

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

---

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ  
ЗАВЕДЕНИЙ

---

*Лесной журнал*

Журнал основан в 1957 году

4

1981

АРХАНГЕЛЬСК

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Акад. ВАСХНИЛ И. С. Мелехов (гл. редактор), доц. Е. С. Романов (зам. гл. редактора), доц. С. И. Морозов (зам. гл. редактора), проф. Н. М. Белая, доц. Е. М. Боровиков, проф. Ю. Г. Бутко, доц. П. И. Войчаль, проф. И. В. Воронин, проф. И. И. Гусев, проф. Ю. Я. Дмитриев, доц. Г. Л. Дранишников, проф. Р. Е. Калитеевский, проф. В. Г. Кочегаров, проф. Э. Д. Левин, проф. П. Н. Львов, проф. Н. В. Маковский, доц. Н. В. Никитин, д-р с.-х. наук А. Р. Родин, проф. П. С. Серговский, проф. Ю. Д. Силуков, проф. Э. Н. Фалалеев, проф. Н. И. Федоров, проф. В. В. Щелкунов.

Ответственный секретарь А. И. Кольцова.

---

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

© ИВУЗ, «Лесной журнал», 1981.

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

---

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ  
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 4

---

Сдан в набор 9/VI 1981 г. Подписан к печати 2/Х 1981 г.  
Форм. бум. 70×108<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Печать высокая. Условн. печ. л. 12,95. Уч.-изд. л. 14,37.  
Сл. 04436. Тираж 1950 экз. Заказ 4345. Цена 1 руб.  
Типография им. Склепина издательства Архангельского обкома КПСС.  
г. Архангельск, Набережная В. И. Ленина, 86.

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 630\*5

**НОРМАТИВЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗАПАСА ДРЕВОСТОЕВ  
ПРИ ОБРАБОТКЕ ДАННЫХ ВЫБОРОЧНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ  
ТАКСАЦИИ В ЕЛОВЫХ И БУКОВЫХ ЛЕСАХ КАРПАТ**

А. З. ШВИДЕНКО, А. А. СТРОЧИНСКИЙ

Украинская сельскохозяйственная академия

Применение выборочно-измерительной таксации, т. е. оценка таксационных параметров древостоев с помощью угломерных инструментов, в современной лесоинвентаризации все расширяется. Однако переход от суммы площадей сечения ( $G$ ), как непосредственно определяемого признака, к запасу ( $M$ ) происходит либо по стандартным таблицам, либо по эмпирическим зависимостям, связывающим  $G$  и среднюю высоту древостоя  $H$  с  $M$ . Оба метода приближенные и применительно к отдельному древостою могут давать значительные погрешности.

В системном подходе к лесоинвентаризации точность исходной информации и нормативов, используемых при обработке, должна быть сопоставима. Поэтому при обосновании системы лесоинвентаризации для горных лесов зоны интенсивного хозяйства [6] была сделана попытка на основе математико-статистических методов разработать нормативы, позволяющие по измеряемым признакам достаточно надежно определять запас. Ниже кратко излагается методика и результаты работы в еловых и буковых лесах Украинских Карпат.

Для объекта исследования (при необходимости проводят предварительную обработку исходного материала) устанавливают закономерности строения по диаметру, для чего вычисляют первые четыре момента распределения (среднее, коэффициент изменчивости  $V$ , косость  $A$ , крутость  $E$ ), оценивают их значимость (на 10 %-ном уровне), наличие и форму зависимости  $V$ ,  $A$  и  $E$  от таксационных показателей древостоев, в первую очередь, от среднего диаметра, что позволяет, применяя какое-либо из достаточно универсальных семейств распределений (Пирсона, Джонсона), получить математические модели и обобщенные ряды распределения для разных средних диаметров. Зависимость высот от диаметров устанавливают методами регрессионного анализа, например, по методике, изложенной в [5]. Модель видовых чисел стволов устанавливается методами многомерного регрессионного анализа с испытанием в качестве аргументов диаметра, высоты и размеров кроны. Полученные таким образом данные позволяют для разных сочетаний  $G$ ,  $H$ ,  $D$  вычислить запас, откуда несложно получить модель средних видовых чисел древостоев.

Ранее было показано [1, 3], что нормативная информация для материального учета приспевающих и спелых еловых древостоев в Украинских Карпатах должна составляться по двум высотно-зональным поясам, а для буковых — по двум обобщенным типам возрастной структуры. Указанные категории древостоев имеют существенные различия в таксационном строении. Соответствующие статистики распределения диаметра для спелых и приспевающих древостоев приведены в табл. 1.

Анализ значимости корреляционных связей (на 5 %-ном уровне) показал, что в еловых древостоях  $V$ ,  $A$ ,  $E$  не зависят от величины  $D$ ; поэтому в качестве параметров кривых распределения диаметра использованы данные табл. 1. Для буковых древостоев отмечена значимая нелинейная зависимость  $V$ ,  $A$  и  $E$  от  $D$  в одновозрастных древо-

Таблица 1

Категория насаждений	Число наблюдений	Средние значения		
		$V \pm m_V$	$A \pm m_A$	$E \pm m_E$
Ельники				
Среднегорный пояс (ЕСГП)	90	$26 \pm 0,4$	$+0,20 \pm 0,03$	$-0,27 \pm 0,04$
Верхнегорный пояс (ЕВГП)	75	$38 \pm 0,8$	$+0,38 \pm 0,03$	$-0,18 \pm 0,06$
Букники				
Разновозрастные (БР)	92	$46 \pm 2,9$	$+0,75 \pm 0,08$	$+0,10 \pm 0,18$
Одновозрастные (БО)	50	$32 \pm 0,9$	$+0,41 \pm 0,06$	$-0,08 \pm 0,08$

стоях и  $A$  и  $E$  — в разновозрастных. Соответствующие зависимости были выражены в виде полинома четвертой степени (наилучшая аппроксимация из 9 испытанных типов кривых).

Таблица 2

Средний диаметр древостоя, см	Статистики распределения				
	Одновозрастные древостой			Разновозрастные древостой	
	$V$	$A$	$E$	$A$	$E$
16	40,3	0,90	1,70	1,18	0,87
20	36,8	0,68	1,29	0,96	0,53
24	33,6	0,53	0,99	0,78	0,25
28	31,0	0,43	0,77	0,65	0,00
32	28,8	0,36	0,61	0,55	-0,21
36	26,9	0,31	0,47	0,47	-0,39
40	25,2	0,26	0,37	0,41	-0,54
48	22,6	0,20	0,21	0,32	-0,80
56	20,7	0,16	0,10	0,26	-0,96

Полученные по этим уравнениям значения  $V$ ,  $A$  и  $E$  для некоторых диаметров приводятся в табл. 2.

Используя приведенные статистики, мы получили ряды распределения стволов по ступеням толщины в указанных категориях древостоев. Для вычисления запаса были использованы модели зависимости высот от диаметров [5], а также видовых чисел стволов ели и бука; последние, как было отмечено ранее [3, 4, 7], зависят от диаметра и высоты деревьев. Вычисленные на осно-

вании полученных данных видовые числа показаны на рис. 1 и 2. Множественный коэффициент детерминации между средними видовыми числами, диаметрами и высотами древостоев во всех случаях превышает 0,9, что позволило составить следующие модели:

для ельников среднегорного пояса

$$F = 10^{-3} \left( 336 - 2,9H + 0,105H^2 + \frac{5557}{D} - \frac{37900}{D^2} - k \right);$$

$$k = \begin{cases} 0; & H \geq 30, \\ (30 - H)(0,9 - 0,015D); & H < 30; \end{cases} \quad (1)$$

для ельников верхнегорного пояса

$$F = 10^{-3} \left( 226 - 1,4H + 0,055H^2 + \left( \frac{8681}{D} - \frac{63150}{D^2} - k \right); \right.$$

$$k = \begin{cases} 0; & H \leq 20; \\ (H - 20)(0,9 - 0,015D); & H > 20; \end{cases} \quad (2)$$

для буковых разновозрастных насаждений

$$F = \begin{cases} 0,425 + (0,0027 - 0,00009D)(H - 2); & D < 30; \\ 0,425 + \frac{0,0279 - 0,00093D}{D - 11,76} (H - 2); & D \geq 30; \end{cases} \quad (3)$$

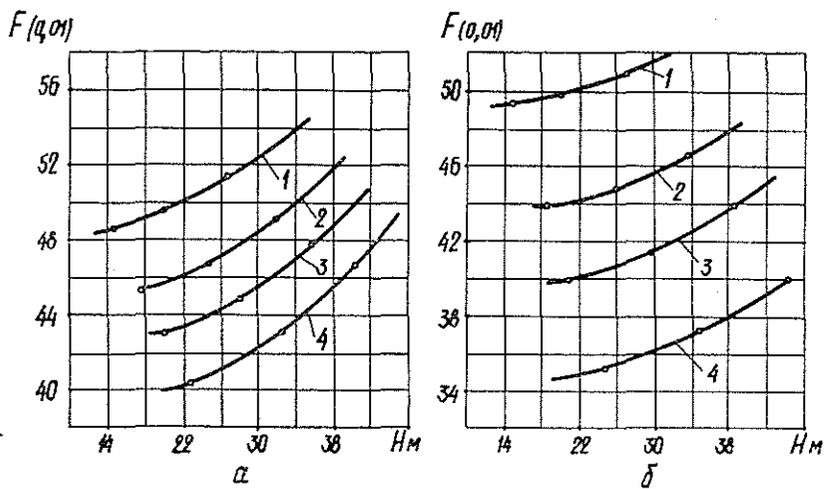


Рис. 1. Графическая модель видовых чисел еловых древостоев Украинских Карпат.

*a* — среднегорный пояс; *b* — верхнегорный пояс; 1 —  $D = 20$  см; 2 —  $D = 30$  см; 3 —  $D = 40$  см; 4 —  $D = 60$  см.

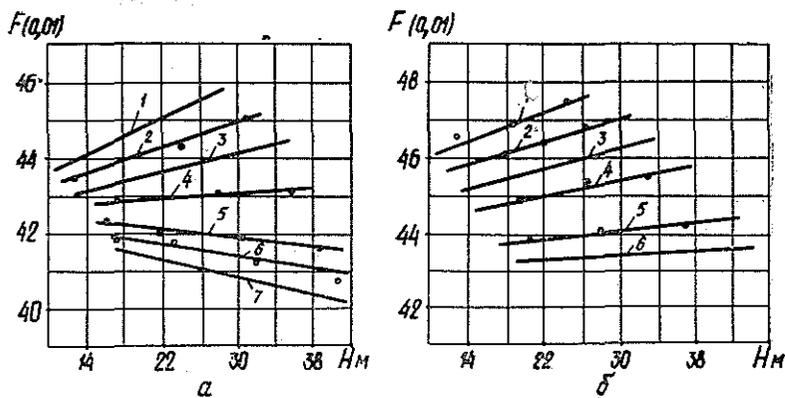


Рис. 2. Графическая модель видовых чисел буковых древостоев Украинских Карпат.

*a* — разновозрастные древостой; *b* — одновозрастные древостой; 1 —  $D = 16$  см; 2 —  $D = 20$  см; 3 —  $D = 24$  см; 4 —  $D = 28$  см; 5 —  $D = 36$  см; 6 —  $D = 44$  см; 7 —  $D = 60$  см.

для буковых одновозрастных насаждений

$$F = \begin{cases} 0,425 + (0,0014 - 0,00003D)(H + 30); & D < 28; \\ 0,425 + \frac{0,00960 - 0,00011D}{D - 14,74}(H + 30); & D \geq 28. \end{cases} \quad (4)$$

В формулах (1)–(4):  $F$  — среднее видовое число древостоя;  $H$  и  $D$  — соответственно средняя высота и средний диаметр древостоя.

Из приведенных данных следует, что игнорирование диаметра как фактора, влияющего на форму и полнодревесность стволов, может приводить (для отдельного древостоя) к систематическим ошибкам 15–25 % как для ели, так и для бука.

Проверка разработанных нормативов была проведена путем сравнения запасов древостоев, вычисленных на основании перечислительной таксации (по объемным таблицам) и по приведенным зависимостям (по средним  $D$  и  $H$  древостоев и измеренной сумме площадей сечения  $G$ ). Результаты проверки, приведенные в табл. 3, свидетельствуют о достаточной точности разработанных нормативов.

Таблица 3

Категория насаждений	Число древостоев	Ошибка, %	
		систематическая	средняя квадратичная
ЕСГП	40	+0,14	1,1
ЕВГП	40	+0,10	1,4
БР	50	+0,28	2,7
БО	50	-0,17	1,6

Для практического использования при лесоинвентаризации модели (1)—(4) были табулированы [2].

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Никитин К. Е., Швиденко А. З. Таксация лесосек на ЭВМ. — Киев: Урожай, 1972. — 200 с. [2]. Рабочие правила по проведению выборочной перечислительной и измерительной таксации при лесоустройстве. — Киев: УЛП, 1979. — 38 с. [3]. Строчинский А. А., Швиденко А. З. Исследование формы и полндревесности ели в Украинских Карпатах (Закономерности распределения). — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1976, № 1, с. 21—24. [4]. Строчинский А. А., Швиденко А. З. Исследование формы и полндревесности стволов ели в Украинских Карпатах. Закономерности взаимосвязи как основа нормативной лесоучетной информации. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1977, № 1, с. 10—16. [5]. Строчинский А. А., Швиденко А. З. Строение еловых древостоев Украинских Карпат по высоте. — В кн.: Вопросы лесной таксации. Киев, 1978, с. 77—83. (Науч. тр. УСХА; Вып. 213). [6]. Швиденко А. З. Теоретические и экспериментальные обоснования системы инвентаризации для горных лесов. — В кн.: Использование ЭВМ ЕС «Ряд» в лесном хозяйстве. Л., 1977, с. 81—108. [7]. Швиденко А. З. Некоторые биометрические закономерности в буковых древостоях Карпат. — Науч. тр./УСХА, 1979, вып. 244.

Поступила 11 ноября 1980 г.

УДК 630\*232 : 633.367

### ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЛИТЕЛЬНОГО ВЛИЯНИЯ ЛЮПИНА МНОГОЛЕТНЕГО НА РОСТ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР ДУБА

А. С. ЯКОВЛЕВ, Г. К. НЕЗАБУДКИН

Марийский политехнический институт

В связи с положительным влиянием многолетнего люпина на микроклимат в приземном слое атмосферы насаждения, лесорастительные свойства и рост биогеоценозов в целом, ставится задача использования его как одного из экономически доступных биологических мероприятий повышения продуктивности искусственных лесов, в том числе и дубовых, произрастающих на дерново-подзолистых почвах зоны хвойно-широколиственных лесов ([1—5, 8—10] и др.).

При этом люпин может быть с успехом использован как предшествующая культура, когда на лесокультурных площадях его высевают

Таблица 1

Наименование опыта	Число здоровых растений, %, по ступеням высоты, м							Статистические показатели высоты				
	1	2	3	4	5	6	7	M ± m	± σ	C %	P %	Сущест-венность различия
Дуб												
С люпином	5,6	23,5	32,9	26,6	9,3	2,6	0,5	3,2 ± 0,08	1,14	35,6	2,5	7,0
Без люпина	18,2	35,1	31,4	12,1	3,5	—	—	2,5 ± 0,07	1,05	42,0	2,8	
Клен ясенелистный												
С люпином	—	9,1	27,3	50,0	9,1	4,5	—	3,7 ± 0,06	0,92	24,8	1,7	8,8
Без люпина	6,1	25,8	44,8	22,8	1,3	—	—	2,9 ± 0,06	0,87	30,0	2,1	

Таблица 2

Наименование опыта	Число здоровых растений, %, по ступеням толщины, см																		Статистические показатели диаметра			
	<2	2	4	6	8	10	12	14	16	18	M ± m	± σ	C %	P %	Сущест-венность различия							
16-летние культуры																						
С люпином	6,4	64,2	20,8	4,8	3,5	0,3	—	—	—	—	2,8 ± 0,12	1,74	62	4,4	3,1							
Без люпина	16,1	60,5	17,4	4,2	1,8	—	—	—	—	—	2,3 ± 0,11	1,61	70	4,9								
26-летние культуры																						
С люпином	—	1,2	13,6	23,3	21,7	17,4	14,6	6,2	1,7	0,3	9,0 ± 0,24	3,13	34,7	2,6	4,2							
Без люпина	—	14,9	20,5	26,2	11,2	14,9	6,5	4,3	0,9	—	7,3 ± 0,30	3,14	43,2	4,1								

на зеленое удобрение и запахивают, как сопутствующая — междурядная с высевом его в междурядья одновременно с посадкой (посевом) древесных растений, или как последующая — в молодых лесных культурах, когда люпин высевают или высаживают в междурядья спустя несколько лет после посева (посадки) главной породы.

