом и сквозистостью лесного полога [17].

Судя по полученным цифровым данным, фотосинтетическая продуктивность лесонасаждений Белоруссии обуславливается главной породой, формирующей фитоценоз, и спецификой радиационного режима в пологе. По степени фотосинтетической продуктивности исследованные лесные насаждения располагаются в следующий ряд (в порядке убывания): ель обыкновенная, сосна обыкновенная, осина обыкновенная, береза бородавчатая, ольха черная.

Благоприятные сочетания режима освещенности, водоснабжения, температуры и минерального питания могут позволить намного увеличить коэффициент использования энергии солнечной радиации, а следовательно, повысить продуктивность лесных насаждений. В этом отношении большая и важная роль принадлежит правильному подбору пород в соответствии с условиями произрастания, агротехникой культур и поддержанием оптимальной их густоты по периодам роста, своевременными, рациональными рубками ухода за молодняками.

Оптимальные полноты насаждений, при которых достигается наилучшее распределение энергии внутри полога, обуславливаются главной породой (степенью ее сравнительного светолюбия) и возрастом. Фотосинтетическая продуктивность лесных древесных пород уменьшается с возрастом насаждений. Кроме того, поглощение лучистой энергии зависит от периода вегетации. Интенсивно растущие молодые листья (хвои) сильнее поглощают лучистую энергию по сравнению со зрелыми, рост кото-

Таблица 1

Показатели	Сосна обыкновенная (10С)	Ель обыкновенная (10Е)	Осина обыкновенная (10Ос)	Береза бородавчатая (10Б)	Ольха черная (10Ол)
Средняя освещенность кроны одного модельного дерева на пробе, тыс. лк	23,5	15,3	28,0	33,8	17,3
Средняя интенсивность фотосинтеза мг CO <sub>2</sub> в час на 1 г сырого веса листьев (хвои)	3,56	5,96	7,30	8,14	4,70
Средняя продуктивность фотосинтеза 1 г листьев (хвои) за световой день, мг CO <sub>2</sub> в час	42,72	71,52	87,60	97,68	56,40
Средние размеры фитомассы одного модельного дерева, кг сырого веса листьев (хвои)	10,9	10,3	4,2	3,6	4,4
Среднее число деревьев на 1 га исследуемых насаждений (в пересчете с проб)	945	2695	815	755	910
Средняя фотосинтетическая продуктивность 1 га исследуемых насаждений за один вегетационный период (1966—1971 гг.), т на 1 га	4,39	19,85	3,35	2,65	2,19
Сравнительные данные, %	22,1	100,0	16,9	13,4	11,1

рых фактически прекращен и фотосинтетическая деятельность заглушена. Энергетические возможности основных лесонасаждений Белоруссии характеризуются следующими данными, полученными при обработке пробных площадей. Оптимальные размеры фитомассы составляют для сосны 80—90 тыс. м<sup>2</sup> на 1 га, березы — 35—40, осины — 40—50, ольхи — 28—33 и ели 55—68 тыс. м<sup>2</sup> на 1 га древостоя. Размеры текущего прироста (средние за последнее десятилетие), по данным исследования модельных деревьев, взятых на пробах, характеризуются следующими цифрами: сосна обыкновенная — 2,85 м<sup>3</sup> на 1 га, ель обыкновенная — 3,28; береза бородавчатая — 2,03; осина обыкновенная — 2,91; ольха черная — 2,50 м<sup>3</sup>.

Процессы фотосинтетической деятельности древесных лесных пород следует регулировать с таким расчетом, чтобы обеспечить оптимальную освещенность верхней, наиболее производительной части кроны максимально активными лучами, поглощаемыми хлорофиллом. Это приведет к усиленному приросту по высоте, ускорит отмирание сучьев в нижней части кроны, будет содействовать быстрейшему очищению стволов и повышению продуктивности насаждений в целом.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. М. Боровикова. Интенсивность фотосинтеза деревьев разных классов роста в одновозрастной сосновой культуре. Журн. «Физиология растений», т. 18, вып. 2, 1971. [2]. В. А. Бриллиант. Фотосинтез как процесс жизнедеятельности растений. Изд. АН СССР, М., 1949. [3]. М. И. Будыко, Н. А. Ефимова. Использование солнечной энергии растительным покровом на территории СССР. «Ботанический журнал», т. 53, № 10, 1968. [4]. Р. Ван дер Вин, Г. Мейер. Свет и рост растений. ИЛ, М., 1962. [5]. К. А. Гар, И. В. Гулидова. Режим освещенности и фотосинтез у елового подростка в березово-еловых древостоях Вологодской области. Сб. «Физиологические основы роста древесных растений», вып. III. М., 1961. [6]. В. П. Дадькин. Световое питание растений на Крайнем Севере. Сб. «Физиология древесных растений», изд. АН СССР, М., 1962. [7]. Х. Димитров. Вверху дневная и сезонен ход на фотосинтезата при някои горско-дървесни видове. «Горскостопанска наука», т. 5, № 5, 1968. [8]. Н. С. Завьялова, Ю. П. Каширо, Ю. А. Терешин, В. И. Юшков. Световой режим и фотосинтетическая деятельность сосны обыкновенной в подзоне южной тайги Зауралья. Тезисы Всесоюзного совещания по вопросам питания древесных растений, Петрозаводск, 1969. [9]. А. Г. Зыряев. Эффективность работы листовой массы дуба в смешанных насаждениях. Журн. «Лесное хозяйство» № 11, 1958. [10]. Л. А. Иванов, Н. Л. Косович. Полевой метод определения фотосинтеза в ассимиляционных колбах. «Ботанический журнал», т. 31, № 5, 1946. [11]. Н. И. Казимиров, И. А. Кузьмин, Р. М. Сбоева. Световой режим и продуктивность ели при рубках ухода в двухъярусных березняках. Тезисы Всесоюзного совещания по вопросам питания древесных растений и повышения