Эффективность длительного влияния люпина многолетнего на рост дуба изучали на опытных участках культур дуба с люпином и без него, созданных в 1951 г. на старой задернутой вырубке 1928 г. (квартал 8) в условиях свежей сурамени учебно-опытного лесхоза Марийского политехнического института. Почва дерново-слабоподзолистая среднесуглинистая на покровных суглинках. На сылошь вспаханной почве был проведен пятилучный гнездовой посев дуба в площадки  $1 \times 1$  м, размещенные в ряду через 3 м, в междурядьях через 5 м. В каждую лунку высевали по 5—7 желудей на глубину около 7 см. На второй год вокруг лосевных площадок дуба с четырех сторон на расстоянии 0,3—0,5 м приведена посадка по 5 однолетних растений люпина в площадки  $0,5 \times 0,5$  м на половине одного участка. Одновременно с люпином в междурядья дуба вводили акацию желтую, а в ряду между площадками его — клен ясенелистный. На этих участках осенью 1966 и 1976 гг. были сделаны перечеты деревьев и установлены лесоводственно-таксационные показатели. Полную раскопку корневых систем производили по методике А. П. Тольского [14, 15] с дополнениями, предложенными И. Н. Рахтеенко [12, 13] и В. А. Колесниковым [6, 7]. Расположение корней наносили на план, отмечали глубину их залегания по профилю, общую длину, определяли их массу.

В настоящее время на изучаемом объекте сохранилось небольшое количество люпина в окнах-просветах (500—600 шт. на 1 га). Зеленая масса его в 16-летних культурах составила не более 1,5 т на 1 га, а в 26-летних — 1,0 т на 1 га. Распределение числа здоровых стволов по ступеням высоты и толщины (табл. 1 и 2) показывает, что рост и развитие 16-летних культур дуба на участке с люпином с возрастом улучшаются. В культурах без люпина существенно замедляется интенсивность роста дубков по высоте и диаметру (по высоте в 16-летних культурах на 22 %, по диаметру — на 19—22 %). Продуктивность культур (табл. 3), выраженная весовыми показателями органической массы древесных пород (по данным 10 модельных деревьев), под влиянием люпина значительно увеличивается. Масса надземных и подземных частей дубков возросла более чем на 70 %. Изменилось соотношение между надземной и подземной частями дуба (на контроле 2,3, а с люпином — 2,1). Люпин способствует увеличению числа листьев и их площади как у дуба, так и у клена.

Таблица 3

Участок	Порода	Надземная часть, г			Корни, г	Общая масса, г
		Ствол с ветвями	Листья	Всего		
Без люпина	Дуб	3433	202	3635	1500	5135
	Клен	3066	284	3350	1075	4425
	Акация	396	83	479	667	1146
С люпином	Дуб	5650	506	6156	2673	8829
		165	205	170	177	172
	Клен	4010	371	4381	1300	5681
		131	131	130	120	128
	Акация	565	64	629	701	1330
		143	77	131	107	116

Примечание. В знаменателе даны проценты к контролю.

Изучение корневой системы дало возможность более точно установить влияние люпина на рост, развитие, характер ветвления и взаимоотношения корневых систем растений. Дуб и другие породы на участке с люпином развивают мощную корневую систему, проникающую на глубину более 1,5 м. У дуба в горизонтальной проекции корни относятся к типу «А» по классификации Г. К. Незабудкина [11], т. е. гори-

зонтальные (боковые) корни равномерно распределяются вокруг главного и в проекции занимают 360°, одинаково мощно ветвятся как в сторону рядков люпина, так и вдоль междурядий.

При этом ростовые корни дуба, взаимодействуя с корнями люпина, проходят под ними, мелкие всасывающие переплетаются с корневыми волосками люпина. Корни дуба, встречая на пути корни клена, уходят на глубину до 35 см, проходят между корнями клена и переплетаются. В сторону акации корни дуба развиваются слабо, а при встрече обходят их.

Одновременно выявлено, что после 15- и 25-летнего действия люпина показатели роста дуба по высоте, диаметру, запасу в культурах с люпином остаются выше, чем на контроле (табл. 4).

Таблица 4

Наименование опыта	Возраст дуба, лет	Срок действия люпина, лет	Число растений на 1 га			Высота, м (числитель) и диаметр, см (знаменатель)		Запас дуба, м <sup>3</sup> /га
			дуба	клена ясене- лиственного	акации желтой	дуба	клена	
С люпином	5	4	8993	1900	8500	$\frac{0,68}{-}$	$\frac{0,79}{-}$	—
	10	9	6800	1900	8000	$\frac{2,2}{1,9}$	$\frac{2,50}{2,1}$	—
	16	15	6684	1856	2250	$\frac{3,2}{2,8}$	$\frac{3,7}{3,0}$	14,73
	26	25	3729	1305	1237	$\frac{9,5}{9,0}$	$\frac{8,5}{8,0}$	121,5
Без люпина	5	—	8325	1950	8500	$\frac{0,55}{-}$	$\frac{0,72}{-}$	—
	10	—	8000	1900	8000	$\frac{1,8}{1,6}$	$\frac{2,5}{1,8}$	—
	16	—	4820	1450	3100	$\frac{2,5}{2,5}$	$\frac{2,9}{2,3}$	8,4
	26	—	3996	1153	1895	$\frac{9,0}{7,3}$	$\frac{8,0}{8,0}$	82,3

Превышение по запасу в 16-летнем дубняке составляет 75 %, а в 26-летнем — 47 %.

Таким образом, положительное влияние люпина многолетнего на состояние и рост дуба в описанных условиях заметно сказывается на протяжении 25 лет. Если 16-летний молодой дуба на участке с люпином соответствует II классу бонитета вместо III класса на участке без люпина, то в 26-летнем возрасте он имеет I класс бонитета. Следовательно, люпин способствует повышению производительности дуба. В наших условиях необходимо более широко применять люпин при создании лесных культур дуба и других древесных пород, строго соблюдая агротехнику выращивания их и люпина. При междурядной культуре люпина, при введении его на расстояние не ближе 0,5 м, дуб имеет лучшие показатели роста и развития.

## ЛИТЕРАТУРА

[1]. Блинов И. К., Валахонвич А. А. Влияние минеральных удобрений и многолетнего люпина на запасы фитомассы и содержание в ней азота и зольных

элементов в культурах дуба черешчатого и дуба красного. — В кн.: Лесоведение и лесн. хоз-во. Минск, 1975, вып. 9, с. 97—105. [2]. Блинцов И. К., Валахович А. А. О воздействии удобрений и люпина многолетнего на биологическую активность почвы в культурах дуба. — Лесоведение, 1976, № 1. [3]. Егоренков М. А. Влияние люпина на рост дуба: Автореф. дис. . . канд. с.-х. наук. — Минск, 1968. [4]. Егоренков М. А. Изменение некоторых элементов микроклимата в смешанных культурах дуба под влиянием междурядной культуры многолетнего люпина. — В кн.: Лесоведение и лесн. хоз-во. Минск, 1970, вып. 3, с. 24—28. [5]. Жилкин Б. Д. Повышение продуктивности сосновых насаждений культурой люпина. — Минск, 1974. — 256 с. [6]. Колесников В. А. Корневая система плодовых и ягодных растений и методы ее изучения. — М., 1962. [7]. Колесников В. А. Методы изучения корневой системы древесных растений. — М.: Лесн. пром-сть, 1972. — 152 с. [8]. Лахтамова Л. И., Берегова Т. С. Эффективность длительного влияния люпина на рост культур сосны. — В кн.: Лесоведение и лесн. хоз-во. Минск: Вышэйш. школа, 1979, вып. 14, с. 60—64. [9]. Незабудкин Г. К. Применение люпина многолетнего в лесах Марийской АССР. — Сб. тр./ ПЛТИ. Йошкар-Ола, 1965, вып. 2, № 57, с. 71—85. [10]. Незабудкин Г. К., Яковлев А. С. Опыт выращивания культур дуба черешчатого с люпином многолетним. — Сб. тр./ МарПИ, 1972, вып. 3, № 59, с. 78—85. [11]. Незабудкин Г. К., Зудин Н. А., Данилова А. А. Обследование и исследование искусственных насаждений и лесокультурного материала. — Йошкар-Ола: Маркнигиздат, 1966. — 62 с. [12]. Рахтеенко И. Н. Корневые системы древесных и кустарниковых пород. — М.: Гослесбумиздат, 1952. [13]. Рахтеенко И. Н. Рост и взаимодействие корневых систем древесных растений. — Минск: АН БССР, 1963. — 254 с. [14]. Тольский А. П. Материалы по изучению формы и развития корней сосны и других древесных пород. — Тр. опытных лесничеств, 1905, вып. 2, с. 1—61. [15]. Тольский А. П. Материалы по изучению строения и жизнедеятельности корней сосны. — Тр. по опыт. делу в России. СПб., 1907, вып. 3.

Поступила 8 августа 1980 г.

УДК 581.845

## АНАТОМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ЛИСТЬЕВ ОЛЬХИ СЕРОЙ, КУЛЬТИВИРУЕМОЙ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТВАЛАХ КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ

Н. М. КАРТАШОВА

Воронежский лесотехнический институт

Выращивание леса на промышленных отвалах КМА затруднено в связи с отсутствием естественной почвы. Состав извлеченного минерального грунта (точнее грунтосмеси) неоднороден и в неодинаковой степени неблагоприятен для древесной растительности, что подтверждается наблюдениями за ростом культур, создаваемых в таких условиях.

Естественно предположить, что различия условий произрастания скажутся не только на ростовых процессах, но найдут отражение и во внутренней структуре органов растения.

Для проверки высказанного предположения был избран сравнительный эколого-анатомический метод, с помощью которого определяли направление и степень структурных изменений, которые претерпевают растения, культивируемые в худших и в относительно лучших условиях роста.

О мере соответствия разных условий произрастания потребностям растений можно судить по морфологическим показателям: высоте деревьев, длине их годичных побегов, числу листьев и размерам листовой поверхности. Анатомическому исследованию подверглись вегетативные органы двух видов древесных растений — ольхи серой и облепихи крушиновидной. В данной статье рассматривается анатомическая структура листьев ольхи серой, культивируемой на конвейерном отвале Лебединского карьера, расположенного в 10 км к северо-востоку от г. Губкина (Белгородская область).

Вдоль откосов этого отвала кафедрой агролесомелиорации Воронежского лесотехнического института в 1970 г. были проведены посадки однолетних сеянцев ольхи серой, без предварительной подготовки почвы, с размещением  $2 \times 0,5$  м [9].

Климат района умеренно континентальный. По данным Старо-Оскольской метеостанции [7, 8], температурные условия для роста лесонасаждений в целом благоприятны, но увлажнение неустойчивое. Территория, на которой расположены отвалы КМА, относится к лесостепной растительной зоне [2].

В пределах одного из отвалов на откосах западной экспозиции культуры ольхи были заложены на грунтосмесях двух типов (вариантов): на меловой и легкоглинистой. Отметим особо, что меловая грунтосмесь примерно на  $\frac{3}{4}$  состоит из глыб обломочных пород и на  $\frac{1}{4}$  представляет собой среднюю глину.

Механический и химический анализ образцов грунтосмесей, отобранных на обоих вариантах из корнеобитаемого слоя (15—40 см) в мае 1979 г., обнаружила ряд различий между ними. Грунтосмесь варианта 2, на которой высота деревьев была большей, отличалась от грунтосмеси варианта 1 более легким механическим составом, 5-кратным превышением содержания гумуса, кальция и магния, 4-кратным — общего азота, 3-кратным — калия, но в то же время — почти вдвое меньшим содержанием фосфора, рН водной вытяжки одинакова — 7,98 и 7,96. Отметим, что содержание гумуса незначительно и даже в лучшем варианте 2 составляет 0,80—1,24 %.

На указанных грунтосмесях рост деревьев протекал с различной интенсивностью и к 7-лет-

нему возрасту средняя высота деревьев в варианте 1 была 2,3 м и в варианте 2 — 3,6 м. Сомкнутость культур в варианте 2 несколько выше.

Для получения анатомического материала были отобраны по 10 нормально развитых деревьев в варианте. У каждого дерева срезали верхушечный побег, измеряли его длину, определяли число листьев, среднюю площадь листа и суммарную листовую поверхность побега. Для сопоставления отбирали пары побегов, обладающих морфологической однородностью. Последнюю определяли по положению каждого из параметров побега в 10-членном ряду величин (табл. 1).

По 10 листьев с середины верхушечных побегов фиксировали в 80 %-ном спирте, и затем они служили для определения длины жилок, числа устьиц, толщины мезофилла, соотношения тканей в листовом черешке.

Согласно имеющимся рекомендациям [1, 3], для сравнительных количественных исследований выбирали участки пластинок в средней трети листа между краем и срединной жилкой. Подсчет числа устьиц и измерение длины жилок производили на временных препаратах кусочков листьев, просветленных в хлоралгидрате [6]. Видимую в поле зрения микроскопа сеть жилок зарисовывали при помощи рисовального аппарата РА-4, а полученные линии измеряли курвиметром. Толщину листа измеряли окулярным микрометром. Результаты обрабатывали статистически.

После окончания вегетационного периода была проведена раскопка корневых систем деревьев 6 и 17 для учета развития корневых клубеньков. Одновременно стволы были спилены и на поперечных срезах измерены годичные кольца (учитывая небольшие размеры деревьев, измерения проводили на высоте 20 см). Ширина колец древесины существенно по вариантам не различается. Размеры корневых клубеньков в варианте 2 в несколько раз превышают размеры клубеньков варианта 1.

Основное внимание в данном исследовании было уделено структуре листьев. Результаты этих исследований приведены в табл. 2 и 3.

Относительные параметры тканей листового черешка вычисляли по методике В. Г. Николаевского [4, 3].

Анализ данных, приведенных в табл. 2 и 3, позволяет сделать следующие выводы.

В худших условиях роста структура листа ольхи серой менее ксероморфна, о чем свидетельствует меньшая густота жилок и устьиц на единице листовой поверхности. В то же время толщина мезофилла у таких листьев больше.

Таблица 1

## Количественная характеристика облиствения побегов

Вариант	Номер дерева	Число листьев на побеге	Площадь листовой поверхности побега, см <sup>2</sup>	Площадь листа, см <sup>2</sup>
1	9	26	624	24
2	20	25	575	23
1	6	16	560	35
2	17	21	735	35
1	8	17	425	25
2	19	22	572	26

Таблица 2

## Анатомическая характеристика листьев ольхи серой

Вариант	Номер дерева	Длина жилок		Число устьиц		Толщина мезофилла	
		мм/1 см <sup>2</sup>	<i>t</i>	шт./1 мм <sup>2</sup>	<i>t</i>	мкм	<i>t</i>
1	9	814,26 ± 4,68		312,62 ± 6,34		138,24 ± 1,56	
2	20	854,36 ± 4,26	6,33	366,73 ± 6,86	5,79	127,92 ± 1,34	5,03
1	6	786,15 ± 4,54		307,50 ± 4,87		131,20 ± 1,96	
2	17	840,00 ± 6,69	6,67	360,75 ± 7,62	5,90	121,30 ± 1,80	3,72
1	8	777,69 ± 6,69		295,75 ± 7,00		134,60 ± 2,36	
2	19	829,23 ± 7,85	4,97	359,25 ± 8,12	5,92	118,34 ± 1,81	5,47

Таблица 3

## Параметры структуры листовых черешков ольхи серой

Показатели структуры	Номер дерева					
	9	20	6	17	8	19
Площадь, мм <sup>2</sup> :						
поперечного среза черешка	3,039	2,185	3,244	2,057	2,177	1,978
паренхимы	2,167	1,451	2,291	1,365	1,556	1,356
флоэмы	0,401	0,408	0,454	0,392	0,286	0,359
ксилемы	0,471	0,326	0,499	0,300	0,335	0,263
флоэмы и ксилемы	0,872	0,734	0,953	0,692	0,621	0,622
Относительная площадь тканей на поперечном срезе черешка, %:						
паренхимы	71,3	66,4	70,6	66,3	71,5	68,6
флоэмы	13,2	18,7	14,0	19,1	13,1	18,1
ксилемы	15,5	14,9	15,4	14,6	15,4	13,3
флоэмы и ксилемы	28,7	33,6	29,4	33,7	28,5	31,4
Отношение флоэмы к ксилеме	0,85	1,25	0,91	1,31	0,85	1,36
Площадь одного листа, дм <sup>2</sup>	0,24	0,23	0,35	0,35	0,25	0,26
Отношение площади тканей на поперечном срезе черешка к площади пластинки листа, мм <sup>2</sup> /дм <sup>2</sup> :						
всего черешка	12,66	9,50	9,27	5,88	8,71	7,60
флоэмы	1,67	1,77	1,30	1,12	1,14	1,38
ксилемы	1,96	1,42	1,42	0,86	1,34	1,01
флоэмы и ксилемы	3,36	3,19	2,72	1,98	2,48	2,39

Черешки листьев деревьев, развивающихся в худших условиях роста, отличаются большим поперечным сечением, что обусловлено усиленным развитием паренхимных тканей вокруг проводящих лучков, поперечники которых, напротив, развиты слабее. Отношение площади проводящих тканей черешка к площади поверхности листа на худших субстратах выше.

Таким образом, условия почвенного питания, снижающие интенсивность роста дерева в высоту, оказывают влияние и на структуру листьев. Это влияние не однозначно: одни параметры структуры в худших условиях роста дерева увеличиваются (толщина мезофилла, поперечник черешка и преимущественно его паренхимы, отношение площади проводящих тканей черешка к площади листа), другие, напротив, уменьшаются (длина жилок, число устьиц эпидермы).

## ЛИТЕРАТУРА

[1]. Баранов П. А. К методике количественно-анатомического изучения растений. Распределение устьиц. — Бюл. Среднеаз. гос. ун-та, 1924, № 7. [2]. Геоботаническая карта европейской части СССР. Л. 9. [3]. Мирославов Е. А. Структура и функция эпидермиса листа покрытосемянных растений. — Л., 1974. [4]. Николаевский В. Г. Реакция проводящей системы черешков листьев плодовых растений на почвенно-климатические условия субальпийской зоны. — Бюл. науки, 1975, № 11.

[5]. Николаевский В. Г. Количественно-анатомические параметры черешка и листовой пластинки некоторых видов сливовых в связи с их экологическими особенностями. — Бот. журн., 1976, № 3. [6]. Прокина М. Н. Ботаническая микротехника. — М., 1960. [7]. Справочник по климату СССР. 1965, вып. 28. [8]. Справочник по климату СССР. 1968, вып. 28. [9]. Трещевский И. В., Панков Я. В., Селиванов А. И. Облепиха крушиновая — одна из перспективных культур при рекультивации отвалов КМА. — В кн.: Защитное лесоразведение и лесные культуры. Воронеж, 1978, вып. 5.

Поступила 14 января 1980 г.

УДК 630\*181.36

## СТРУКТУРА И ПЛАСТИЧНОСТЬ КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

М. И. КАЛИНИН

Львовский лесотехнический институт

Пластичность корневой системы сосны обыкновенной отмечали многие авторы ([1, 2, 4—6] и др.). Обычно ее оценивали по данным визуальных наблюдений, глубине проникновения стержневых и якорных корней, характеру корненоселности почвы. При этом, как правило, сравнивали корневые системы деревьев, произрастающих в существенно различных почвенно-гидрологических условиях, когда изменения в их строении проявились наиболее значительно.

Нами исследована пластичность корневой системы сосны, как степень изменения ее структуры. Под структурой корневой системы понимается соотношение трех категорий корней (горизонтальных, стержневых, вертикальных ответвлений от горизонтальных корней) в одном из показателей, характеризующих корневую систему в целом: массе, длине, поверхности корней. Целесообразность выделения приведенных категорий при анализе строения корневых систем деревьев обоснована ранее [2].

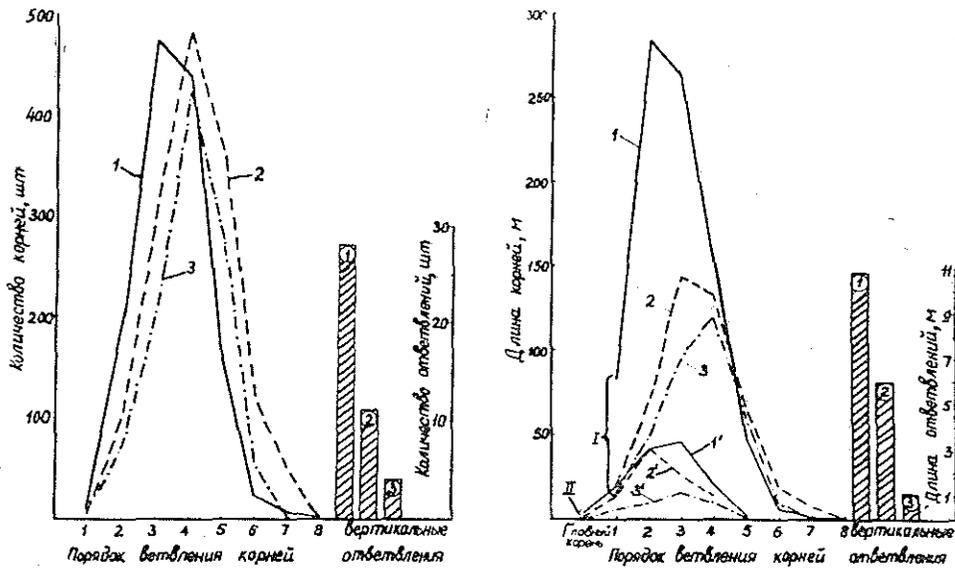
Исследования выполнены в условиях дерново-подзолистых почв западной лесостепи. Полностью извлечены из почвы и обработаны методами биометрического анализа [2, 3] корневые системы 56 модельных деревьев в возрасте 14—90 лет. Структура корневых систем сосны в возрасте 14—27 лет характеризуется следующим участием выделенных категорий корней: горизонтальные —  $80,9 \pm 1,6\%$  ( $C = 10,1\%$ ;  $P = 1,9\%$ ); стержневые —  $9,1 \pm 0,9\%$ ; вертикальные ответвления от горизонтальных корней —  $10,0 \pm 2,1\%$ .

Более детальный анализ структуры корневых систем предусматривает в пределах приведенных структурных групп корней выделение корней всех порядков ветвления.

Такой анализ строения корневых систем трех моделей сосны 90-летнего возраста на среднедерново-слабоподзолистой почве представлен на рисунке. Как видим, в сформировавшейся корневой системе сосны основное участие по числу ( $a$ ) и по суммарной длине ( $b$ ) занимают корни горизонтальной ориентации.

Разветвленность их довольно велика. Однако ответвлений наиболее высоких порядков (7—8-го) встречается мало. Преобладают ответвления 2—4-го порядков. Участие стержневых корней менее значительно, интенсивность их ветвления слабее, она ограничена корнями 5-го порядка. Суммарная длина ответвлений соответствующих порядков у стержневых корней в несколько раз меньше, чем у горизонтальных.

Изменение структуры корневых систем наблюдается даже при относительно небольших отклонениях почвенных условий. Это подтверж-



Структура корневой системы сосны обыкновенной 90-летнего возраста.

1, 2, 3 — группы роста деревьев: лучшие, средние, отстающие; I — горизонтальные корни; II — стержневые корни.

Таблица 1

Почва	Среднегодовой прирост скелетных корней по длине, м	Относительное участие корней разных категорий в общей длине корней, %							
		горизонтальных				стержневых		вертикальных ответвлений от горизонтальных корней	
		М	$\pm m$	$\sigma$	P	М	$\pm m$	М	$\pm m$
Сильнодерново-слабоподзолистая	13,6	85,7	2,1	5,2	2,5	9,0	0,8	5,3	2,2
Среднедерново-слабоподзолистая	7,3	76,6	2,5	6,1	3,2	10,2	2,5	13,2	3,7
Слабодерново-слабоподзолистая	4,2	72,0	3,7	9,2	5,2	5,7	1,0	22,3	2,9

дается данными табл. 1, полученными по исследованиям шести корневых систем для каждой почвенной разности в возрасте деревьев 14—27 лет. Степень достоверности разницы  $t$  между данными, характеризующими корневые системы на сильно- и слабодерновых почвах, составляет: по участию горизонтальных корней — 3,1; стержневых — 2,5; вертикальных ответвлений от горизонтальных корней — 4,6.

Приведенные данные показывают, что при ухудшении почвенных условий уменьшается относительное участие горизонтальных и стержневых корней и значительно увеличивается участие вертикальных ответвлений от горизонтальных корней.

Таким образом, в условиях достаточного увлажнения почвы, при уменьшении уровня ее потенциального плодородия сосна образует менее интенсивную стержневую часть корневой системы, но существенно увеличивает вертикальные ответвления от горизонтальных корней, поз-

воляющие более интенсивно использовать верхние наиболее плодородные слои почвы по всей глубине их залегания.

Структура корневых систем изменяется с возрастом деревьев. Результаты исследования представлены средними данными по трем модельным деревьям, взятым в насаждениях разного возраста на среднедерново-слабоподзолистых почвах (табл. 2).

Таблица 2

Возраст модельных деревьев, лет	Общая длина стержневых корней одного модельного дерева, м	Относительное участие корней разных категорий в общей длине корней, %			
		горизонтальных	стержневых	вертикальных ответвлений от горизонтальных корней	всего стержневых корней и вертикальных ответвлений
14	114,0	79,9	12,6	7,5	20,1
41	165,1	70,4	10,5	19,1	29,6
90	571,4	46,7	20,0	33,3	53,3

С увеличением возраста дерева с 14 до 90 лет участие корней горизонтальной ориентации уменьшается в 1,7 раза, относительное участие стержневых корней возрастает в 1,6 раза, вертикальных ответвлений — в 4,4 раза.

Характер изменения структуры корневых систем, отражая процесс их развития, показывает, что с возрастом значительно увеличивается интенсивность использования ранее занятого объема почвы за счет ветвления стержневых корней и образования вертикальных ответвлений от горизонтальных корней.

Влияние густоты насаждения на структуру корневых систем определено сопоставлением средних данных по трем модельным деревьям, исследованным в каждом из сравниваемых насаждений. Эксперимент выполнен в двух повторностях (табл. 3).

Таблица 3

Почва	Возраст насаждений, лет	Густота насаждений, тыс. шт. на 1 га	Общая длина скелетных корней одного модельного дерева, м	Относительное участие корней разных категорий в общей длине, %			
				горизонтальных	стержневых	вертикальных ответвлений	всего стержневых корней и вертикальных ответвлений
Среднедерново-слабоподзолистая	14	10,0	90,8	71,4	4,6	24,0	28,6
	14	6,5	113,2	83,8	8,7	7,5	16,2
Слабодерново-слабоподзолистая	23	16,7	91,1	68,3	5,2	26,5	31,7
	23	6,6	99,5	80,4	3,2	16,4	19,6

Данные табл. 3 говорят о том, что независимо от почвенной разности и возраста насаждений при увеличении их густоты относительное участие корней горизонтальной ориентации уменьшается. Относительное участие вертикальных ответвлений от горизонтальных корней при этом увеличилось в 1,6—3,2 раза. В обеих повторностях повышение густоты вызвало увеличение суммарного относительного участия корней вертикальной ориентации, т. е. стержневых корней и вертикальных ответвлений от горизонтальных корней. Это увеличение достаточно существенное — 1,6 и 1,8 раза. Среднее относительное участие горизон-

гальных корней по шести модельным деревьям составило в густых насаждениях  $69,2 \pm 2,5$  % ( $C = 8,9$  %;  $P = 3,6$  %); в редких —  $81,4 \pm 2,1$  % ( $C = 6,4$  %;  $P = 2,6$  %). Достоверность разницы между этими показателями  $t = 3,8$ . Относительное участие корней вертикальной ориентации составило в густых насаждениях  $30,8 \pm 2,5$  %; в редких —  $18,7 \pm 2,1$  %, достоверность разницы  $t = 3,8$ .

Интенсивность развития корневых систем непосредственно зависит от положения дерева в насаждении. В 14-летних сосновых насаждениях суммарная длина скелетных корней у деревьев лучшего роста в 5 раз больше, чем у отстающих; в 23-летних — в 4; в 41-летних — в 3,1; в 90-летних — в 2,5 раза. Однако различия в структуре корневой системы у деревьев разной интенсивности роста проявляются меньше, что показали исследования корневых систем 21 дерева, относящихся к группам лучшего, среднего роста и отстающих (табл. 4).

Таблица 4

Группа роста деревьев	Относительное участие корней категорий					
	горизонтальных				стержневых $M \pm m$	вертикальных ответвлений $M \pm m$
	$M \pm m$	$\sigma$	$C$ %	$P$ %		
Лучшие	$73,9 \pm 3,4$	6,8	9,2	4,6	$5,4 \pm 1,1$	$20,7 \pm 2,8$
Средние	$78,4 \pm 3,8$	9,4	12,0	4,8	$6,4 \pm 1,4$	$15,1 \pm 3,2$
Отстающие	$78,2 \pm 3,7$	10,7	13,7	4,7	$10,7 \pm 1,3$	$11,0 \pm 4,1$

Данные табл. 4 показывают отсутствие достоверной разницы между относительным участием корней горизонтальной ориентации у деревьев, занимающих различное положение в насаждении. Очевидно, в зависимости от этого фактора находится соотношение корней вертикальной ориентации. Относительное участие стержневых корней увеличивается у деревьев более слабого роста в 1,49 раза ( $t = 3,1$ ), в то же время участие вертикальных ответвлений от горизонтальных корней уменьшается в 1,87 раза ( $t = 2,0$ ).

Приведенные данные позволяют сделать следующие обобщения. Структура корневых систем деревьев изменяется под влиянием эдафических и биотических факторов. Пластичность корневых систем проявляется в изменении их структуры под влиянием среды. Наиболее динамично и существенно меняется соотношение групп корней вертикальной ориентации (стержневых и вертикальных ответвлений от горизонтальных корней).

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Альбенский А. В., Дьяченко А. Е. Деревья и кустарники для ползащитного лесоразведения. — М.: Сельхозгиз, 1949. — 144 с. [2]. Калинин М. И. Корневые системы деревьев и повышение продуктивности леса. — Львов: Вища школа, 1975. — 174 с. [3]. Калинин М. И. Методика исследования корневых систем деревьев. — В кн.: Лесное хозяйство, лесная, бумажная и деревообрабатывающая промышленность. К.: Будівельник, 1976, с. 25—29. [4]. Морозов Г. Ф. Учение о лесе. — М.: Гослесбумиздат, 1948. — 455 с. [5]. Рахтеенко И. Н. Корневые системы древесных и кустарниковых пород. — М.: Гослесбумиздат, 1952. — 108 с. [6]. Тольский А. П. Материалы по изучению формы и развития корней сосны и других древесных пород. — Труды опорных лесничеств. СПб., 1905, вып. 3. — 63 с.

Поступила 10 ноября 1980 г.

УДК 630\*443:58.09

## АНТИБИОТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ФИТОПАТОГЕННЫХ ГРИБОВ — ВОЗБУДИТЕЛЕЙ ШЮТТЕ ХВОИ СОСНЫ И ЕЛИ

Н. К. ЧЕРНЫШЕВА, В. В. КНЯЗЕВА, В. А. ДЫМОВИЧ

Ленинградская лесотехническая академия  
Институт микробиологии и вирусологии

Биоактивные вещества грибов, поражающих древесную зелень, до сих пор не изучены, хотя среди них могут быть соединения, представляющие значительный интерес для медицины, сельского и лесного хозяйства.

Настоящие исследования предполагают изучение антибиотической активности двух фитопатогенных грибов: *Lophodermium pinastri* Chev. и *Lophodermium macrosporum* (Hart.) Rehm., выделенных из хвои сосны и ели.

Помимо чистых культур *L. pinastri* и *L. macrosporum*, изучали активность мицелия и культуральной жидкости различных штаммов *L. pinastri*, полученных при искусственном культивировании на жидкой питательной среде — водном экстракте из хвои сосны.

Антибиотическую активность изучали методом блоков с применением широкого набора тест-организмов. В качестве тест-культур использовали грамположительные и грамотрицательные микроорганизмы и почвенные сапрофиты, а также фитопатогенные грибы и бактерии. Все бактериальные и грибные тест-организмы были получены из музея отдела физиологии и систематики микромитозов Института микробиологии и вирусологии АН УССР и являлись типичными культурами.

Каждую группу тест-организмов выращивали на средах, оптимальных для развития этих культур (мясопептонный агар МПА и бульон МПБ, сусловый агар и жидкое сусло 7° по Баллингу).

В опытах использовали суточные тест-культуры, выращенные на скошенных агаризованных средах при температуре 26—28°C. Затем смывали физиологическим раствором микроорганизмы. Плотность микробной взвеси перед засевом достигала 500 млн. бактериальных тел в 1 мл среды (10 единиц мутности по бактериальному стандарту мутности).

Данной взвесью засеивали агаризованные среды в чашках Петри, после чего на поверхность наносили агаризованные блоки (0,5 см в диаметре) с недельной культурой *L. pinastri* и *L. macrosporum*. Чашки помещали в термостат на 24—48 ч для бактерий и 2—3 сут для грибов. Активность учитывали, измеряя диаметр стерильных зон (отсутствие роста бактерий и грибов) вокруг дисков.

При испытании культуральных жидкостей вместо блоков пользовались цилиндриками (диаметром также 0,5 см), которые помещали на поверхности засеянного агара в чашках Петри. Цилиндрики заполняли культуральной жидкостью соответствующего испытываемого гриба. Учет активности — прежний.