продуктивности насаждений, Петрозаводск, 1969. [12]. Н. Л. Коссович. Фотосинтез и продуктивность 45-летних елей в елово-лиственном древостое в результате рубок ухода 6-летней давности. Сб. «Световой режим, фотосинтез и продуктивность леса», М., 1967. [13]. М. А. Логинов, Ю. С. Насыров, В. К. Кичитов. Эколого-физиологические особенности фотосинтеза естественных и интродуцируемых древесных растений Таджикистана. Тезисы докладов III Уральского совещания по физиологии и экологии древесных растений. Уфа, 1970. [14]. Г. И. Маргайлик. Влияние света на рост и развитие древесных растений Белоруссии. Минск, 1964. [15]. Г. И. Маргайлик. Методика измерения освещенности в лесонасаждениях. Сб. «Дендрология и лесоведение» БО ВВО, Минск, 1967. [16]. Г. И. Маргайлик, Н. Д. Нестерович. Влияние света на древесные растения. Изд-во «Наука и техника», АН БССР, Минск, 1969. [17]. Г. И. Маргайлик, Д. С. Трухановский. Освещенность полога лесонасаждений. Сб. «Флористические и геоботанические исследования в Белоруссии», БО ВВО, Минск, 1970. [18]. Б. С. Мартынович. Особенности фотосинтеза ели и осины в чистых и смешанных насаждениях. Сб. «Фитоценологические исследования в Белоруссии», изд. АН БССР, Минск, 1971. [19]. Е. Н. Михалева. Особенности фотосинтеза у грецкого ореха в связи с процессом адаптации. Тезисы докладов III Уральского совещания по физиологии и экологии древесных растений, Уфа, 1970. [20]. П. Т. Обыденный. Изучение фотосинтеза и дыхания древесных растений. Сб. «Растениеводство, селекция и лесоводство», вып. 1, М., 1968. [21]. Г. М. Пастернак. Влияние рубок ухода на фотосинтез бука и ели в Карпатах. Тезисы Всесоюзного совещания по вопросам питания древесных растений и повышения продуктивности насаждений. Петрозаводск, 1969. [22]. С. Ш. Читашвили. Об изменении фотосинтетического аппарата буковых молодняков в связи с изреживанием разной интенсивности. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1966. [23]. С. Ш. Читашвили. Лесоводственное и физиологическое обоснование принципов рубок ухода в горных лесах Грузии. Изд-во «Мецниереба», Тбилиси, 1969. [24]. А. С. Щербатюк. Влияние различной освещенности на интенсивность фотосинтеза семян хвойных пород. Тезисы Всесоюзного совещания по вопросам питания древесных растений и повышения продуктивности насаждений, Петрозаводск, 1969. Helms. Summer net photosynthesis of Ponderosa pine in its natural environment. «Photosynthetica», 4, № 3, 1970. [26]. Hodzumi Kadzuo, Kirita Hiromitsu. Estimation of the rate of total photosynthesis in forest canopies. Bot. Magazin, Tokyo, 83, № 983. 1970.

## ЗА РУБЕЖОМ

УДК 634.02.001.5(94)

## ЛЕСНАЯ НАУКА В АВСТРАЛИИ\*

Ю. В. СИНАДСКИЙ

Главный ботанический сад АН СССР

Рассмотрена научная работа, проводимая лесными учреждениями штатов Австралии. Особое внимание уделено Институту исследований леса и факультету лесоводства Австралийского национального университета.

Леса в Австралии занимают  $\frac{1}{4}$  поверхности континента — 204,8 млн. га. Около 80% лесопокрытой площади представлено редколесьем, свыше 20% находится в частном владении.

В настоящее время 25% рубок проводится способами, не удовлетворяющими элементарным лесоводственным правилам. В этой связи большое внимание уделяется исследованию проблем улучшения качества деревьев, мерам защиты насаждений от вредных насекомых, патогенных организмов и пожаров, средствам улучшения и стабильности состояния почвы.

Леса Австралии на 95% представлены эвкалиптами, 5% приходится на акашиевые, кипарисовые и сосновые. Из аборигенных лесных пород промышленное значение имеет эвкалипт (550 видов). Это вечнозеленое дерево, достигающее более 100 м в высоту. Среди эвкалиптов следует указать *Eucalyptus blakelyi*, *E. delegatensis*, *E. manifera*, *E. microcoris*; *E. grandis* и др. На юге Папуа прибрежная полоса занята *Eucalyptus savana*. Эвкалипт — важнейшая часть ландшафта Австралии.

Кипарис произрастает на севере страны (1%). Сосновые представлены *Pinus radiata* и *P. canariensis*. Ежегодно посадки сосны производятся на площади 30 тыс. га.

Основные научные работы в области лесного хозяйства и промышленности проводятся в Институте лесных исследований Министерства внутренних дел Австралии. Институт организован в 1961 г. на базе существовавшего Бюро лесного хозяйства и лесоматериалов.

В отделе лесного хозяйства территории Папуа в г. Булоло изучают вопросы увеличения и использования лесных ресурсов в Папуа и Новой Гвинее, распиловки леса, деревообработки и переработки древесной массы.

Вопросы лесоводства, сохранения древесных видов, использования местных и экзотических пород, защиты леса изучает Комиссия по лесному хозяйству штата Новый Южный Уэльс в г. Сиднее.

Отдел научных исследований по лесоводству Департамента лесного хозяйства штата Квинсленд (г. Брисбен) занимается селекцией и физиологией лесных пород, лесным хозяйством, использованием гербицидов для борьбы с зарослями кустарников, на лесопитомниках и плантациях. Кроме того, отдел имеет опытные станции в Атертоне, Далби, Имбиле и Яррамане.

В штате Виктория работает Комиссия по лесному хозяйству (г. Мельбурн) с отделами лесного хозяйства, охраны лесов, научных исследований и подготовки кадров. Их научная тематика — лесоводство, селекция древесных пород, защита леса (энтомология и фитопатология), таксация леса и борьба с пожарами.

\* В августе 1972 г. автор данной статьи был направлен в составе делегации СССР на 14-й Международный энтомологический конгресс. В период пребывания в Австралии ему представилась возможность посетить ряд лесных научно-исследовательских и учебных институтов.

В Западной Австралии лесные исследования проводит Департамент лесного хозяйства (г. Перт). Его тематика — вопросы селекции, посадки, почвенного питания в эвкалиптовых и сосновых лесах.

Тематика Комиссии по лесному хозяйству острова Тасмания сводится к изучению эвкалиптовых и хвойных лесов, составлению лесных карт и учету лесных ресурсов.

Вопросы лесной тематики рассматриваются в Секции охраны природы Австралийской организации научных и промышленных исследований (г. Канберра), зональной лаборатории острова Тасмания, Западноавстралийской зональной лаборатории и в Департаменте охраны природных ресурсов штата Новый Южный Уэльс.

В Институте лесных исследований, который расположен в предместье г. Канберры, имеются секции и отделы, ответственные за административную работу по обслуживанию и координации исследовательской работы. Среди первых следует отметить секции лесоводства, лесного хозяйствования и защиты леса. Лесоводство представлено отделами технологии лесоводства, генетики, ботаники, почвоведения и метеорологии; защита леса — отделами охраны водоразделов, защиты от пожаров, энтомологии и патологии; лесное хозяйство — отделами инвентаризации, учета, ухода, сбыта и др. Всего в институте работает 60 научных работников. К административным относятся отделы семеноводства, биометрии, публикаций и фотографии. Среди других подразделений института следует отметить региональные станции (тасманскую, западную, южную и гипслендскую) и филиал Северной территории, состоящий из секций лесоводства, защиты от пожаров, управления и отдела сбыта.

Коллекционирование и повсеместное распространение семян, главным образом эвкалиптовых, — основное звено деятельности института. Секция семеноводства располагает большим выбором семян (около 300 видов эвкалиптов и около 70 видов акаций), она гарантирует их качество и точность сведений о происхождении, одновременно дает информацию по выращиванию и условиям хранения.

Большое внимание уделяется изучению наследственных тенденций деревьев, селекции видов, обладающих хорошей формой, способных к энергичному размножению, устойчивых к заболеваниям и имеющих длиноволокнистую древесину.

В области лесоводства исследуются технология подкормки и посадки деревьев, взаимоотношения дерева, почвы и микоризы (сосна), прореживание культур и обрезка ветвей.