Результаты определения антибиотической активности исследуемых фитопатогенов по отношению к фитопатогенным грибам и бактериям показаны в табл. 1, 2.

Из приведенных данных видно, что чистая культура *L. pinastri* обладает довольно высокой активностью против двух фитопатогенных грибов: *Botrytis cinerea* Pers., который вызывает серую гниль бахчевых растений, гниль корней свеклы, картофеля, табака, кукурузы и др., и *Ascochyta imperfecta* Pech., вызывающего отмирание стеблей льна, люцерны. Активна она также против грибов, поселяющихся на злаковых растениях, на гниющем сене, овощах, в том числе и на томатах, свекле, картофеле. Слабо тормозит развитие грибов, поражающих хлопчатник и фрукты. Хорошо подавляет рост таких бактерий, как *Bacterium malvacearum* E. Sm., *Staphylococcus flavocyaneus* Kn., *B. coli* Lehm. et Neum., а из фитопатогенных бактерий сильно подавляет рост *Pseudomonas tabacum* Wolf et Fost., выделенный из табака.

Таблица 1

Активность *L. pinastri* и *L. macrosporum*  
по отношению к фитопатогенным грибам

Тест-культуры	Диаметр стерильных зон, мм							
	Исследуемые культуры		Мицелий <i>L. pinastri</i> штаммов			Культуральная жидкость штаммов		
	<i>L. pinastri</i>	<i>L. macrosporum</i>	11	10	4	4	10	11
<i>Verticillium dachliae</i> Kleb. 12663	8	9	—	—	—	—	—	—
<i>Monilia fructigena</i> Pers.	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Ascochyta linicola</i> Naum. et Vass.	15	16	—	—	—	18	—	—
<i>Botrytis cinerea</i> Pers. 14720	23	19	—	—	—	—	—	—
<i>Rhizoctonia solani</i> Kühn.	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Macrosporium solani</i> Ell. et Mart.	15	14	—	—	—	—	—	—
<i>Trichothecium roseum</i> Link. 31417	15	24	—	—	—	14	15	12
<i>Phoma betae</i> Frank.	14	24	—	17	16	13	16	14
<i>Rhacotiella votis</i> Sac.	9	16	—	14	—	14	—	—
<i>Ascochyta imperfecta</i> Pech.	24	18	—	15	—	—	—	15
<i>Alternaria tenuis</i> Nees.	—	18	—	—	—	14	15	—
<i>Fusarium oxysporum</i> Schl.	—	—	25	—	—	—	—	—
<i>Helminthosporium gramineum</i> Rabh.	15	25	—	15	—	—	—	—

Таблица 2

Антибактериальная активность *L. pinastri* и *L. macrosporum*

Тест-культуры	Диаметр стерильных зон, мм							
	Исследуемые культуры		Мицелий <i>L. pinastri</i> штаммов			Культуральная жидкость штаммов		
	<i>L. pinastri</i>	<i>L. macrosporum</i>	11	10	4	4	10	11
<i>Bacillus megaterium</i> de Bary	8	—	—	14	—	—	6	—
<i>Bacterium pyocyaneum</i> Lopf.	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Bacterium malvacearum</i> E. Sm.	12	—	—	12	12	—	8	—
<i>Staphylococcus flavocyaneus</i> Kn.	12	—	—	12	12	—	8	—
<i>Bacterium coli</i> Lehm. et Neum.	12	—	—	12	8	4	4	—
<i>Bacterium tumefaciens</i> E. Sm. et Towns.	—	18	—	8	6	6	6	—
<i>Staphylococcus aureus</i> Rosen. 209	—	—	—	10	8	6	8	—
<i>Erwinia caratovora</i> (Jon.) Holl. 438	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Pseudomonas pisi</i> Sack. 2007	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Pseudomonas lachrymans</i> E. Sm. et Br.	—	25	—	—	—	—	—	—
<i>Pseudomonas holci</i> Kend. 8301	—	12	—	—	—	—	—	—
<i>Pseudomonas andropogonis</i> E. Sm. 71	—	18	—	—	—	—	—	—
<i>Pseudomonas vignae</i> Gard. et Kend. 1025	—	18	—	—	—	—	—	—
<i>Pseudomonas tabacum</i> Wolf et Fost.	16	24	—	4	—	5	8	—

Чистая культура *L. macrosporum* обладает еще большей активностью: подавляет рост почти всех исследуемых фитопатогенных грибов и бактерий; особенно активен против *Phoma betae* Frank., поражающего все органы свеклы, и *Trichothecium roseum* Link., вызывающего гниль хлопчатника, кукурузы, люпина, фундука и слезотечение у березы, бука и нльмовых.

Чистая культура *L. pinastri* подавляет развитие четырех из семи исследуемых бактерий, выделенных из организма животных и человека. В основном это грамотрицательные бактерии. Культура *L. macrospo-*

*rum* подавляет только один вид этих бактерий, зато довольно сильно угнетает фитопатогенные бактерии: 5 из 7 исследуемых, в то время как *L. pinastri* подавляет всего один.

Следовательно, культура *L. macrosporum* может быть рекомендована для выделения из нее веществ против фитопатогенных бактерий.

Различные штаммы мицелия и культуральной жидкости *L. pinastri* по-разному влияют на фитопатогенные бактерии (табл. 2). Наибольшую активность проявил 10-й штамм, а наименьшую — 11-й.

Активность мицелия и культуральной жидкости исследуемых грибов, выращенных на хвойном водном экстракте, полученном в лабораторных (мягких) или производственных (жестких) условиях, примерно одинакова.

Таким образом, оба исследуемых гриба проявляют биологическую активность по отношению как к фитопатогенным грибам и бактериям, так и к бактериям из организма человека и животных. Причем *L. macrosporum* лучше подавляет рост фитопатогенных грибов и бактерий, а *L. pinastri* в основном угнетает рост грамотрицательных бактерий животного происхождения.

Поступила 3 октября 1980 г.

УДК 630\*232.31

## ПРОСТОЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОЖАЕВ ЕЛИ

П. И. ВОЙЧАЛЬ, А. И. БАРАБИН

Архангельский лесотехнический институт

Как было показано ранее [6], между числом шишек и массой семян ели в них существует тесная связь. Практика лесного хозяйства нуждается в простом, но достаточно надежном методе подсчета числа шишек на единице площади. Такой метод предложен в настоящей статье.

Исходным материалом для его обоснования послужили пробные площади, заложенные А. И. Барабиным в 1965—1975 гг. на территории Архангельской области и Коми АССР в спелых и перестойных ельниках лучшего качества (черничниках, брусничниках, широколиственных и логох) с примесью других пород в составе не более 2 единиц. Эти ельники преобладают на Европейском северо-востоке СССР и служат базой для сбора еловых семян.

Ясно, что сплошной пересчет шишек во всем древостое неприемлем для практики из-за своей трудоемкости. Речь может идти лишь о выборочном подсчете с последующим пересчетом полученных данных на весь древостой. Но для этого необходимо знать, в какой части кроны учетного дерева подсчитывать шишки, диаметр и число учетных деревьев, формулы для подсчета общего урожая и точность предлагаемого метода.

Ответ на первый вопрос был разработан А. И. Барабиным [3]. По его данным, между числом шишек на пяти верхних мутовках дерева и их числом на всей кроне существует определенная статистическая связь, следовательно, шишки можно подсчитывать только на пяти верхних мутовках кроны ели.

Для обоснования вопроса о диаметре учетного дерева были использованы 23 пробные площади, заложенные при хорошем и обильном семеношении ели (1965, 1971, 1973 гг.). По ранее опубликованным данным [1, 2, 4, 5] были определены диаметры среднего дерева в древостое ( $D$ ) и дерева, дающего среднее число шишек ( $d$ ), а также число

шишек для первого ( $n_D$ ) и второго ( $n_d$ ). При этом отношение  $d/D$  оказалось в среднем равным 1,00, при колебании от 0,95 до 1,10, а отношение  $n_d/n_D = 0,98$  с колебанием от 0,89 до 1,14. Очень хорошее совпадение этих величин позволило сделать вывод: деревья, дающие среднее число шишек, имеют средний или близкий к нему диаметр.

Чтобы ответить на вопрос о необходимом числе учетных деревьев, был выполнен дисперсионный анализ, который показал, что число шишек на пяти верхних мутовках статистически вполне достоверно определяет их число на всей кроне (ошибка такого вывода составляет только один случай из 1000, а сила влияния этого фактора колеблется от 27,3 до 86,7). Был проделан также корреляционный анализ для определения коэффициента корреляции и ошибки корреляционного уравнения связи. Ошибки корреляционных уравнений колебались от 30,6 до 73,0 %, при числе исследуемых деревьев на пробе от 30 до 76. Составление групп учетных деревьев методом случайной выборки по 5, 10, 20 и более деревьев для двух пробных площадей (табл. 1) показывает, что для практических целей достаточно подсчитать шишки на 10—20 деревьях.

Таблица 1

Номер пробной площади	Число деревьев в группе	Число групп	$r \pm m_r$	$\sigma_{yx}$ %
I	1	71	$0,599 \pm 0,076$	77
	5	67	$0,588 \pm 0,084$	35
	10	58	$0,687 \pm 0,090$	25
	20	48	$0,676 \pm 0,080$	14
	25	43	$0,610 \pm 0,093$	10
	30	38	$0,437 \pm 0,133$	10
II	1	125	$0,606 \pm 0,057$	49
	5	123	$0,735 \pm 0,041$	21
	10	118	$0,707 \pm 0,046$	16
	20	108	$0,830 \pm 0,030$	7
	25	103	$0,856 \pm 0,026$	7
	30	98	$0,873 \pm 0,024$	7

Примечание.  $\sigma_{yx}$  % — ошибка корреляционного уравнения, %.

Для подбора уравнений, по которым можно находить с достаточной точностью переводные коэффициенты от числа шишек на пяти верхних мутовках к числу их на всей кроне, были использованы данные 22 пробных площадей со средним диаметром деревьев от 20 до 28 см. Для каждой пробы определен фактический переводный коэффициент  $K$  и вычислены показатели связи между этими коэффициентами и средними диаметрами древостоев: коэффициент корреляции  $r = 0,858 \pm \pm 0,056$  и корреляционное отношение  $\eta = 0,878 \pm 0,049$ . Их сопоставление показывает, что изучаемая связь прямолинейна. В итоге была получена формула для вычисления переводного коэффициента.

$$\tilde{K} = 0,362D - 3,917, \quad (1)$$

где  $\tilde{K}$  — вычисленный переводный коэффициент;  
 $D$  — средний диаметр древостоя.

Коэффициент сглаженности фактических и вычисленных переводных коэффициентов оказался равным 0,864, что свидетельствует о хорошем соответствии двух рядов чисел. При этом оказалось, что в об-

щем итоге для всех пробных площадей фактические и вычисленные переводные коэффициенты совпали, но для отдельных пробных площадей колебания составили от 76 до 133 %.

На практике урожай будет оцениваться, очевидно, по нескольким пробным площадям, поэтому мы объединили данные по одинаковым диаметрам (табл. 2). При таком подсчете ошибка не превышала 20 %. Общий же итог по всем пробным площадям также дал почти полное совпадение вычисленного и фактического урожая: первый составил 98 % второго. В результате получена формула

$$\Sigma n_k = n_v \tilde{K}_D n_d, \quad (2)$$

где  $\Sigma n_k$  — общее число шишек на всех кронах древостоя;

$n_v$  — среднее число шишек на пяти верхних мутовках среднего дерева;

$\tilde{K}_D$  — вычисленный переводный коэффициент для определенной ступени толщины;

$n_d$  — число всех деревьев в древостое.

Сопоставление показало, что вычисленное и фактическое число шишек в общем итоге совпадает, однако для отдельных пробных площадей вычисленные данные составили от 61 до 147 % фактических. Если объединить пробные площади с одинаковым средним диаметром, то картина будет лучше (от 68 до 115 %).

Большая ошибка оказалась лишь при диаметре 28 см, что указывает на отклонение от прямолинейной связи, данной в формуле (1) для диаметра 28 см и, вероятно, для более высоких диаметров. Но так как древостой с диаметром 28 см встречаются редко, большой бедды в выявленном занижении урожая нет. Коэффициенты сглаженности числа шишек, вычисленные по уравнению (2), оказались высокими для всех отдельно взятых пробных площадей — 0,897; для проб, объединенных в группы по диаметрам, — 0,979.

Подбор переводного коэффициента ( $K$ ) не по односантиметровым, а по обычным четырехсантиметровым ступеням толщины позволил получить более приемлемые для производственных целей результаты (табл. 3). Они показывают, что для изученных категорий древостоев ели при хорошем и обильном урожае шишек нужно использовать следующие переводные коэффициенты: при среднем диаметре ели 20 см — 4, при 24 см — 5, при 28 см — 9 [последняя цифра повышена против полученной по уравнению (1)].

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Барабин А. И. О лесотаксационных особенностях семеношения в связи с прогнозированием урожая семян ели. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1968, № 5, с. 22—25. [2]. Барабин А. И. Анализ урожая шишек ели в Вельском лесхозе Архангельской области в 1971 г. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн.,

Таблица 2

D см	K	$\tilde{K}$	$\tilde{K}:K$ %
20	3,6	3,3	92
21	3,6	3,6	100
22	3,8	4,0	105
23	4,4	4,4	100
24	4,4	4,8	109
25	5,4	5,1	94
26	5,3	5,5	104
28	7,0	6,2	89
Итого	37,5	36,9	98

Таблица 3

D см	$\tilde{K}$	Число шишек на пробе, тыс. шт.		Вычисленное: фактическое, %
		фактическое	вычисленное	
20	4	67,4	72,4	107
24	5	105,4	103,2	103
28	9	21,2	21,7	102
Итого		193,0	203,3	105

1973, № 5, с. 152—154. [3]. Барабин А. И. Прогнозирование и учет урожаев семян в ельниках Архангельской области: Автореф. дис. . . . канд. с.-х. наук. Свердловск, 1974. — 20 с. [4]. Барабин А. И., Улиссова Н. В. О точности учета урожая шишек ели на Европейском северо-востоке СССР. — В кн.: Вопросы лесовосстановления на Европейском Севере. Архангельск, 1976, с. 37—42. [5]. Барабин А. И. Размещение и оценка урожая семян ели в 1973 г. на Европейском северо-востоке. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1978, № 5, с. 146—148. [6]. Войчаль П. И., Барабин А. И. О количественной оценке урожаев семян ели. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1980, № 1, с. 119—120.

Поступила 13 января 1981 г.

УДК 631.51 : 630\*116.13

## К ВОПРОСУ О ФРЕЗЕРНОЙ ОБРАБОТКЕ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ И ЕЕ ТЕМПЕРАТУРНОМ РЕЖИМЕ

В. В. ДЫПЛАКОВ, Ю. П. НАЗАРОВ

Саратовский сельскохозяйственный институт, ВНИАЛМИ

Тенденции к оснащению лесного хозяйства нашей страны энергонасыщенными тракторами, высокоэффективными гербицидами для борьбы с сорной растительностью и интенсивному применению удобрений при выращивании лесных насаждений заставляют пересмотреть существующие способы обработки почвы. Одно из главных направлений — минимализация обработки почвы, т. е. уменьшение числа и глубины обработок за счет более широкого применения комбинированных, универсальных машин, почвообрабатывающим органом которых являются орудия роторного типа. Сегодня минимализация обработки почвы — это экономия времени, позволяющая сократить почти все полевые работы, снизить пиковые нагрузки на машины и механизмы в особо напряженные для хозяйства периоды, высвободить трудовые ресурсы для других видов работ и т. п.

На современном этапе эта первоочередная проблема нуждается как в техническом, так и в агрономическом обосновании. Поэтому результаты многолетних исследований работы фрезерных почвообрабатывающих машин в условиях Волгоградской области (Подтелковский мехлесхоз) вносят, на наш взгляд, определенную лепту в решение указанной проблемы. В связи с этим в данной статье раскрываются (без описания процесса работы этих машин) изменения температурного режима почвы — одного из главных агротехнических показателей, влияющих на рост и развитие лесных культур. Необходимость в изложении накопленного материала, объясняется тем, что в литературе да и в практике, к сожалению, без достаточных обоснований бытует утверждение, что «разрыхленные почвы в пахотном слое днем теплее, чем плотные, а ночью холоднее...» [5].

Исследования выполнены в засушливых условиях, характеризующихся недостаточным выпадением осадков и быстрым подъемом температуры воздуха в весенний период. В связи с этим изменения температуры почвы на глубине высева семян сравниваются с температурой воздуха. Из всего периода наблюдения (1976—1979 гг.) наиболее характерен 1977 г., когда наблюдались резкие колебания температуры воздуха и более двух декад после посевных работ отсутствовали осадки. Опыты закладывались на участке, представляющем собой нераскорчеванную вырубку (1976 г.), число пней на 1 га — 537 шт. Насаждения относились к нагорным дубравам. Почва серая лесная, суглинистая, сильно задернелая; обработана на глубину 12 см по следующим вариантам:

1 — фрезой лесной навесной (ФЛН-0,8), весной 1977 г.; влажность почвы — 26,4 %;

2 — плугом комбинированным лесным (ПКЛ-70), осенью 1976 г.; влажность почвы — 27,1 %;

3 — без обработки; влажность почвы — 26,9 %.