При изучении роста и питания деревьев важно выявить потребности в минеральном питании у разных видов деревьев и экономические эффекты от внесения удобрений. Эти исследования проводятся как в горшечной культуре, так и в поле на экспериментальных делянках. Изучается действие азота, фосфора, а также смеси разных микроэлементов.

Работы секции защиты леса преследуют двойную цель — выявить пути предупреждения заражения деревьев патогенными организмами или, если они поражены, найти методы их лечения. Только на эвкалиптах зарегистрировано более 300 паразитных грибов. В связи с этим большое внимание уделяется селекции деревьев, использованию в питомниках стерилизации почвы, применению удобрений, сжиганию порубочных остатков и древесины, зараженной грибами или пораженной вредителями, проведению рубок ухода (прочистки, прореживания).

Австралийских лесоводов волнуют две проблемы: поражение деревьев, не устойчивых к биологическим агентам, или появление особого агента, за развитием которого на дереве-хозяине нужно вести тщательный надзор. Первая проблема — развитие рогохвоста, или «древесной осы» (*Sirex noctilio*) в сосновых плантациях. Впервые рогохвост был зарегистрирован в 1952 г. в Тасмании. В настоящее время Тасманийская и Гипслендская опытные лесные станции исследуют биологию рогохвоста, его взаимоотношения с *Pinus radiata*, условия, способствующие заселению деревьев. Большое внимание уделяется исследованиям особой восприимчивости некоторых деревьев и устойчивости других. Из северного полушария привезены насекомые-паразиты и имаго рогохвостов, зараженные нематодами. Сейчас изучается разведение насекомых-паразитов (американские и японские виды) на деревьях-инсектариях,



Рис. 1. Эвкалипты у здания факультета лесоводства.

Фото автора.

нематод (род *Deladenus*) и распределение их в районах распространения рогохвоста. Проводятся работы по химиотерапии зараженных деревьев, изучению действия фитотоксинов *S. noctilio*.

Вопросами взаимоотношений между вредителями (рогохвостом, пилильщиком, ияденицей и др.) и лесной средой, помимо ученых Института исследований леса, занимаются Комиссии по лесному хозяйству штатов и Отдел энтомологии Австралийской организации научных и промышленных исследований. Ученые Отдела энтомологии внесли значительный вклад в развитие теории динамики популяций и уточнили принципы их биологии. Особое место занимают исследования термитов, которые являются серьезными разрушителями лесоматериалов и растущих деревьев. Они уничтожают травянистые растения, играют немалую роль в снижении продуктивности пастбищных земель и нарушении процессов формирования почвы (Ю. В. Синадский, 1973).

Ежегодное бедствие австралийских лесов — пожары. Ущерб, причиняемый лесу, в среднем определяется в 5—10 долларов на 1 га. Затраты на защиту лесов от пожаров в 1964—1965 гг. составили 5,5 млн. долларов. Рассматриваются следующие вопросы: исследование режима пожара в зависимости от внешних условий, использование химических средств тушения пожара, моделирование защитной одежды и конструирование приспособлений для пожарников, разработка методик тушения пожара с воздуха и создание приборов для инфракрасного воспроизведения изображения.

Исследования в области лесного хозяйствования сводятся к изучению форм и качества древесины, необходимой лесопромышленникам; количества ее на каждом гектаре; установлению места для размещения и выращивания лесных культур, удобного для лесопромышленников и торговцев; определению объема и размеров древесины, которую можно получить на плантации.

Информационный отдел освещает направления и достижения исследований, издает монографии и серии бюллетеней; по запросам отдельных лиц высматривает советы и рекомендации. Сотрудники института принимают активное участие в проведении семинаров, лекций и выставок.

В 1968 г. открыт факультет лесоводства в Австралийском национальном университете (г. Канберра). До этого обучение лесоводству было сосредоточено в лесной школе в Ярралумле. За 28 лет эту школу закончил 581 студент.

Лесной факультет университета имеет две основные функции: обучение и исследование. Ежегодно около 50 студентов оканчивают департамент со степенью бака-

лавра наук (лесоведение), а некоторые — со степенью магистра или доктора философии. Большинство студентов австралийцы, но 10% приезжает из Англии, Канады, Индии и других стран. За обучение студенты в австралийских университетах и вузах вносят плату. В 1972 г. власти шести штатов Австралии приняли решение повысить стоимость обучения. Высшее образование будет теперь на 700 долларов дороже.

Курс лесоводства в основном отвечает общим запросам лесоводов, однако на факультете предусмотрены курсы для студентов, желающих специализироваться в области хозяйственного руководства, генетики, древесиноведения, тесно связанных с лесоведением. В 4-летнем курсе для бакалавров лесоведение читается в течение одного семестра. Основные исследовательские программы в настоящее время выполняются в области лесного хозяйствования, статистики, генетики, защиты леса, биологии, экономики, сбыта древесины и древесиноведения.

Факультет имеет два самостоятельных здания для обучения и проведения исследований\*. В главном двухэтажном здании находятся две большие лекционные аудитории, два выставочных фойе, комната для проведения семинаров, три большие лаборатории, оснащенные замкнутой телевизионной системой, шесть лабораторных помещений (три лаборатории помещаются вверху с дневным освещением), библиотека и административная секция. Второе одноэтажное здание лесных наук и инженерных исследований имеет лабораторию для испытания прочности древесины, лаборатории для обработки и сушки древесины, мастерскую, студенческие раздевалки. Вблизи этих зданий находятся оранжереи и дендросад. В них произрастают разные виды эвкалиптов (рис. 1), плакучие ивы, березы, туи, акации, сосны и другие породы.

\* Интересно было отметить, что для конструктивных и декоративных целей широко используется древесина как австралийских видов, так и пород деревьев других частей света, большинство из которых подарены правительственными учреждениями и частными компаниями. В фойе цокольного этажа у стены демонстрируется скульптура из черного дерева, символизирующая рост древесного семени. На втором этаже в фойе установлен дракон, изготовленный из ствола китайского вяза, подаренного правительством Малайзии. Комната для обслуживающего персонала отделана древесиной, подаренной Англией (буковый потолок, дубовый пол, панели из бука и вяза); фойе — эвкалиптовой и белокаштановой древесиной, предоставленной лесными службами австралийских штатов; фойе и демонстрационный зал первого этажа — красным деревом из Канады; аудитория этого этажа — сосной из Калифорнии; библиотека — древесиной из Новой Зеландии; стены конференц-зала — американским орехом и золотым ясенем, стулья здесь сделаны из черного дерева; лестница, ведущая из цокольного этажа на первый, отделана лакированным альпийским вязом из штата Виктория. В оформлении и отделочных работах принимали участие архитекторы департамента и художественной секции университета.

Поступила 25 июня 1973 г.

## НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

ПРОБЛЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЩЕПЫ  
НА ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

11—12 октября 1973 г. на Усть-Шоношской лесобазе объединения «Архангельсклеспром» состоялся Всесоюзный семинар по производству технологической щепы для ЦБП из низкокачественной древесины и отходов лесозаготовок.

Открывая семинар, зам. министра лесной и деревообрабатывающей промышленности СССР Н. Г. Багаев отметил, что одной из главных задач, поставленных XXIV съездом КПСС и решаемых в текущем пятилетии лесозаготовительными и лесоперерабатывающими предприятиями нашей страны, является коренное улучшение структуры производства и наиболее полное использование заготавливаемой древесины и древесных отходов путем переработки их на плиты, тарные комплекты, технологическую щепу и другую продукцию. Значительный вклад в решение этой задачи вносят лесозаготовительные предприятия, на которых особенно широки масштабы и возможности производства технологической щепы. Переработка низкокачественной древесины и отходов лесозаготовок на технологическую щепу позволяет значительно и без больших капитальных вложений улучшить обеспечение народного хозяйства древесиной и более рационально использовать лесные богатства страны.

На семинаре с основными докладами выступили зам. начальника производственного управления Минлеспрома СССР Е. Б. Трактинский, начальник отделения ЦНИИМЭ, канд. техн. наук В. П. Павлов, зам. главного инженера Гипролестранса, канд. техн. наук Б. А. Васильев, главный инженер объединения «Архангельсклеспром» Н. Н. Шкаев и ст. научный сотрудник СевНИИПа Е. П. Абрамов. Всего на семинаре выступило 18 человек.

Участники семинара отметили, что в настоящее время имеются все необходимые условия для увеличения производства щепы. Научно-исследовательские и проектные институты совместно с машиностроительными заводами разработали основное оборудование, необходимое для производства технологической щепы из отходов лесозаготовок: для окорки отходов серийно выпускаются окорочные барабаны типа КБ, для измельчения в щепу — многоножевые дисковые рубительные машины типа МРН и МРГ, для сортировки щепы — сортировочные машины типа СЩ.

Значительное место в работе семинара было уделено вопросам экономики производства и потребления щепы. Опыт показывает, что себестоимость производства щепы из хвойных отходов лесозаготовок составляет 9—10 руб./м<sup>3</sup>. При отпускной цене 13—15 руб. прибыль предприятий-поставщиков колеблется в пределах 4—5 руб. на 1 м<sup>3</sup>, срок окупаемости капитальных вложений не превышает 2—3 лет. Менее рентабельно производство технологической щепы из низкокачественной древесины и древесных отходов лиственных пород. Наиболее эффективно производство технологической щепы на лесосплавных предприятиях и лесобазах. Производительность труда при переработке на щепу отходов от сплавного сырья в 2—3 раза выше, себестоимость значительно ниже, качество щепы лучше, чем при переработке дров и отходов, оседающих на складах леспромхозов.

На семинаре отмечено отставание работ по организации производства щепы в леспромхозах, расположенных в районах Сибири и Дальнего Востока, которые потенциально являются крупнейшими производителями технологической щепы для целлюлозно-бумажной промышленности, в том числе на экспорт. Для наращивания производственных мощностей по выработке щепы необходимо ускорить экономическое обоснование и техническое решение вопросов, связанных с переработкой на щепу древесных отходов и низкокачественной древесины на приречных нижних складах, где они слабо или совсем не используются.

Семинаром рекомендовано: ускорить наращивание мощностей по производству технологической щепы; откорректировать типовые проекты цехов; продолжить работы по совершенствованию оборудования и технологии производства щепы; организовать в необходимом количестве выпуск специализированных железнодорожных вагонов для перевозки щепы, а также запасных частей для оборудования по производству щепы; ускорить решение вопросов, связанных с выработкой щепы на приречных складах; улучшить качество изготовления режущего инструмента; ускорить работы по созданию приборов для учета технологической щепы. Обмен мнениями и принятые рекомендации, несомненно, будут полезны для предприятий и организаций, связанных с переработкой низкокачественной древесины и отходов лесозаготовок на технологическую щепу.

Л. Е. Чивиксин

Архангельский лесотехнический институт

**ФЕДОР ИВАНОВИЧ КОПЕРИН**

Скончался Федор Иванович Коперин — видный ученый, педагог, организатор, душевный человек.

Он прошел большой и славный путь от рабочего-слесаря паровозоремонтного завода до профессора, ректора одного из крупнейших лесотехнических вузов, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР.

Ф. И. Коперин родился в 1910 г. в с. Угодичи Ярославской губ. в семье железнодорожного служащего.

В 1929 г. Вологодский окрпрофсовет направил молодого рабочего на учебу во вновь организованный в Архангельске лесотехнический институт. С той поры в течение 37 лет жизни и деятельность Ф. И. Коперина были связаны с АЛТИ. Здесь он получил специальность инженера-экономиста по лесному экспорту, был аспирантом, а затем доцентом, деканом и с 1948 г. — ректором института.

В 1938 г. Ф. И. Коперину были присвоены ученая степень кандидата технических наук и ученое звание доцента; в 1960 г. — ученое звание профессора.

Большая педагогическая и научная деятельность Ф. И. Коперина была посвящена проблемам лесоведения. Его перу принадлежат около 50 печатных работ. Это исследования по вопросам защиты древесины, хранения и сушки лесоматериалов; работы в области лесоведения и применения древесины в народном хозяйстве; проблемам подготовки инженерных кадров для лесного хозяйства и лесной промышленности СССР.

Результаты многолетних работ Ф. И. Коперина широко используются в производстве, в вузовских учебниках, в научной и производственной литерату-

ре и явились основой ряда ГОСТов СССР.

В 1966—1971 гг. он возглавлял лабораторию подготовки, хранения и транспорта технологической щепы ЦНИИМЭ.

Широкий отклик получили выступления Ф. И. Коперина по вопросам ускорения научно-технического прогресса в лесном деле, химизации лесной промышленности, повышению качества изделий и продуктов из древесины.

Федор Иванович был талантливым педагогом и организатором. Тысячи выпускников АЛТИ с благодарностью вспоминают его как своего учителя, декана, ректора. Последние годы жизни Ф. И. Коперин был заместителем директора Московского института повышения квалификации руководителей работников и специалистов Министерства лесной и деревообрабатывающей промышленности СССР.

Ф. И. Коперин был первым ответственным редактором «Лесного журнала» и до конца жизни — активным членом редакционной коллегии.

Член КПСС с 1939 г. Ф. И. Коперин участвовал в войне с белофиннами в 1939—1940 гг. и в партизанском движении в годы Великой Отечественной войны. Он неоднократно избирался членом бюро Архангельского обкома КПСС, депутатом областного и городского Советов депутатов трудящихся; активно сотрудничал в ряде научно-технических советов, обществе охраны природы и др.

Орденами Ленина и «Знак почета» и медалями Государство отметило разностороннюю деятельность Ф. И. Коперина.

Светлую память о Федоре Ивановиче Коперине сохраняют все, кто учился у него, работал с ним, знал его.

Редакционная коллегия  
«Лесного журнала».



**ИВАН ВАСИЛЬЕВИЧ БАТИН**

19 августа 1973 г. после тяжелой продолжительной болезни скончался заведующий кафедрой автоматизации производственных процессов лесной и деревообрабатывающей промышленности Львовского лесотехнического института доктор технических наук, профессор Иван Васильевич Батин.