Из приведенного видно, что влажность почвы перед началом опыта во всех вариантах была примерно одинакова.

Температуру почвы и воздуха измеряли термометрами-щупами АМ-6 в 7, 13 и 19 ч. Температуру почвы во всех вариантах определяли на глубине 8 см, что обосновывается глубиной посева семян дуба черешчатого [4].

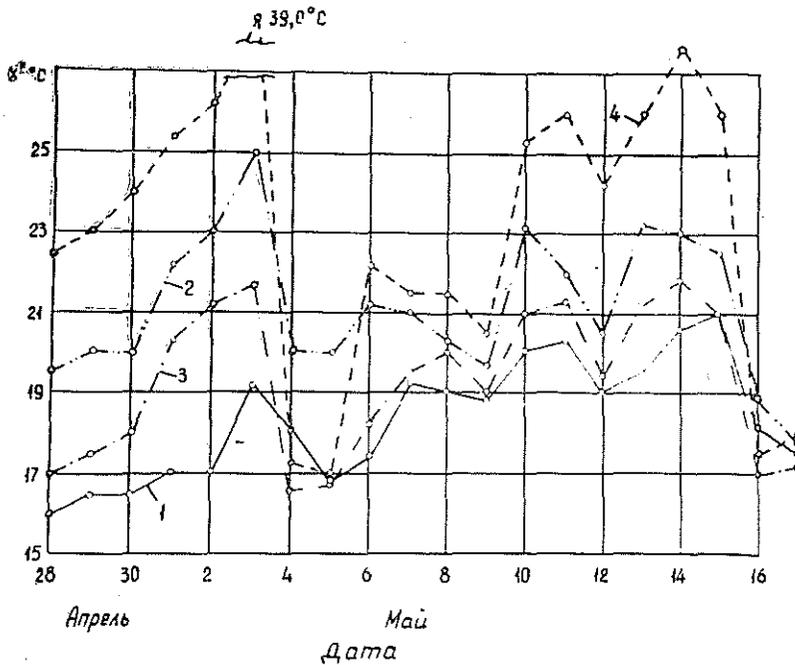
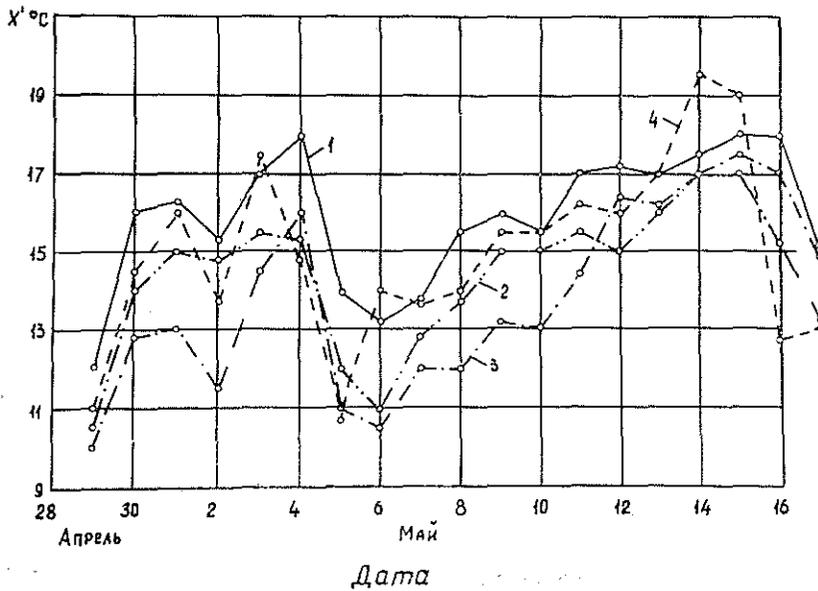
Результаты этих исследований представлены на рисунке. Анализ полученных материалов показал, что средние суточные температуры почвы за рассматриваемый период составили в первом варианте  $\bar{X}_1 = 18,4$  °С, во втором  $\bar{X}_2 = 18,3$  °С и в третьем  $\bar{X}_3 = 17,4$  °С при средней температуре воздуха  $\bar{X}_4 = 19,0$  °С. Однако показатели средних суточных температур не раскрывают характера изменения температуры почвы в течение суток. Поэтому необходимо проанализировать динамику температуры почвы по каждому периоду суток: в утренние часы, в середине дня и вечером.

Так, в утренние часы средняя температура почвы  $\bar{X}'$  по вариантам составила:  $\bar{X}'_1 = 15,9$  °С,  $\bar{X}'_2 = 14,4$  °С и  $\bar{X}'_3 = 13,8$  °С при  $\bar{X}'_4 = 14,9$  °С. Ошибки выборочных средних ( $m_x$ ) соответственно составили 0,37; 0,41 и 0,54 при точности опытов ( $P_x$ ) — 2,4; 2,8 и 3,9 %. Так как критерий существенности ( $t_\Delta$ ) различия средних между  $\bar{X}'_1$  и  $\bar{X}'_2$ ;  $\bar{X}'_1$  и  $\bar{X}'_3$  равен 2,712 и 3,215 (больше значения  $t$  — критерия Стьюдента [2] для уровня значимости  $\alpha = 0,05$ ), то с вероятностью  $P = 0,95$  можно считать, что различия между средними существенны, т. е. при фрезерной обработке температура почвы (в утренние часы) на 1,5—2,1 °С выше, чем при плужной и на дернине.

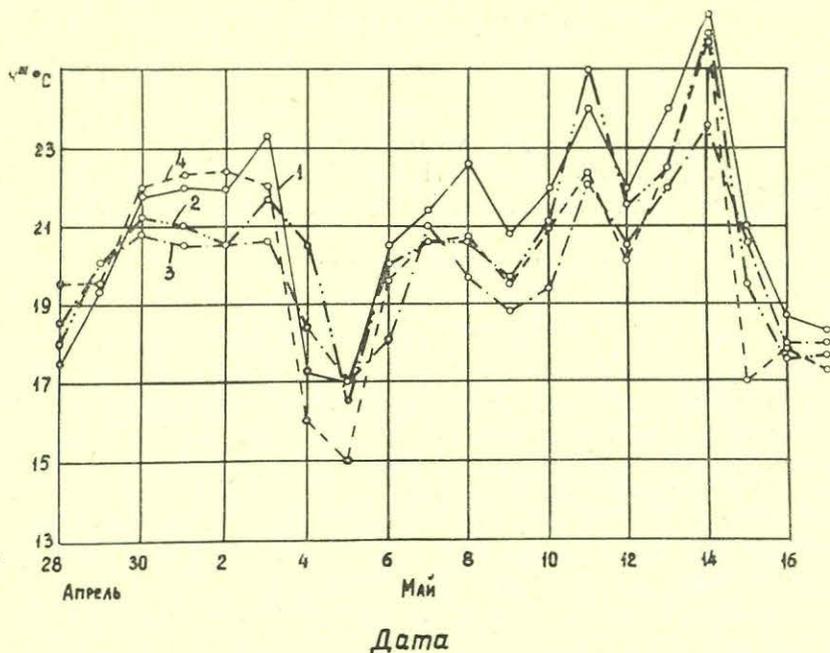
Изменения температуры почвы в 13 ч. показывают, что почва, обработанная активными рабочими органами, прогревается хуже. Так, за рассматриваемый период времени ее температура ( $\bar{X}''$ ) составила:  $\bar{X}''_1 = 18,3$  °С;  $\bar{X}''_2 = 21,0$  °С и  $\bar{X}''_3 = 19,3$  °С при  $\bar{X}''_4 = 23,5$  °С, а  $m_x$  соответственно 0,33; 0,45 и 0,41 при  $P_x$  — 1,8; 2,1 и 2,1 %. Однако различия для принятых  $\alpha = 0,05$  и  $P = 0,95$  существенны между  $\bar{X}''_1$  и  $\bar{X}''_2$  ( $t_\Delta = 4,770$ ).

Анализ результатов исследований температурного режима в вечерние часы показал, что существенных различий между средними не существует ( $\bar{X}'''_1 = 21,1$  °С;  $\bar{X}'''_2 = 20,5$  °С и  $\bar{X}'''_3 = 19,9$  °С).

Таким образом, сравнивая изменения температур воздуха и почвы, можно сделать вывод, что почва, обработанная активными рабочими органами, приобретая повышенную аэрацию, меньше подвержена температурным колебаниям. Особенно наглядно это проявилось, когда резкий подъем температуры воздуха 3 мая 1977 г. (до 39,0 °С), а затем значительное ее снижение 4 мая до 17,2 °С (характерное явление для условий Юго-Востока в весенний период) не вызвали существенных изменений температуры почвы, подготовленной ФЛН-0,8. Видимо, это связано с изменением (в сторону уменьшения) коэффициента теплопроводности почвы, за счет увеличения в ней содержания воздуха, теплопроводность которого значительно меньше теплопроводности почвы [1]. Поэтому почва, обработанная фрезой, медленнее остывает в течение ночи, чем подготовленная плугом ПКЛ-70. Эта особенность, на наш взгляд, важна в засушливых условиях Юго-Востока европейской части СССР, поскольку создают благоприятные условия для прорастания и развития корневой системы всходов; всходы частично предохраняются от воздействия поздних заморозков и высоких температур.



Улучшение температурного режима почвы отразилось на росте всходов дуба черешчатого. Так, из таблицы видно, что в первом варианте опыта средняя высота всходов составила 11,14 см, и она на 36 и 43 % больше, чем во втором и третьем вариантах (замер выполнен 16 мая 1977 г.).



в

Изменения температур почвы и воздуха в 7 (а), 13 (б) и 19 (в) ч.

1-4 — номера вариантов обработки почвы.

Вид обработки почвы	Замеры высоты растений, см (с градацией через 7 дн.)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Фрезерная	2,3	4,6	7,0	9,3	9,3	10,3	11,14	11,14
Плужная	1,0	2,8	5,0	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1
Без обработки	0,7	2,3	4,4	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3

У всходов в первом варианте опыта отмечается два прироста по высоте: в мае и июне. Первый прирост дуба наиболее интенсивный за счет использования весенней влаги в почве и благоприятного температурного режима. Однако особый интерес представляет июньский прирост («иванов побег»). Его наличие связано с тем, что в результате фрезерной обработки почвы для семян дуба создаются благоприятные условия не только в весенний период, но и в дальнейшем. Полученные данные согласуются с выводами проф. П. А. Некрасова и А. И. Антипина [3].

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Карякин Н. И., Быстров К. Н., Киреев П. С. Краткий справочник по физике.—3-е изд.—М.: Высш. школа, 1969. [2]. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров/ Пер. И. Г. Арамановича и др.; Под общей ред. И. Г. Арамановича. — 2-е изд. — М.: Наука, 1970. [3]. Некрасов П. А., Антипин А. И. Работа фрезы плуга.—М.: Сельколхозгиз, 1931. [4]. Сус Н. И., Серебряков Ф. И. Агролесомелиорация. — 3-е изд. — М.: Колос, 1966. [5]. Чирков Ю. И. Агрометеорология. — Л.: Гидрометеониздат, 1979.

Поступила 24 ноября 1980 г.

УДК 631.512.001.2

**РАСЧЕТ СИЛ СОПРОТИВЛЕНИЯ  
ПОДРЕЗАНИЮ ПОЧВЕННОГО ПЛАСТА  
ЗАТУПЛЕННЫМ ЛЕЗВИЕМ ЛЕМЕХА ЛЕСНОГО ПЛУГА**

Ю. И. КОЛЕСНИКОВ, Г. И. ЛАРИН

Загорская лесная машиностроительная станция

Ухтинский индустриальный институт

Работа плужных лемехов в абразивной среде, каковой является почва, сопровождается их износом и затуплением лезвий. Площадка износа лезвия лемеха имеет сложную форму, и ее обычно аппроксимируют простыми поверхностями: плоской (затылочная фаска) или цилиндрической (затупление по радиусу).

При внедрении затупленного лезвия в почву происходит ее смятие. Нормальное давление  $q_n$  на элементарный участок площадки износа можно определить по формуле:

$$q = T \sin \alpha, \tag{1}$$

где  $T$  — твердость почвы;

$\alpha$  — угол между плоскостью элементарного участка площадки износа и направлением его перемещения в почве.

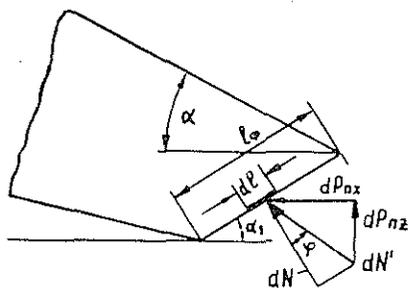


Рис. 1. Схема сил, действующих на лезвие прямого клина с затупленной фаской.

На затылочной фаске лезвия прямого клина (рис. 1) выделим элементарную площадку  $dS = dl db$  ( $b$  — ширина захвата плужного корпуса). Сила нормального давления почвы на эту площадку

$$dN = q_n dS = T \sin \alpha_1 dl db.$$

С учетом силы трения (на рис. 1 не показана)

$$dN' = \frac{dN}{\cos \varphi} = T \frac{\sin \alpha_1}{\cos \varphi} dl db,$$

где  $\varphi$  — угол внешнего трения.

Разложив силу  $dN'$  по направлениям осей координат, получим

$$dP_{nx} = dN' \sin (\alpha_1 + \varphi) = T \left( \sin^2 \alpha_1 + \frac{1}{2} \operatorname{tg} \varphi \sin 2\alpha_1 \right) dl db; \tag{2}$$

$$dP_{nz} = dN' \cos (\alpha_1 + \varphi) = T \left( \frac{1}{2} \sin 2\alpha_1 - \operatorname{tg} \varphi \sin^2 \alpha_1 \right) dl db. \tag{3}$$

Интегрируя выражения (2) и (3) по поверхности затылочной фаски, получим:

$$P_{nx} = T l_\phi b \left( \sin^2 \alpha_1 + \frac{1}{2} \operatorname{tg} \varphi \sin 2\alpha_1 \right); \tag{4}$$

$$P_{nz} = T l_\phi b \left( \frac{1}{2} \sin 2\alpha_1 - \operatorname{tg} \varphi \sin^2 \alpha_1 \right). \tag{5}$$

Практический интерес представляют значения сил сопротивления подрезанию пласта лезвием косоугольного клина. Рассмотрим схему

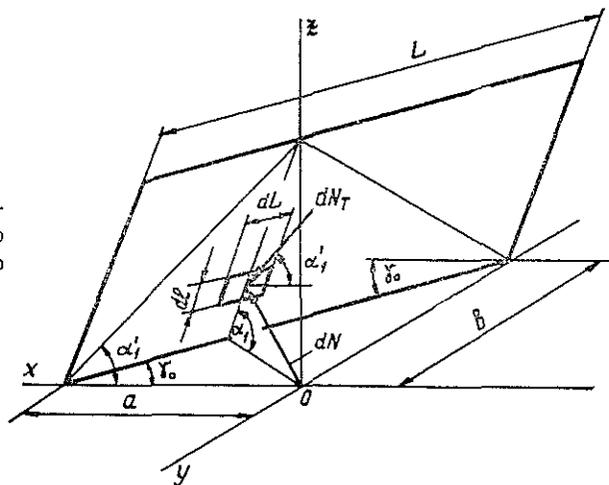


Рис. 2. Схема сил, действующих на затылочную фаску лезвия косоугольного клина.

сил, действующих на затылочную фаску косоугольного клина-лемеха (рис. 2). Уравнение затылочной фаски

$$x \sin \alpha_1 \sin \gamma_0 + y \sin \alpha_1 \cos \gamma_0 + z \cos \alpha_1 = a \sin \alpha_1 \sin \gamma_0,$$

где  $\alpha_1$  — угол наклона затылочной фаски к дну борозды;

$\gamma_0$  — угол наклона лезвия лемеха к стенке борозды;

$a$  — отрезок, отсекаемый плоскостью затылочной фаски на оси  $x$  (ось  $x$  направлена в сторону, противоположную перемещению затылочной фаски).

Коэффициенты при  $x$ ,  $y$ ,  $z$  в полученном выражении представляют собой косинусы углов между нормалью к плоскости затылочной фаски и осями координат. В соответствии с выражением (1)

$$q_n = T \sin \alpha_1 \sin \gamma_0.$$

Выделив на поверхности затылочной фаски элементарную площадку  $dS = dl dL$  ( $L$  — длина лезвия лемеха), найдем силу нормального давления почвы на нее:

$$dN = q_n dS = T \sin \alpha_1 \sin \gamma_0 dl dL.$$

Сила трения на площадке  $dS$

$$dN_T = dN \operatorname{tg} \varphi = T \operatorname{tg} \varphi \sin \alpha_1 \sin \gamma_0 dl dL.$$

Эта сила расположена в плоскости, параллельной  $xOz$ .

Разложив силы  $dN$  и  $dN_T$  по направлению осей координат и интегрируя полученные выражения по поверхности затылочной фаски, получим:

$$P_{nx} = T l_\phi b \sin \alpha_1 (\sin \alpha_1 + \operatorname{tg} \varphi \cos \alpha_1'); \quad (6)$$

$$P_{ny} = T l_\phi b \sin^2 \alpha_1 \cos \gamma_0; \quad (7)$$

$$P_{nz} = T l_\phi b \left( \frac{1}{2} \sin 2\alpha - \operatorname{tg} \varphi \sin \alpha_1 \sin \alpha_1' \right), \quad (8)$$

где

$$\sin \alpha_1' = \frac{\sin \alpha_1 \sin \gamma_0}{\sqrt{\cos^2 \alpha_1 + \sin^2 \alpha_1 \sin \gamma_0}};$$

$$\cos \alpha'_1 = \frac{\cos \alpha_1}{\sqrt{\cos^2 \alpha_1 + \sin^2 \alpha_1 \sin^2 \gamma_0}},$$

$l_\phi$  — ширина затылочной фаски;

$b$  — ширина борозды.

Расчет показывает, что при изменении угла  $\gamma_0$  от  $90^\circ$  до  $45^\circ$  горизонтальная и вертикальная составляющие силы сопротивления подрезанию пласта затупленным лезвием клина-лемеха увеличиваются, но незначительно: горизонтальная — на 2,4 %, вертикальная — на 4,4 % — за счет увеличения силы трения. Увеличение сил не превышает ошибок опытов при проведении полевых исследований, и им можно пренебречь. Поэтому расчет сил  $P_{nx}$  и  $P_{nz}$  можно производить по более простым формулам (4) и (5), полученным для лезвия прямого клина.

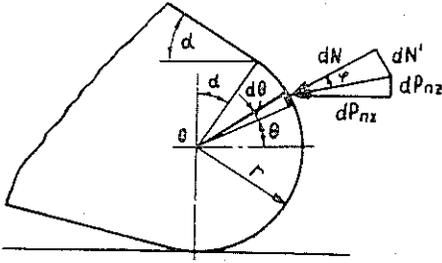


Рис. 3. Схема сил, действующих на лезвие прямого клина, затупленного по радиусу.

Форма площадки износа, близкая к плоской затылочной фаске, характерна для сельскохозяйственных плугов, работающих на окультуренных почвах [2].

Площадка износа лезвия лемеха может быть аппроксимирована цилиндрической поверхностью (рис. 3) [1]. На этой поверхности выделим элементарную площадку

$$dS = rd \theta dl.$$

Сила нормального давления почвы на этой площадке

$$dN = q_\theta dS = Tr \cos \theta dl d\theta.$$

С учетом силы трения

$$dN' = \frac{dN}{\cos \varphi} = Tr \frac{\cos \theta}{\cos \varphi} dl d\theta.$$

Сопротивление почвы перемещению элементарной площадки (в горизонтальном направлении)

$$dP_{nx} = dN' \cos(\theta - \varphi) = Tr (\cos^2 \theta + \operatorname{tg} \varphi \cos \theta \sin \theta) dl d\theta.$$

Вертикальная составляющая силы давления на площадку  $dS$

$$dP_{nz} = dN' \sin(\theta - \varphi) = Tr (\sin \theta \cos \theta - \operatorname{tg} \varphi \cos^2 \theta) dl d\theta.$$

Горизонтальная и вертикальная составляющие силы подрезания почвенного пласта

$$\begin{aligned} P_{nx} &= Tr \int_0^b dl \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2} - \alpha} (\cos^2 \theta + \operatorname{tg} \varphi \sin \theta \cos \theta) d\theta = \\ &= \frac{Tbr}{2} \left[ \pi - \alpha + \frac{1}{2} \sin 2\alpha + \operatorname{tg} \varphi (1 + \cos^2 \alpha) \right]; \end{aligned} \quad (9)$$

$$P_{nz} = Tr \int_0^b dl \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}-\alpha} (\sin \theta \cos \theta - \operatorname{tg} \varphi \cos^2 \theta) d\theta =$$

$$= \frac{Tbr}{2} \left[ 1 + \cos^2 \alpha - \operatorname{tg} \varphi \left( \pi - \alpha + \frac{1}{2} \sin 2\alpha \right) \right]. \quad (10)$$

Формулами (9) и (10) можно пользоваться с достаточной для практических целей точностью и при расчетах для косоугольного клина. В этом случае для расчета поперечной составляющей силы подрезания пласта лезвием лемеха можно использовать формулу (приводится без вывода)

$$P_{ny} = \frac{1}{2} Tbr \left( \pi - \alpha + \frac{1}{2} \sin 2\alpha \right) \cos \gamma_0, \quad (11)$$

где  $\gamma_0$  — угол установки лемеха к стенке борозды.

Наши полевые опыты с плугом ПКЛ-70 показали, что с увеличением радиуса затупления от 0,5 до 3 мм тяговое сопротивление возрастает на 32 %. Зависимость тягового сопротивления плуга от радиуса затупления лезвия лемеха линейна.

В опытах с плугом ПП-3-35 нами получены следующие результаты:

Ширина затылоч- ной фаски, мм	Угол наклона фаски, град	Глубина хода плуга, см	Тяговое сопротивление плуга, кН		Расхо- ждение, %
			теорети- ческое	экспери- ментальное	
0	0	25,4	16,5	16,0	3,1
4,5	5	25,2	17,1	18,2	6,1
4,4	20	25,0	18,0	18,8	4,5
4,5	30	24,7	20,4	19,6	4,1
4,3	40	24,6	21,8	20,2	7,9

Теоретические значения тягового сопротивления плуга с острым лемехом могут быть рассчитаны по формуле В. П. Горячкина. «Добавку» тягового сопротивления, обусловленного затуплением лезвия лемеха, можно определить по предложенным нами формулам. Разница между теоретическими и экспериментальными значениями тяговых сопротивлений в наших опытах не превышает 10 %, т. е. находится в пределах точности полевого опыта.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]: Казарцев И. С. Исследования изнашивания лемехов лесных плугов и обоснование методов повышения их долговечности: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Воронеж, 1971. — 22 с. [2]. Огрызков Е. П. Агротехнологические основы работоспособности лемехов плугов: Автореф. дис. ... докт. с.-х. наук. — Омск, 1969. — 36 с.

Поступила 5 января 1981 г.

## ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 630\*375.4

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЛАКСАЦИОННЫХ КОЛЕБАНИЙ  
ТРЕЛЕВОЧНЫХ И ШТАБЕЛЕВОЧНЫХ КАНАТНЫХ УСТАНОВОК

Л. В. КОРОТЯЕВ

Архангельский лесотехнический институт

Динамометрированием трелевочных лебедок впервые установлено [4], что в процессе перемещения пачки лесоматериалов в канатно-лебедочных установках при определенных условиях самовозбуждаются фрикционные автоколебания релаксационного типа. Пачка при этом движется прерывисто, скачкообразно, с остановками и проскальзываниями.

Прерывистое движение пачки сопровождается резкими изменениями тяговых сопротивлений и силы натяжения каната (рывками), которые оказывают вредное динамическое воздействие на всю канатно-лебедочную установку, вызывая усталостные явления в ее узлах и качание двигателя. В задачу наших исследований входило изучение параметров релаксационных колебаний, выявление способов снижения их амплитуды или полного устранения колебаний в целях обеспечения нормальной работы и удлинения срока службы канатов, блоков и лебедок, а также получение необходимых данных для расчета на прочность и определения производительности канатных установок.

Динамический анализ прерывистого движения пачки выполнен на основе дополняющих одна другую теорий скачков, разработанных рядом авторов [1—3] и несколько видоизмененных нами применительно к трелевке и штабелевке леса лебедками, осуществляемых в условиях переменной жесткости системы и скорости навивки каната при поступательном движении пачки лесоматериалов.

Нами приняты следующие допущения:

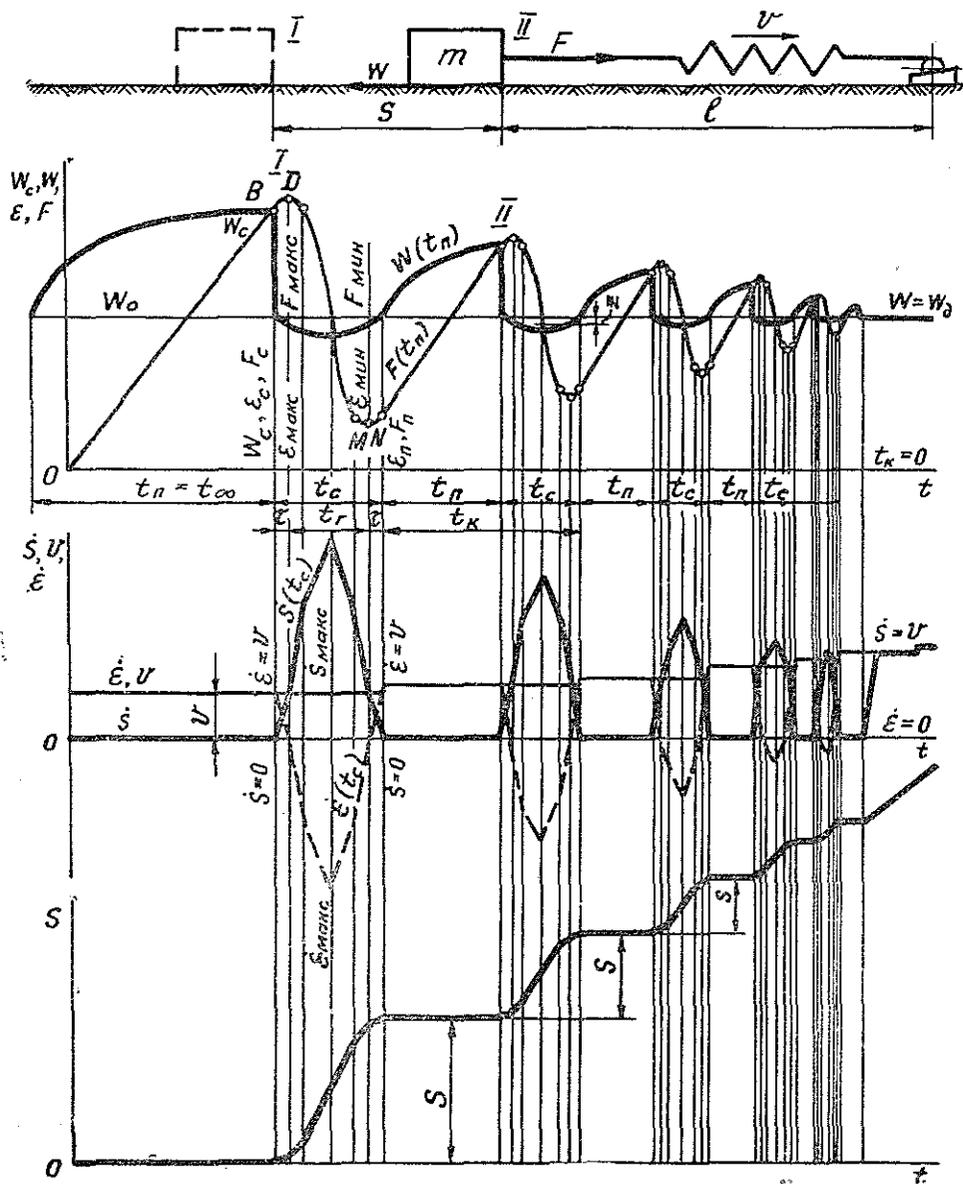
- 1) крепление лебедки недеформируемо, и жесткость канатно-лебедочной системы равна жесткости тягового каната  $k$ ;
- 2) в пределах одного скачка жесткость каната постоянна (погрешность не превышает 0,4 %);
- 3) сила упругости каната  $F$  пропорциональна его деформации  $\varepsilon$ ;
- 4) скорость  $v$  навивки каната на барабан лебедки в один какой-либо ряд постоянна.

Механизм прерывистого движения пачки показан на рисунке.

В процессе прерывистого движения пачки сила сопротивления ее перемещению  $W$ , а следовательно, упругая деформация  $\varepsilon$  и сила натяжения  $F$  грузового каната периодически изменяются. На протяжении времени остановки пачки сопротивление возрастает с увеличением продолжительности неподвижного ее контакта с опорной поверхностью (покоя)  $t_n$  по закону [5]

$$W = W(t_n) = W_\infty - (W_\infty - W_0)e^{-\xi t_n}, \quad (1)$$

где  $W$ ,  $W_\infty$ ,  $W_0$  — сопротивление сдвигу пачки с места при данном, продолжительном и нулевом времени неподвижного контакта;



Механизм прерывистого движения пачки.

$\xi$  — коэффициент, зависящий от свойств и состояния трущихся поверхностей и характеризующий скорость упрочнения контакта.

Одновременно растут упругая деформация и сила натяжения каната, навиваемого на барабан лебедки со скоростью  $v$ . Эта закономерность выражается формулой

$$F = F(t_n) = k(\epsilon_n + vt_n) = F_n + kvt_n, \quad (2)$$

где  $\epsilon_n$ ,  $F_n$  — упругое удлинение и сила натяжения каната в момент остановки пачки.

За время остановки пачки сопротивление  $W$  возрастает до значения  $W_c$ , деформация каната  $\varepsilon$  до  $\varepsilon_c$ , а сила его натяжения  $F$  до значения  $F_c = k \varepsilon_c$ . В момент, когда сила упругости сравняется с силой сопротивления или даже несколько превзойдет ее, т. е. при  $F_c \geq W_c$ , произойдет срыв пачки с места, сила трения покоя и сопротивление сдвигу скачком падают от наибольшей (для данного срыва) величины  $W_c$  до наименьшей  $W_0$ , т. е. до величины силы сопротивления скольжению при нулевой скорости, и пачка под действием разности силы упругости  $F_c$  и сопротивления движению  $W_d$  при  $W_d < W_c = F_c$  рывком проскальзывает из положения I в положение II на расстояние  $s$  за время  $t_c$  со скоростью  $\dot{s}$ , превышающей скорость навивки каната  $v$ . Канат расслабляется. Затем явление повторяется. Скольжение пачки массой  $m$  при  $F = k\varepsilon$  и  $\varepsilon = \varepsilon_c + vt_c - s$  описывается дифференциальным уравнением

$$m\ddot{s} = F - W_d(\dot{s}) = k(\varepsilon_c + vt_c - s) - mg\mu(\dot{s}), \quad (3)$$

где  $g$  — ускорение свободного падения;

$\mu$  — коэффициент сопротивления скольжению пачки.

Исследования при канатной трелевке показали [4], что коэффициент  $\mu$  зависит от скорости лишь при определенных условиях или вообще не зависит. Зависимость  $\mu(\dot{s})$  имеет падающую характеристику и выражена нами уравнением экспоненциальной кривой [4]. Однако введение этой зависимости в уравнение движения (3) затрудняет его решение без применения ЭВМ, т. е. в элементарных функциях. Наши исследования [4] показали также, что кривая связи  $\mu(\dot{s})$  очень полого и мало отличается от синусоиды (косинусоиды), гиперболы или даже прямой.

При анализе прерывистого движения пачки связь  $\mu(\dot{s})$  аппроксимируется уравнением синусоидальной кривой

$$\mu = \mu_0 - (\mu_0 - \mu_{\min}) \sin \omega t_c \quad (4)$$

или равноценным ему уравнением косинусоиды

$$\mu = \mu_{\min} + (\mu_0 - \mu_{\min}) \cos \omega t_c, \quad (5)$$

где  $\omega$  — круговая частота собственных свободных колебаний системы;  $\mu_0, \mu_{\min}$  — коэффициент сопротивления скольжению пачки при нулевой и наибольшей скорости.

Подставив значение  $\mu$  из формулы (4) в уравнение (3) и разделив обе его части на  $m$ , после преобразований при  $\frac{k}{m} = \omega^2$  получим:

$$\ddot{s} + \omega^2 s = \omega^2 \varepsilon_c - g\mu_0 + \omega^2 vt_c + g(\mu_0 - \mu_{\min}) \sin \omega t_c. \quad (6)$$

Интегрируем это уравнение. Поскольку корни характеристического уравнения мнимые, то общее решение уравнения (6)

$$s = C_1 \cos \omega t_c + C_2 \sin \omega t_c + \frac{p}{\omega^2} + vt_c - \frac{qt_c}{2\omega} \cos \omega t_c,$$

где  $p = \omega^2 \varepsilon_c - g\mu_0 = (W_c - W_0)/m$ ;  $q = g(\mu_c - \mu_{\min})$ ;

$C_1, C_2$  — постоянные интегрирования.