Из жизни ушел видный ученый в области автоматизации лесозаготовительных и деревообрабатывающих производств, член коммунистической партии, всю свою сознательную жизнь отдавший служению отечественной науке и делу коммунистического воспитания молодежи.

Иван Васильевич родился в 1926 г. в Ужгороде Закарпатской области. Трудовую жизнь он начал в 1944 г. В 1951 г. он заканчивает с отличием Львовский лесотехнический институт и поступает в аспирантуру.

Во Львовском лесотехническом институте Иван Васильевич Батин работал старшим преподавателем, доцентом, деканом лесинженерного факультета

и проректором института.

С 1963 г. он возглавил кафедру автоматизации производственных процессов лесной и деревообрабатывающей промышленности.

Им написано 45 научных работ, ряд которых явился фундаментальным вкладом в отечественную науку.

В 1970 г. он успешно защитил докторскую диссертацию, а в 1973 г. был избран профессором Львовского лесотехнического института.

Светлая память об Иване Васильевине Батине, коммунисте и ученом, неутомимом труженике и заботливом воспитателе, чутком и отзывчивом товарище навсегда сохранится в наших сердцах.

**Группа товарищей.**



## СОДЕРЖАНИЕ

- И. М. Боховкин, Е. С. Романов.* Советская высшая школа — за мир и международное сотрудничество . . . . . 3

### ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

- М. Д. Данилов, Е. И. Шведов.* Физиологическое состояние семенных деревьев сосны обыкновенной на лесосеменных участках . . . . . 5
- Б. Д. Жилкин, Т. А. Рихтер.* Влияние биологической мелiorации еловых молодняков культурой многолетнего люпина на биологический круговорот веществ . . . . . 8
- М. В. Колесниченко, В. В. Чумаков.* К обоснованию выбора пород-примесей для смешанных культур тополя канадского . . . . . 12
- В. И. Бирюков.* Итоги испытания различных видов березы в лесостепной опытно-селекционной станции . . . . . 16
- А. В. Зорин.* Функциональное разделение территории зеленых зон . . . . . 19
- В. П. Ковтунов.* Основные принципы эстетической и санитарно-гигиенической оценки ландшафтов лесопарков . . . . . 22
- В. С. Поляков.* К вопросу о распространении комлевых гнилей в разновозрастных древостоях из лиственницы сибирской . . . . . 23
- М. А. Зеленский, В. М. Сидорова.* Выращивание семян сосны обыкновенной с применением микроэлементов . . . . . 26
- В. К. Попов, П. В. Ковалев.* Ход роста березы в защитных полосах лесостепи ЦЧР . . . . . 29
- Р. А. Юкнис.* Закономерности пространственного распределения деревьев в сосняках Литовской ССР . . . . . 32

### ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

- А. А. Зайцев.* Соотношение критических глубин потока, зарегулированного дамбой из каменной наброски . . . . . 38
- В. А. Островский.* Перераспределение удельных расходов и скоростей течения в нижнем бьефе поперечной запани . . . . . 41
- А. А. Митрофанов.* Некоторые уточнения к расчету инерционных свойств плотов . . . . . 47
- П. Д. Клычков.* Графо-аналитический метод расчета топливной экономичности лесовозного автопоезда . . . . . 52
- С. И. Морозов.* О применении длинных сварных рельсов на лесовозных УЖД . . . . . 55
- Ю. И. Багин, В. Б. Дроздов, В. Е. Третьяков.* Теоретическое определение параметров уплотнительных манжет поршней гидросистем, выполненных совместно с покрытием . . . . . 60

### МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

- А. Б. Израелит.* Об оценке качества гнукотклееных изделий . . . . . 65
- В. И. Санев, В. К. Пашков.* О практических путях снижения отходов древесины при продольной распиловке на круглопильных станках . . . . . 71
- Ф. М. Манжос, И. Х. Шор.* Устройство для кинетических испытаний рабочей зоны прессов при производстве древесностружечных плит . . . . . 76
- И. К. Чернышевский.* Этап свободного прохождения бумажного полотна между сушильными цилиндрами . . . . . 80
- В. П. Рябчук.* О влажности древесины березы бородавчатой во время весеннего соковыделения . . . . . 85
- М. Г. Мингазов.* О некоторых физико-механических свойствах древесины, высушенной осциллирующими режимами . . . . . 89
- В. П. Новосельцев.* Исследование динамической деформации пильной рамки предварительно напряженной конструкции . . . . . 92

### ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

- С. И. Ладинская, Г. М. Безденежных, Н. К. Чернышева, Ф. А. Медников.* Производственные опыты комплексного получения биологически активных веществ из хвойной лапки . . . . . 98

<i>Б. С. Филиппов.</i> Оценка состава смолистых веществ сульфатного мыла . . . . .	102
<i>Л. Г. Попова, Г. Л. Бурков, В. Н. Пиялкин, А. К. Славянский.</i> Изучение образования угля из древесины и целлюлозы методом рентгенографии . . . . .	105
<i>А. К. Веретнов, А. В. Бывшев.</i> Термоструктурные изменения целлюлозных волокон и их влияние на реологические свойства суспензий целлюлозы . . . . .	109
<i>А. Е. Соснин, Л. А. Малютина, М. М. Загуляева.</i> Состав и свойства экстракционной канифоли, полученной в различных условиях . . . . .	114
<i>И. И. Бардышев, Б. Г. Ударов, А. Н. Булгаков, В. П. Кулагин.</i> О химическом составе скипидаров из живицы индивидуальных сосен обычного и одноразового сборов . . . . .	118

### КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

<i>Г. Ф. Козориз.</i> Экспериментальное исследование переходных процессов изменения статического давления в коллекторе универсальной пневмотранспортной системы с регулируемой производительностью . . . . .	121
<i>Д. Л. Дудюк.</i> Оценка оптимальности вариантов автоматизированных линий . . . . .	124
<i>К. А. Чекалкин.</i> Расчет потребности тормозных устройств для остановки плотов в пунктах прибытия методами теории массового обслуживания . . . . .	128

### ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

<i>М. М. Трубников.</i> Совершенствование методов определения размера лесопользования . . . . .	134
<i>С. В. Починков.</i> О постановке задач оптимизации транспортного процесса на лесозаготовках . . . . .	139
<i>В. Я. Казаков, Г. С. Трубин.</i> К вопросу об анализе трудоемкости нижнескладских работ статистическими методами . . . . .	144

### КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

<i>Е. С. Чавчавадзе.</i> Классификация типов тяжелой паренхимы в древесине хвойных . . . . .	148
<i>П. С. Калдуновский.</i> О прививке лесных пород за кору . . . . .	149
<i>А. И. Тарасов.</i> Туристическая классификация кавказских лесов . . . . .	150
<i>А. И. Барабин.</i> Анализ урожая шишек ели в Вельском лесхозе Архангельской области в 1971 г. . . . .	152
<i>И. С. Винтонив.</i> Влияние условий роста на физико-механические свойства древесины явора, произрастающего в Карпатах . . . . .	154
<i>В. Н. Вихрева, И. А. Гамова, А. С. Илиева.</i> Пластики из опилок некоторых болгарских пород древесины . . . . .	156
<i>А. К. Сидоренко, Н. Ф. Кузьмин, Е. К. Решетников.</i> Исследование стабилизации размеров модифицированной древесины ацелированием . . . . .	157
<i>Ю. М. Стахийев, В. В. Дунаева.</i> Колебания конических и строгальных круглых пил при холостом вращении . . . . .	158
<i>А. Т. Миллер, М. С. Миллер, М. М. Цывин, И. В. Шмаков.</i> Исследование возможности использования древесной коры в деревобетоне . . . . .	161
<i>Г. И. Маргайлик.</i> Фотосинтетическая продуктивность лесонасаждений Белоруссии . . . . .	165

### ЗА РУБЕЖОМ

<i>Ю. В. Синадский.</i> Лесная наука в Австралии . . . . .	168
--	-----

### НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

<i>Л. Е. Чивиксин.</i> Проблемы производства технологической щепы на лесозаготовительных предприятиях . . . . .	172
---	-----

### НЕКРОЛОГИ

<i>Редакционная коллегия.</i> Федор Иванович Коперин . . . . .	175
<i>Группа товарищей.</i> Иван Васильевич Батин . . . . .	174

## ПОПРАВКИ

К «Лесному журналу» № 3 за 1973 г.

На стр. 7 в девятой графе табл. 1 напечатано 1,4, следует 14,3.

На стр. 35 на рис. 1 приведена схема строения коры пихты белокорой.

На стр. 118 указаны инициалы первого автора статьи «Оксикислоты сульфатных щелоков» А. Н. Иванов, следует Н. А. Иванов.

К «Лесному журналу» № 4 за 1973 г.

Последнюю строку и формулу на стр. 96, начиная со слов «Подставив числовые значения...» и формулу вверху на стр. 97, надо читать в конце статьи перед списком литературы.

## ПОРЯДОК ДЕПОНИРОВАНИЯ СТАТЕЙ

Депонирование статей осуществляется по решению редакционной коллегии журнала. Статья направляется на депонирование с согласия ее автора.

Депонированные статьи являются научными публикациями и учитываются при защите диссертаций в полном объеме.

Для депонирования статьи в редакцию должны быть представлены следующие материалы:

- а) рукопись статьи (3 экз.);
- б) краткий реферат, подписанный автором (2 экз.);
- в) аннотация, подписанная автором (2 экз.).

При оформлении статьи следует соблюдать следующие правила.

Статья представляется в редакцию журнала в мягкой папке, окончательно отработанная автором и готовая для немедленного размножения способами безнаборной печати.

Текст рукописи печатается на машинке (не портативной) с яркой черной лентой через полтора или два интервала на одной стороне стандартного листа бумаги формата 21×30 см односортовой писчей.

Рукопись должна включать:

- а) титульный лист (4 первых экземпляра, один из них должен быть подписан автором);
- б) основной текст;
- в) иллюстрации;
- г) приложения;
- д) библиографию.

В рукописи все страницы (включая приложения) должны быть пронумерованы (первой страницей считается титульный лист, на ней цифра «1» не ставится, на следующей странице проставляется цифра «2» и т. д.). Порядковый номер печатается на машинке в середине верхнего поля страницы.

Страницы рукописи должны иметь четыре поля; верхнее и оба боковых по 25 мм, нижнее — 30 мм.

Рисунки (чертежи, схемы, графики) должны быть включены в текст; если это нежелательно, их следует наклеивать (можно по 2—3 рисунка) на отдельные листы бумаги и давать приложением. Надписи следует делать на лицевой стороне.

Текст и другие элементы рукописи, отпечатанные и написанные, должны быть черными по насыщенно, контуры букв и знаков — четкими, без ореола и расплывающейся краски.

Насыщенность букв и знаков должна быть ровной в пределах строки, страницы и всей рукописи. Штриховые рисунки должны быть выполнены черной тушью на белой бумаге или на кальке голубым оттенком.

Тоновые фотографии следует выполнять на глянцевой фотобумаге, сдавать в отретушированном виде и только приложением.

Формулы должны быть вписаны в текст тщательно и разборчиво, обязательно черными чернилами или тушью (не шариковой ручкой). Особенно четко в формулах должны быть обозначены прописные и строчные буквы, а также индексы. Размеры знаков для формул рекомендуются следующие: прописные буквы и цифры 7—8 мм, строчные — 4 мм, показатели степени, индексы — не менее 2 мм.

Текст на иностранных языках может быть или напечатан, или целиком написан от руки (примесь частично напечатанных на пишущей машинке отдельных букв или цифр не допускается).

Экземпляры рукописи, рисунки, фотографии должны быть без пометок, карандашных и чернильных исправлений, пятен, трещин, загибов. Набивки букв на букву, дорисовка букв чернилами не разрешаются. Если допущена ошибка, слово должно быть перепечатано и вклеено.

При оформлении реферата следует руководствоваться правилами, принятыми для подготовки рукописей, издаваемых наборной печатью. Объем не должен превышать 2 страниц машинописного текста, в отдельных случаях можно включать рисунок, таблицу, основные формулы. Объем аннотации — не более одной страницы, напечатанной через два интервала. Аннотации должно предшествовать библиографическое описание материала статьи по следующему образцу:

УДК (указать).

Некоторые вопросы развития тепловых электрических станций. Иванов И. И. «Изв. вузов — Энергетика», 1972, № .

В целях информации научных учреждений и отдельных лиц о поступивших на депонирование и размножение рукописях по точным, естественным и техническим наукам ВИНТИ выпускает аннотированный каталог, в котором сообщается номер, под которым хранится рукопись в ВИНТИ, фамилия автора, название труда, наименование учреждения, представившего труд, объем и другие библиографические данные.

Заказы на изготовление копий с депонированных рукописей по точным, естественным и техническим наукам направляются в Отдел справочной информации ВИНТИ, Москва А-219, Балтийская ул., 14.