Дифференцируя полученное уравнение, имеем:

$$\dot{s} = -C_1 \omega \sin \omega t_c + C_2 \omega \cos \omega t_c + v - \frac{q}{2\omega} \cos \omega t_c + \frac{q}{2} t_c \sin \omega t_c.$$

Для отыскания постоянных  $C_1$  и  $C_2$  установим начальные условия. К моменту срыва пачки с места (точка  $B$ )  $\dot{s} = 0$ ;  $\varepsilon = \varepsilon_c$  и  $F = F_c$ . Однако сразу же после срыва канат в течение времени  $\tau$  продолжает по-прежнему натягиваться и удлиняться до тех пор, пока скорость скольжения пачки не сравняется со скоростью навивки каната. В момент установления равенства этих скоростей, что соответствует точке  $D$  на графике, удлинение каната прекращается, достигнув  $\varepsilon_{\max}$ . На участке  $DM$  пачка движется со скоростью, большей скорости навивки каната, вследствие чего величины  $\varepsilon$  и  $F$  уменьшаются. В точке  $M$  при минимальной деформации каната  $\varepsilon = \varepsilon_{\min}$  и  $F = F_{\min}$  скорости  $\dot{s}$  и  $v$  вновь сравниваются. На конечном участке скольжения  $MN$  скорость движения пачки  $\dot{s}$  становится опять меньше скорости  $v$  и канат вновь начинает растягиваться и удлиняться до величины  $\varepsilon_n$ . В точке  $N$  при  $\varepsilon = \varepsilon_n$  и  $F = k \varepsilon_n = F_n$  скорость оказывается равной нулю и пачка останавливается.

За время  $\tau$  после срыва или перед остановкой пачки, за которое скорость ее скольжения изменяется от нуля до  $v$  (после срыва) или от  $v$  до нуля (к концу скольжения), канат дополнительно удлинится на величину  $\varepsilon_d$ , равную  $\varepsilon_d \approx 0,42v\tau$ . Как известно,

$$\cos \omega \tau = (\varepsilon_c - \varepsilon_{\text{ср}}) / A,$$

откуда

$$\tau = \frac{1}{\omega} \arccos \frac{\varepsilon_c - \varepsilon_{\text{ср}}}{A},$$

где  $\varepsilon_{\text{ср}}$  — среднее удлинение каната, м;  $\varepsilon_{\text{ср}} = \frac{F_{\max} + F_{\min}}{2}$ ;

$A$  — амплитуда колебаний, м;  $A = (\varepsilon_{\max} - \varepsilon_{\min}) : 2$ .

При  $m = 10$  т,  $k = 150$  кН/м,  $v = 0,5$  м/с,  $\varepsilon_c = 1,25$  м,  $\varepsilon_{\text{ср}} = 0,9$  м,  $t_c = 2,0$  с и  $\omega = 4$  с<sup>-1</sup> (по опытным данным)  $A = 0,39$  м,  $\varepsilon_d = 0,02$  м =  $0,015 \varepsilon_{\max}$  и  $\tau = 0,09$  с =  $0,045 t_c$ . Расчеты и опыты показывают, что для колебаний с большой амплитудой, представляющих наибольший практический интерес, значения  $\varepsilon_d$  и  $\tau$  относительно малы. Поэтому для упрощения исследований ими можно пренебречь и с погрешностью 4 % полагать, что  $t_c = t$  ( $t$  — полупериод свободных колебаний) и  $s|_{t=0} = 0$ , а  $\dot{s}|_{t=0} = v$ . При этих начальных условиях  $C_1 = -\frac{p}{\omega^2}$  и  $C_2 = \frac{q}{2\omega^2}$ .

Тогда уравнения пути, скорости скольжения пачки и ускорения примут вид:

$$s = \frac{p}{\omega^2} (1 - \cos \omega t) + \frac{q}{2\omega^2} (\sin \omega t - \omega t \cos \omega t) + vt; \quad (7)$$

$$\dot{s} = \left( \frac{p}{\omega} + \frac{q}{2} t \right) \sin \omega t + v; \quad (8)$$

$$\ddot{s} = \left( p + \frac{q}{2} \omega t \right) \cos \omega t + \frac{q}{2} \sin \omega t. \quad (9)$$

Интеграл уравнения (3) при косинусоидальном изменении  $\mu$  и тех же начальных условиях

$$s = \frac{p}{\omega^2} (1 - \cos \omega t) - \frac{q}{2\omega} t \sin \omega t + vt. \quad (10)$$

Дважды дифференцируя это выражение, получаем

$$\dot{s} = \frac{1}{\omega} \left( p - \frac{q}{2} \right) \sin \omega t - \frac{q}{2} t \cos \omega t + vt; \quad (11)$$

$$\ddot{s} = (p - q) \cos \omega t + \frac{q}{2} \omega t \sin \omega t. \quad (12)$$

В уравнениях (10)–(12)

$$p = \omega^2 \varepsilon_c - g \mu_{\text{мин}} = (W_c - W_{\text{мин}}) : m.$$

Уравнения (7), (8), (12) лучше удовлетворяют опыту.

При отсутствии связи  $\mu(\dot{s})$

$$p = \omega^2 \varepsilon_c - g \mu = \frac{W_c - W_{\text{л}}}{m}$$

и решение уравнения (3) при  $s|_{t=0} = 0$  и  $\dot{s}|_{t=0} = v$  дает следующие результаты:

$$\begin{aligned} s &= \frac{p}{\omega^2} (1 - \cos \omega t) + vt = \frac{W_c - W_{\text{л}}}{k} (1 - \cos \omega t) + vt = \\ &= \left( \varepsilon_c - \frac{W_{\text{л}}}{k} \right) (1 - \cos \omega t) + vt; \end{aligned} \quad (13)$$

$$\dot{s} = \frac{p}{\omega} \sin \omega t + v = \frac{W_c - W_{\text{л}}}{k} \omega \sin \omega t + v = \omega \left( \varepsilon_c - \frac{W_{\text{л}}}{k} \right) \sin \omega t + v; \quad (14)$$

$$\ddot{s} = p \cos \omega t = \frac{W_c - W_{\text{л}}}{m} \cos \omega t = \omega^2 \left( \varepsilon_c - \frac{W_{\text{л}}}{k} \right) \cos \omega t. \quad (15)$$

Рассчитав ускорение  $\ddot{s}$  и подставив его значение в уравнение (3), найдем силу натяжения каната  $F$  как в момент срыва пачки с места, так и в момент ее остановки.

Для расчета и анализа колебаний силы натяжения каната рассмотрим также изменение его упругой деформации в процессе прерывистого движения пачки. В момент остановки пачки деформация каната  $\varepsilon = \varepsilon_n$ . Во время остановки канат удлиняется со скоростью  $\dot{\varepsilon} = v$  и к моменту срыва его удлинение становится равным  $\varepsilon = \varepsilon_c = \varepsilon_n + v t_n$ . В процессе скольжения пачки канат сокращается, деформация меняет свой знак. Деформация каната с пачкой на конце в процессе ее скольжения после срыва выражается уравнением (при  $W_{\text{л}} = \text{const}$ ):

$$m \ddot{\varepsilon} = - (k\varepsilon - W_{\text{л}}),$$

или при  $\frac{k}{m} = \omega^2$

$$\ddot{\varepsilon} + \omega^2 \varepsilon = \omega^2 \frac{W_{\text{л}}}{k}. \quad (16)$$

Его интегрирование при  $\varepsilon = \varepsilon_{\text{макс}}$  дает величину деформации каната

$$\varepsilon = \frac{W_{\text{л}}}{k} + \left( \varepsilon_{\text{макс}} - \frac{W_{\text{л}}}{k} \right) \cos \omega t. \quad (17)$$

При  $t = \frac{\pi}{2\omega}$   $\varepsilon = \frac{W_d}{k}$ . Следовательно, осью косинусоиды  $DM$  является прямая  $\varepsilon = \varepsilon_{cp} = \frac{W_d}{k}$ . Величина  $\varepsilon_{cp}$  определяет положение равновесия системы, при котором  $\frac{F_{\max} + F_{\min}}{2} = F_{cp}$ , а  $F_{cp} = W_d$ . При  $\varepsilon_{cp} = \frac{W_d}{k}$  и  $\varepsilon_{\max} - \varepsilon_{cp} = A$  уравнение (11) примет вид

$$\varepsilon = \frac{W_d}{k} + A \cos \omega t. \quad (18)$$

Скорость и ускорение деформации каната при скольжении пачки

$$\dot{\varepsilon} = -\omega \left( \varepsilon_{\max} - \frac{W_d}{k} \right) \sin \omega t = -\omega A \sin \omega t; \quad (19)$$

$$\ddot{\varepsilon} = -\omega^2 \left( \varepsilon_{\max} - \frac{W_d}{k} \right) \cos \omega t = -\omega^2 A \cos \omega t. \quad (20)$$

Перенеся начало координат в точку пересечения линии  $\varepsilon_{cp} = \frac{W_d}{k}$  с осью ординат и введя новую переменную  $x = \varepsilon - \frac{W_d}{k}$ , получим

$$\ddot{x} + \omega^2 x = 0. \quad (21)$$

Решение этого уравнения дает

$$x = (x_0 - \varepsilon_{cp}) \cos \omega t,$$

или при  $x_0 - \varepsilon_{cp} = A$

$$x = A \cos \omega t. \quad (22)$$

Следовательно, изменение деформации и силы натяжения каната при скольжении пачки можно рассматривать как гармоническое колебание, происходящее относительно положения равновесия, сдвинутого вверх на расстояние  $z$  от истинного положения равновесия, которое занимала бы система при отсутствии трения.

К моменту срыва пачки с места при  $t_c = t = 0$   $W = W_c$ ;  $\varepsilon = \varepsilon_c$ ;  $F = F_c$ ;  $\dot{\varepsilon} = 0$ ;  $\dot{\varepsilon} = -\omega^2 A$ ;  $s = 0$ ;  $\dot{s} = v$  и  $\dot{s} = (W_c - W_0)/m$  (точнее  $\dot{\varepsilon} = v$ , а  $\dot{s} = 0$ ). Как видно, в момент срыва пачки с места при  $W_c > W_0$  ускорение возникает скачком, который по второму закону Ньютона компенсируется скачком силы сопротивления  $W_c - W_0$ . (В точке  $D$  при  $t_c = \tau$   $\varepsilon = \varepsilon_{\max} = \varepsilon_c + \varepsilon_d$ ;  $F = F_{\max} = k \varepsilon_{\max}$ ;  $\dot{s} = v$  и  $\dot{\varepsilon} = 0$ ). При скольжении пачки и увеличении времени  $t$  от нуля до  $\frac{\pi}{2\omega}$  сила кинетического трения убывает, а скорость движения пачки возрастает и при  $t > \tau$  превзойдет скорость навивки каната, т. е.  $\dot{s} > v$ . Действительно, при длительности периода колебаний  $t_k = t_n + t_c$

$$s = vt_k = v(t_n + t_c), \quad (23)$$

или при средней скорости скольжения пачки  $\dot{s}_{cp}$

$$s = \dot{s}_{cp} t_c. \quad (24)$$

Приравнивая правые части этих равенств, получим:

$$\dot{s}_{cp} = \left( 1 + \frac{t_n}{t_c} \right) v. \quad (25)$$

Как видно, даже средняя скорость скольжения пачки больше скорости навивки каната. При  $W_c > W_d$  и  $\dot{s} > v$  пачка с положительным ускорением и возрастающей скоростью движется к положению равновесия. Канат при этом упруго сокращается, сила его натяжения уменьшается. Максимального значения скорость скольжения пачки достигает при положении равновесия, т. е. при  $t = \frac{\pi}{2\omega}$ , когда сопротивление движению минимально, а  $\sin \omega t = 1$  и  $\cos \omega t = 0$ :

$$\dot{s}_{\max} = \frac{1}{\omega} \left( p + \frac{\pi q}{4} \right) + v.$$

При этом

$$\varepsilon = \varepsilon_{\text{ср}} = \frac{W_d}{k}; \quad F = k \varepsilon_{\text{ср}} = F_{\text{ср}} = W_d; \quad \ddot{\varepsilon} = -\omega A,$$

а ускорение равно нулю ( $\ddot{s} = 0$  и  $\ddot{\varepsilon} = 0$ ). По инерции пачка проходит положение равновесия и в течение времени  $t/2$  движется с отрицательным ускорением и убывающей скоростью, преодолевая возрастающее сопротивление движению. На преодоление сопротивления затрачивается работа. Вследствие этого кинетическая энергия в процессе скольжения пачки непрерывно уменьшается и пачка замедляет движение, затормаживается. В точке  $M$  при  $t = \frac{\pi}{\omega}$  деформация и сила упругости каната минимальны:

$$\varepsilon = \varepsilon_{\min} = 2 \frac{W_d}{k} - \varepsilon_{\max}; \quad F = F_{\min} = k \varepsilon_{\min},$$

а  $\dot{\varepsilon} = 0$ ;  $\ddot{\varepsilon} = \omega^2 A$  и  $\dot{s} = v$ . При дальнейшем скольжении пачки ее скорость снижается от  $v$  до нуля, а сопротивление движению по-прежнему возрастает, стремясь к  $W_0$ . При  $\dot{s} < v$  сила натяжения каната снова увеличивается, и он удлиняется от  $\varepsilon_{\min}$  до  $\varepsilon_n$ . При  $t = \frac{\pi}{\omega} + \tau$ , когда вся кинетическая энергия израсходуется на преодоление сопротивления движению и сила инерции будет равна нулю, а сила натяжения каната при некотором его удлинении  $\varepsilon_n$  окажется меньше сопротивления движению, достигнутого значения  $W_0$ , т. е. когда  $F_n = k \varepsilon_n < W_d = W_0$ , дальнейшее скольжение пачки становится невозможным и временно прекращается. Пачка останавливается (в точке  $N$ ), пройдя путь

$$s \approx 2 \frac{W_c - W_0}{k} + v \left( \frac{\pi}{\omega} + 2\tau \right).$$

В этот момент ускорение  $\ddot{s}$  скачком изменяется от  $-\frac{W_c - W_0}{m}$  до нуля, скорость  $\dot{s}$  скольжения пачки станет равна нулю (условно  $\dot{s} = v$ ), а скорости  $\dot{\varepsilon}$  и  $v$  сравняются. В процессе скольжения и при покое, как видно, соблюдаются условия:  $\dot{s} = v - \dot{\varepsilon}$  и  $\ddot{s} = -\ddot{\varepsilon}$ .

Амплитуда колебаний деформации каната при  $\tau = 0$ ,  $x_0|_{t=0} = \varepsilon_c - \varepsilon_{\text{ср}}$  и  $\dot{x}|_{t=0} = v$

$$A = \sqrt{(\varepsilon_c - \varepsilon_{\text{ср}})^2 + \frac{mv^2}{k}} = \sqrt{\left( \frac{W_c - W_d}{k} \right)^2 + \frac{mv^2}{k}} = v \sqrt{\frac{t_n^2}{4} + \frac{m}{k}},$$

а при  $x|_{t=0} = 0$

$$A \approx \frac{W_c - W_d}{k} = \frac{vt_n}{2}.$$

Период колебаний  $t_k = t_n + t_c$ . Длительность скольжения пачки после срыва

$$t_c = \frac{t_r}{2} + 2\tau = \pi \sqrt{\frac{m}{k}} + 2\tau = \frac{s}{s_{\text{ср}}} = \frac{2s}{s_{\text{макс}}},$$

где  $t_r$  — период гармонических колебаний.

$$\text{Частота колебаний } f = \frac{1}{t_k}.$$

При  $t_n > 0$ ;  $W_c > W_0$ ;  $W_d = \text{const}$  и большой длине размотанного каната  $l$ , когда его жесткость и скорость малы, колебания упругого удлинения и силы натяжения каната имеют место и происходят по гармоническому закону около положения равновесия, определяемого равенством  $kz_{\text{ср}} = F_{\text{ср}} = W_d$ . С приближением пачки к лебедке длительность остановок сокращается вследствие непрерывного уменьшения  $l$  и увеличения параметров системы  $k, v$ , что видно из формулы (2). По этой причине сопротивление  $W_c$  снижается, стремясь к  $W_0$ , а период и амплитуда колебаний уменьшаются, и они затухают.