Факторы	Классы эстетической ценности элементов ландшафтов				
	первый	второй	третий	четвертый	пятый
<b>I. Ландшафты закрытых и полуоткрытых пространств</b>					
1. Рельеф	Гористый, холмистый	Резко пересеченный	Плато, равнина повышенная	Пойма, долина пониженные	Низкий, заболоченный
2. Почва	Черноземы, известняки, глинистые	Сутлиники	Легкие суглинки	Легкие супеси	Пески, торфяники
3. Влажность почвы	Сухие	Свежие	Влажные	Сырые	Мокрые
4. Преобладающие породы	Хвойные (за исключением сосны Банкса), дуб, бук, березы, клены, липы, орехи, каштаны и другие высокодекоративные породы высших классов бонитета	Хвойные III класса бонитета, граб, ясень, тополи, клен татарский всех классов бонитета	Хвойные IV класса бонитета, осина, ольха высших классов бонитета	Хвойные V и Va классов бонитета, осина, ольха, береза по болоту низших классов бонитета	Деревья и кустарники по болоту, усыхающие
5. Возраст насаждений	Спелые и здоровые перестойные	Приспевающие	Средневозрастные	Молодняки II класса	Молодняки I класса
6. Степень жизнестойкости	Первая	Вторая	Третья	Четвертая	Пятая
7. Подрост, подлесок, повышающие ценность ландшафта или снижающие ее*	Благонадежный; своим куртинным расположением, богатым составом пород и разновозрастностью повышает ценность ландшафта	Средней густоты, более однообразен по составляющим породам, с менее живописным расположением, что частично снижает красоту	Однообразный, однообразный, густой, своим однообразием понижает общее впечатление всего ландшафта	Загущенный, сильно угнетенный, переросший с признаками усыхания отдельных экземпляров, снижает ценность ландшафта	Отмирающий, поврежденный пожарами, насекомыми, болезнями, снеголомом, производит неприятное впечатление
8. Проходимость	Отличная	Хорошая	Удовлетворительная	Плохая	Очень плохая
9. Лесохозяйственные мероприятия по созданию ландшафтов и по повышению их эстетической ценности	Охрана и защита	Рубки ухода за насаждениями, подростом и подлеском	Выборочные санитарные рубки, ликвидация захламенности, обогащение почвы	Сплошные санитарные рубки, лесовосстановительные рубки, рубки реконструкции и другие со значительной затратой средств	Проведение лесомелиоративных и лесовосстановительных работ с капитальными затратами средств
10. Эмоциональное воздействие	Природная красота и совершенство ландшафта вызывают восторг и восхищение	Привлекают своей красотой, создают хорошее настроение и располагают к отдыху	Однообразный и унылый вид вызывает чувство неудовлетворенности и досады	Однообразный вид насаждений низких классов бонитета, отмирающие деревья производят неприятное впечатление	Общее состояние заболоченных насаждений, горельники, массовый сухой и валежник создают самое неприятное впечатление
<b>II. Ландшафты открытых пространств</b>					
1. Рельеф	Гористый, холмистый	Пересеченный	Плато, равнина повышенная	Пойма, долина пониженные	Заболоченный
2. Почва	Черноземы, известняки, глинистые	Сутлиники	Легкие суглинки	Легкие супеси	Пески, торфяники
3. Влажность почвы	Сухие	Свежие	Влажные	Сырые	Мокрые
4. Конфигурация участка	Причудливой формы, вклинивающийся в лесной массив	Резко выраженный, но более простой конфигурации, среди леса	Небольшие поляны и прогалины, сливающиеся с лесом	Участки правильной формы в лесу и на опушке	Большие площади торфяников и болот
5. Эстетическая ценность окружающих ландшафтов	Первого класса	Второго класса	Третьего класса	Четвертого класса	Пятого класса
6. Качество травянистого покрова	Разнообразный, цветущий	Луговые травы, свойственные заливным лугам	Луговая суходольных лугов	Однообразная, редкая, бедных почв	Болотная растительность
7. Наличие отдельных деревьев и кустарников	Наличие отдельных деревьев и кустарников в зависимости от породы и расположения их повышает эстетическую ценность ландшафтов				
8. Характер лесохозяйственных мероприятий и затрат	Никаких	Улучшение качества, внесение удобрений. Затраты незначительные	Посев трав с предварительной подготовкой почвы. Затраты средние	Планировка, корчевка пней, ликвидация застойных вод. Затраты значительные	Мелиоративные работы с капитальными затратами
9. Эмоциональное воздействие	Вызывает чувство восхищения красотой	Располагает к отдыху и хорошему настроению	Посредственное впечатление	Неприятное впечатление	Очень плохое впечатление
<b>III. Водные пространства и водоёмы</b>					
1. Наименование и размер	Большие водные пространства: озера, реки дальней перспективы (501 м)	Средней величины озера, пруды, реки средней перспективы (251—500 м)	Небольшой величины пруды, реки близкой перспективы (до 250 м)	Незначительной величины речки, ручейки	Мелкие ручейки, старицы
2. Характер берегов	Живописные берега с хорошими подходами к воде	Менее живописные берега, подходы удовлетворительные	Берега неживописные, низкие	Берега низкие, заболоченные	Берега сильно заболоченные
3. Пригодность для спорта и купания	Пригодны для массового водного спорта, купания и рыбной ловли удочками	Пригодны для купания, ограничены для спорта и рыбной ловли	Заросшие камышом, не пригодны для купания, возможна рыбная ловля	Сильно заросшие камышом. Очаги кровососущих насекомых	Водоёмы в стадии заболачивания. Очаги кровососущих насекомых
4. Характер мероприятий и затрат	Никаких в ближайшее время	Благоустройство подходов и пляжей с небольшими затратами	Устройство подходов и переправ, частичные мелиоративные работы со средними затратами	Мелиоративные работы со значительными затратами	Мелиоративные работы с капитальными затратами
5. Общее впечатление	Прекрасное	Хорошее	Удовлетворительное	Плохое	Очень плохое

\* Отмечается соответствие подроста и подлеска условиям местопроизрастания.

Таблица 1

№ пробы	Тип ельника	Состав насаждения	Класс возраста	Средний диаметр ели, см	Полнота	Класс бонитета	Число деревьев ели на 0,5 га	Число деревьев диаметра, см								Урожай на одном дереве диаметра, см								Число шишек на 1 га	Число плодоносящих деревьев диаметра, см								Число шишек на 100 плодоносящих деревьях			
								Процент плодоносящих деревьев диаметра, см								Число шишек на одном плодоносящем дереве при диаметре, см																				
								12	16	20	24	28	32	36	40	в среднем	12	16	20	24	28	32	36		40	в среднем	12	16	20	24	28	32		36	40	всего
1	Травяно-болотный	10Е+Б	VII	20,9	0,6	V	163	$\frac{17}{0}$	$\frac{46}{19,6}$	$\frac{27}{48}$	$\frac{39}{64}$	$\frac{26}{88}$	$\frac{8}{87,5}$	—	—	$\frac{—}{48}$	1,2	1,6	9,8	11,5	37,3	53,1	—	—	13,5	4404	$\frac{1}{20}$	$\frac{9}{8,2}$	$\frac{13}{20,3}$	$\frac{25}{18}$	$\frac{23}{42,1}$	$\frac{7}{60,1}$	—	—	$\frac{78}{28,2}$	2820
2	Лог	10Е+Б	VII	24,5	0,6	IV	176	$\frac{12}{16,7}$	$\frac{48}{58,3}$	$\frac{20}{70}$	$\frac{26}{100}$	$\frac{34}{94}$	$\frac{18}{100}$	$\frac{18}{100}$	—	$\frac{—}{78,5}$	2,5	4,3	19,2	41,2	45,5	72,2	85,2	—	34,4	12144	$\frac{2}{15}$	$\frac{28}{14,5}$	$\frac{14}{27,4}$	$\frac{26}{41,2}$	$\frac{32}{48,4}$	$\frac{18}{72,2}$	$\frac{18}{85,2}$	—	$\frac{138}{44}$	4400
3	Брусничник	10Е+Б	VIII	22,6	0,7	IV	195	$\frac{7}{0}$	$\frac{40}{23}$	$\frac{44}{48}$	$\frac{47}{70}$	$\frac{43}{84}$	$\frac{8}{87}$	$\frac{6}{100}$	—	$\frac{—}{57,4}$	0	1,8	6,9	11	30	41	95	—	15,8	6160	—	$\frac{9}{8}$	$\frac{21}{14,4}$	$\frac{33}{15,7}$	$\frac{36}{35,8}$	$\frac{7}{46,8}$	$\frac{6}{95}$	—	$\frac{112}{27,5}$	2750
4	Хвошово-сфагновый	9Е1Б	VI	16,2	0,4	Va	161	$\frac{42}{48}$	$\frac{65}{66}$	$\frac{34}{28}$	$\frac{16}{75}$	$\frac{4}{50}$	—	—	—	$\frac{—}{65}$	2,6	7,5	19,2	23,4	18,8	—	—	—	10,7	3422	$\frac{20}{6,3}$	$\frac{43}{11,3}$	$\frac{28}{23,3}$	$\frac{12}{31,1}$	$\frac{2}{37,5}$	—	—	—	$\frac{105}{16,3}$	1630
5	Черничник влажный	10Е	V	16,8	0,5	IV	220	$\frac{58}{36,2}$	$\frac{97}{47,5}$	$\frac{38}{97,2}$	$\frac{19}{94,5}$	$\frac{8}{100}$	—	—	—	$\frac{—}{59}$	3,3	12,5	34,6	24,9	72	—	—	—	17,1	7540	$\frac{21}{9,2}$	$\frac{46}{26,4}$	$\frac{37}{35,6}$	$\frac{18}{26,2}$	$\frac{8}{722}$	—	—	—	$\frac{130}{28,9}$	2890
6	Кисличник	10Е+Б	VII	26,4	0,7	III	141	$\frac{2}{0}$	$\frac{11}{9,1}$	$\frac{18}{39}$	$\frac{26}{34,6}$	$\frac{39}{84,6}$	$\frac{22}{95,5}$	$\frac{16}{100}$	$\frac{7}{100}$	$\frac{—}{67,7}$	0	0,5	10,5	7,9	28,2	94	78,5	103,5	41,6	11706	—	$\frac{1}{5}$	$\frac{7}{26,4}$	$\frac{9}{22,8}$	$\frac{33}{33,4}$	$\frac{21}{98,5}$	$\frac{16}{78,5}$	$\frac{7}{103,5}$	$\frac{94}{62,4}$	6240
7	Брусничник	9Е1Б	VI	23,6	0,5	IV	147	$\frac{8}{0}$	$\frac{15}{13,3}$	$\frac{20}{40}$	$\frac{50}{82}$	$\frac{47}{97,7}$	$\frac{7}{71,5}$	—	—	$\frac{—}{69,3}$	0	1,5	11,5	29,2	66,6	137	—	—	39,4	11608	—	$\frac{2}{11,5}$	$\frac{8}{29,8}$	$\frac{41}{35,6}$	$\frac{46}{68,1}$	$\frac{5}{192}$	—	—	$\frac{102}{56,9}$	5690
8	Черничник	9Е1С	VII	23	0,5	III	128	$\frac{11}{0}$	$\frac{24}{12,5}$	$\frac{21}{47,5}$	$\frac{18}{72,2}$	$\frac{38}{87}$	$\frac{16}{100}$	—	—	$\frac{—}{59,2}$	0	3,3	7,1	38,1	66	138	—	—	44	11280	—	$\frac{3}{25,6}$	$\frac{10}{15}$	$\frac{13}{52,6}$	$\frac{33}{76}$	$\frac{16}{138}$	—	—	$\frac{75}{75,2}$	7520

№ пробы	Тип ельника	Процентное распределение всего урожая (числитель) и урожая на первых пяти мутовках всех крон (знаменатель) по ступеням толщины, см								
		12	16	20	24	28	32	36	40	всего
1	Травяно-болотный	$\frac{0,9}{25}$	$\frac{3,3}{33,8}$	$\frac{12,1}{20,8}$	$\frac{20,4}{21,6}$	$\frac{44}{12,5}$	$\frac{19,3}{11,5}$	—	—	$\frac{100}{16}$
2	Лог	$\frac{0,5}{20}$	$\frac{3,4}{70}$	$\frac{6,3}{20,3}$	$\frac{17,7}{19,5}$	$\frac{25,4}{15}$	$\frac{21,4}{14,9}$	$\frac{25,3}{15,1}$	—	$\frac{100}{18}$
3	Брусничник	$\frac{0}{0}$	$\frac{2,3}{40}$	$\frac{9,9}{29,4}$	$\frac{16,8}{26,8}$	$\frac{41,8}{16}$	$\frac{10,7}{12,5}$	$\frac{18,5}{9,8}$	—	$\frac{100}{18,2}$
4	Хвощово-сфагновый	$\frac{0}{87}$	$\frac{7,5}{64,7}$	$\frac{28,5}{38}$	$\frac{38}{25}$	$\frac{21,6}{21,7}$	$\frac{4,4}{24}$	—	—	$\frac{100}{31,6}$
5	Черничник влажный	$\frac{5,1}{38,6}$	$\frac{32,2}{28,9}$	$\frac{35}{17,9}$	$\frac{12,5}{23,3}$	$\frac{15,2}{11,5}$	—	—	—	$\frac{100}{22,2}$
6	Кисличник	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{60}$	$\frac{3,2}{25,4}$	$\frac{3,5}{26,4}$	$\frac{18,8}{17,1}$	$\frac{35,4}{13,6}$	$\frac{21,4}{11,8}$	$\frac{17,7}{9,5}$	$\frac{100}{14}$
7	Брусничник	$\frac{0}{0}$	$\frac{0,4}{26}$	$\frac{4}{17,8}$	$\frac{25,1}{18}$	$\frac{54}{12,1}$	$\frac{16,5}{10}$	—	—	$\frac{100}{13,5}$
8	Черничник	$\frac{0}{0}$	$\frac{1}{22,5}$	$\frac{3}{26}$	$\frac{12,3}{18,7}$	$\frac{44,4}{13,8}$	$\frac{39,3}{12,2}$	—	—	$\frac{100}{14,2}$

Цена 1 руб.

**Подписывайтесь  
на журнал на 1974 г.**

**«ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ»  
МИНИСТЕРСТВА ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
СССР**

Раздел

**„ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ“**

Индекс 70368

«Лесной журнал» выходит один раз в два месяца номерами по 15 печатных листов каждый. Подписная цена на год — 6 руб. Цена отдельного номера — 1 руб.

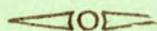
Подписка принимается органами «Союзпечати». В случае отказа в приеме подписка может быть оформлена через редакцию.

По заявке, направленной в редакцию, комплекты журналов и отдельные номера высылаются наложенным платежом.

Адрес редакции: 163007, Архангельск, 7, Набережная В. И. Ленина, 17, АЛТИ, «Лесной журнал».

МИНИСТЕРСТВО  
ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
СССР

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ



ЛЕСНОЙ  
ЖУРНАЛ