Условия существования релаксационных колебаний определяются из уравнений (1) и (2). Колебания происходят до тех пор, пока тангенс возрастающего с каждым рывком угла наклона прямой (2) не сравняется с тангенсом угла наклона касательной к кривой (1) и пока прямая (2) не совместится с этой касательной. Момент исчезновения скачков определится равенством первых производных  $\frac{dW}{dt_n}$  и  $\frac{dF}{dt_n}$ , полученных дифференцированием уравнений (1) и (2) при

$$v = \frac{\pi n}{60} \left[ d_6^2 + \frac{4(l_n - l)d^2}{\pi l_6} \right]^{1/2} [4] \text{ и } k = \frac{EF}{l}$$

( $d, l_n, E, F$  — диаметр, полная длина, модуль упругости и площадь поперечного сечения каната;  $d_6, l_6, n$  — диаметр, длина и частота вращения барабана), т. е. при условии

$$\xi(W_\infty - W_0) e^{-\xi t_n} = kv \left( 1 - \frac{4t_n d^2}{\pi l_6 \sqrt{v}} - \frac{4t_n}{l} \right).$$

Сомножитель в скобках правой части этого равенства отличается от единицы менее чем на 0,5 %, поэтому принимаем его равным единице. Тогда

$$kv = \xi(W_\infty - W_0) e^{-\xi t_n}. \quad (26)$$

Значение  $kv$ , при котором скачки прекращаются, является критическим  $(kv)_{\text{кр}}$ . При малой длине размотанного каната и большой его жесткости и скорости, когда  $kv > (kv)_{\text{кр}}$ , релаксационные колебания отсутствуют и пачка движется без скачков по закону:  $F = F_{\text{ср}} = W_d$ .

Влияние явления релаксации на силу натяжения каната и величину  $\mu$  может быть учтено коэффициентом динамичности  $k_p$ , вводимым в расчетные формулы в качестве множителя к  $F$  и  $\mu$  и равным

$$k_p = \frac{F_{\text{макс}}}{F_{\text{ср}}} \approx \frac{W_c}{W_d} = \frac{\mu_c}{\mu} \gg 1.$$

Причинами возникновения и существования релаксационных колебаний являются: превышение сопротивления сдвигу над сопротивлением движению, рост сопротивления сдвигу с увеличением длительности покоя пачки, малая жесткость и скорость каната. Для уменьшения амплитуды колебаний или полного их устранения в целях снижения силовых нагрузок на канатные установки и обеспечения нормального режима их работы необходимо сокращать время покоя пачки до трогания с места, вводить демпферы в узлы крепления лебедки к опоре, а также повышать параметры  $k$  и  $v$  до их критического произведения.

Теоретические предпосылки подтверждены экспериментально [4].

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Дерягин Б. В., Пуш В. Э., Толстой Д. М. Теория фрикционных автоколебаний с периодическими остановками. — Тр. III Всесоюз. конф. по трению и износу в машинах. М.: АН СССР, 1960, т. 2, с. 132—152. [2]. Ишлинский А. Ю., Крагельский И. В. О скачках при трении. — ЖТФ, 1944, т. 14, вып. 4—5, с. 276. [3]. Кайдановский Н. П., Хайкин С. Э. Механические релаксационные колебания. — ЖТФ, 1933, т. 3, вып. 1, с. 1. [4]. Коротяев Л. В. Исследование сопротивления движению при трелевке леса: Дис. . . канд. техн. наук. — Архангельск, 1968. — 278 с. [5]. Коротяев Л. В. Исследование сопротивления сдвигу трельюемых лесоматериалов с места. — Науч. тр./ АЛТИ, 1971, № 24. Исследование лесовосстановления, технологии и оборудования при заготовке и переработке древесины, с. 50—55.

Поступила 19 марта 1981 г.

УДК 625.874

### ЭФФЕКТ ПРИМЕНЕНИЯ СИНТЕТИЧЕСКОГО НЕТКАНОГО МАТЕРИАЛА В ОСНОВАНИИ КОЛЕЙНОГО ПОКРЫТИЯ ИЗ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ

Ф. А. ПАВЛОВ, В. Н. ЖДАНОВ, А. С. ВИШНЯКОВ  
СевНИИП

В последние годы в дорожном строительстве широко применяются синтетические нетканые материалы (СНМ), обладающие высокими прочностными и фильтрующими свойствами и позволяющие значительно сократить объемы земляных работ.

Опытное строительство лесовозных гравийных дорог с применением австрийского материала «Полифелът» показало, что возможно снижение объема земляных работ до 50 % с одновременным уменьшением стоимости строительства [3]. С организацией в 1976 г. промышленного производства отечественного синтетического нетканого материала открылись широкие перспективы применения СНМ на лесовозных дорогах.

Для определения возможности применения СНМ в конструкции лесовозных дорог с колеиным покрытием из железобетонных плит в СевНИИПе проведены экспериментальные исследования на полномасштабных моделях в условиях дорожно-испытательного полигона.

Модели дорожных одежд (рис. 1) выполняли в виде двух рядом расположенных колесопроводов из сплошных плит марки П-3 по ГОСТу 15466—70. В каждый колесопровод укладывали по четыре плиты. Для имитации рабочих условий (бесконечная лента) плиты стягивали специальными стяжками с нормируемым усилием. В стыки плит закладывали бруски сечением 45×45 мм, пустоты заполняли раствором глины.

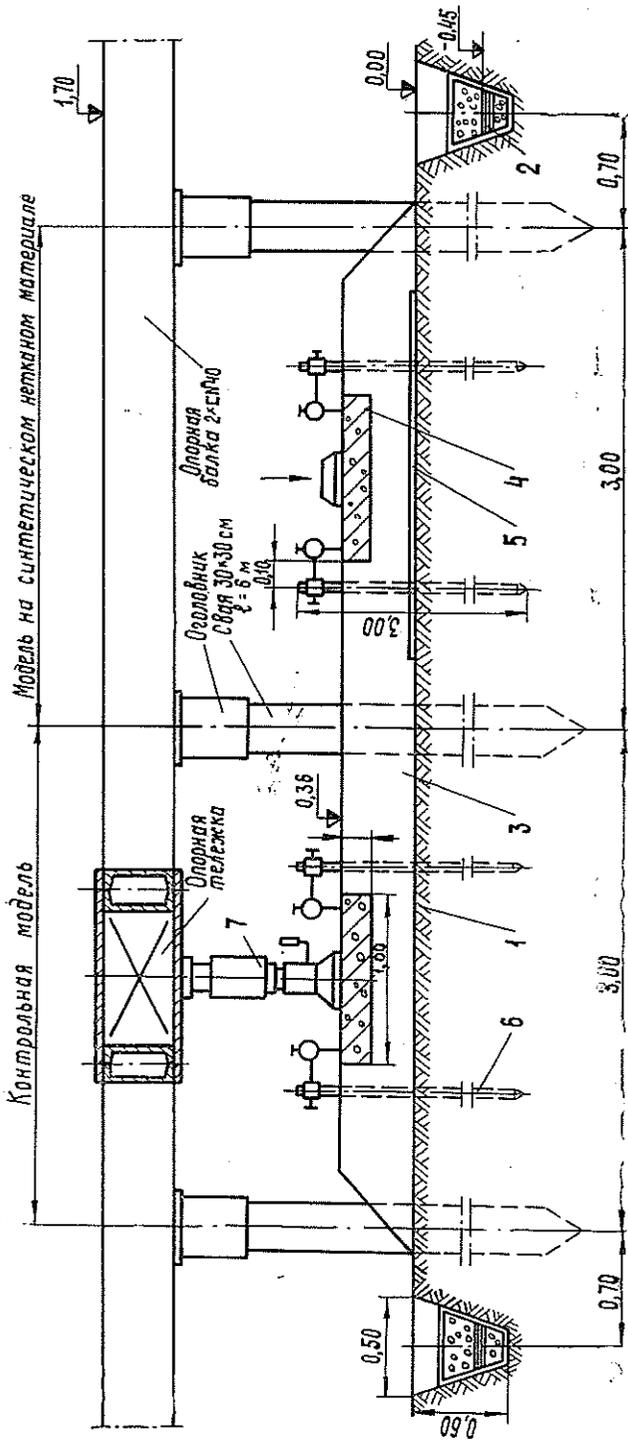


Рис. 1. Модели дорожных одежд на испытательной площадке полугода.

1 — местное сульфидное основание; 2 — система водоотвода; 3 — подстилающий слой из мелкозернистого песка; 4 — колесопоход (4 железобетонные плиты П-3); 5 — полотно синтетического нетканого материала (длина 18 м, ширина 2,5 м); 6 — шаганы для уста- новки индикаторов перемещения (при статических испытаниях) и тензометрических пробирометров (при динамических испытаниях); 7 — гидравлический нагружатель для статических испытаний.

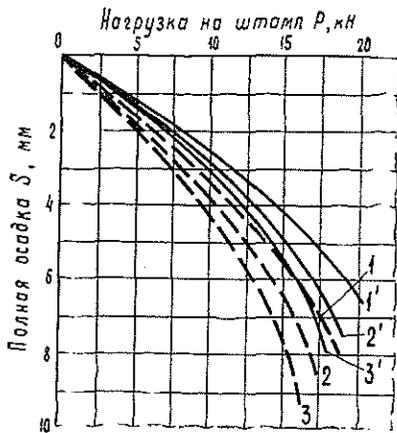


Рис. 2. Кривые осадки штампа.

1, 2, 3 — осадки суглинистого основания по датам проведения испытаний: 20.IX.80 г., 10.X.80 г., 20.VII.80 г.; 1', 2', 3' — то же с песчаной прослойкой толщиной 150 мм.

При сравнительных статических испытаниях колесопроводов использована типовая методика [2]. Нагрузку к плитам прилагали через жесткий штамп диаметром 34 см от гидравлического домкрата возрастающими ступенями (9,8; 29,4; 49,0 кН при нагружении центра плиты и 9,8; 29,4; 49,0; 68,7 кН при нагружении конца плиты), а затем снимали в обратной последовательности, с выдержкой на каждой ступени до стабилизации показаний индикаторов перемещения (ход стрелки не более 0,01 мм/мин). Нагрузку на ступенях устанавливали с точностью  $\pm 0,4$  кН и поддерживали по образцовому манометру, подключенному к гидравлической месдозе.

Осадку нагруженной плиты регистрировали индикаторами часового типа ИЧ-10 с точностью до 0,01 мм в 6 точках, осадку смежной плиты — в 2 точках. По результатам статических нагружений построены графики «нагрузка—осадка», причем за величину осадки принимали среднее значение перемещений, зарегистрированных противоположными по отношению к продольной оси плиты индикаторами.

Динамическое испытание колесопроводов проводили с помощью экспериментальной установки [4], предназначенной для получения и записи коротких силовых импульсов и включающей импульсный электромагнитный нагружатель, датчики давления и перемещения, светолучевой осциллограф с вторичной измерительной аппаратурой.

На модели воздействовали одинаковыми сериями (по 20) одиночных силовых импульсов (кроме одиночных, имелась возможность отработки триад импульсов). Форма импульса трапециевидная, близкая к треугольной со временем нарастания переднего фронта  $(4-6) \cdot 10^{-3}$  с и временем спада  $(5,6-6,8) \cdot 10^{-2}$  с; амплитуда силового импульса — 30—33 кН. Осциллографическую запись проводили для 1—3-го, 8—10-го и 18—20-го импульсов в сериях. Средняя погрешность измерительных каналов составила: канала записи давления — 6 %, канала записи перемещения — 8 %. Отметки времени на фотобумаге производились с интервалом 0,005 с, точность считывания временных интервалов — 0,001 с. Осадку нагруженных плит регистрировали в 6 точках тензометрическими датчиками перемещения (прогибомерами, скрепленными жесткими поводками с плитами).

Штамп для динамических испытаний (диаметром 30 см облегченного типа) устанавливали на плиту поверх резиновой прокладки толщиной 8 мм. Датчик давления, предназначенный для определения усилия на штампе, тензометрического типа с линейной характеристикой до 100 кН. Для динамических испытаний колесопроводов применяли модернизированный вариант импульсного электромагнитного нагружателя, в котором электромагнитные контакторы заменены на электронные ключи, выполненные на симметричных тиристорах ТС-80.

Емкость конденсаторной батареи во всех сериях нагружений составляла 0,2 Ф, а напряжение заряда — 250 В.

Экспериментальные работы проводили в период с 20 мая по 13 октября 1980 г. В течение этого времени влажность песка изменялась от 20 до 12 %, а суглинистого основания от 21 до 16 % в верхнем слое и от 28 до 23 % на глубине 40—45 см.

Один из колесопроводов с основанием традиционной конструкции для лесовозных дорог использовали как контрольный; второй колесопровод при такой же толщине подстилающего слоя построен с укладкой на основание прослойки из СНМ.

В опытах использовали синтетический нетканый материал отечественного производства, изготовленный по ТУ 61.17854—79 (капроновый, иглопробивной, ширина 2,5 м, толщина 3,4 мм, масса  $1 \text{ м}^2$  — 543 г, разрывное удлинение 123/125 %, разрывная нагрузка на полосу  $50 \times 100$  мм — 100/280 Н).

Полотно СНМ 5 длиной 13 м и шириной 2,5 м укладывали с натяжением и заземлением по периметру на местный суглинистый грунт I, тщательно выровненный и уплотненный площадочным вибратором. Подстилающий слой 3 устраивали из мелкозернистого песка толщиной 10 и 20 см и уплотняли также площадочным вибратором.

О деформативных свойствах местного грунта (суглинка) и подстилающего слоя можно судить по кривым статических нагружений на рис. 2, которые производили штампом диаметром 50 см.

При статических испытаниях выполнено 150 нагружений, из них 74 с, регистрацией процесса «нагрузка — осадка». Анализ зависимостей «нагрузка — осадка» (пример таких кривых дан на рис. 3) показывает следующее. В области небольших удельных давлений на грунт, соответствующих нагрузке на штамп от 0 до 40—55 кН, осадка возрастает почти линейно как для основания, построенного по традиционной технологии, так и для основания с СНМ. При дальнейшем увеличении нагрузки на штамп характер зависимостей меняется. Для основания без СНМ имеет место некоторый «провал осадок» при больших удельных давлениях, а для основания с СНМ характер зависимостей продолжает оставаться линейным или с некоторым затуханием осадки при увеличении нагрузки на штамп до 68,7 кН.

Проявление положительных свойств СНМ особенно наглядно видно по кривым сравнения полных (суммы упругих и остаточных деформаций) осадок плит в зависимости от нагрузки на штампе (рис. 4). Это усредненные (обобщенные) зависимости, каждая построена по результатам 7—8 статических сравнительных испытаний при нагружении

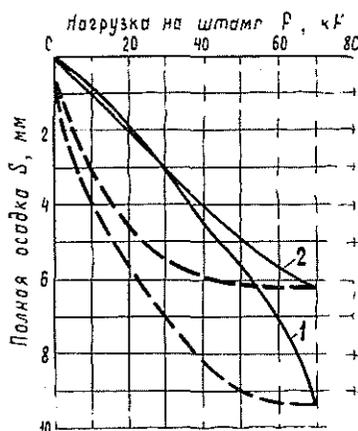
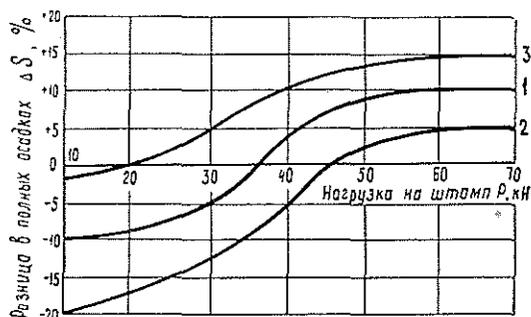


Рис. 3. Зависимости «нагрузка—осадка» при статическом нагружении конца плиты.

1 — для контрольного основания; 2 — для основания с СНМ; сплошная линия — приложение нагрузки; штриховая — снятие нагрузки. Толщина песчаной прослойки  $h_{п} = 10$  см;  $E_{осн} = 7,5$  МПа.

Рис. 4. Изменение разницы в полных осадках оснований с СНМ и контрольного в зависимости от нагрузки на конце плиты.

1, 2, 3 — соответственно для моделей 1, 2 и 3.



конца плиты. В области небольших удельных давлений на грунт, соответствующих нагрузке на штамп от 10 до 45 кН, в основаниях с СНМ наблюдается увеличение осадок по сравнению с контрольными основаниями, выполненными по традиционной технологии, что объясняется собственным сжатием синтетического нетканого материала [1]. Положительные свойства СНМ — уменьшение осадок по сравнению с контрольной моделью — начинают проявляться в области больших нагрузок на штамп (свыше 20—45 кН), причем максимальная разница получена для более слабых оснований.

Разница в полных осадках плит при нагрузках на штамп 45—68,7 кН составила 4—7 % для оснований с толщиной песчаной подушки 20 см (кривая 2), 8—11 % для оснований с той же толщиной песчаной подушки, но на менее прочном грунте в основании (кривая 1)

и 12—15 % для оснований с толщиной песчаной подушки 10 см (кривая 3).

В таблице приведены усредненные остаточные деформации после выполнения серий статических испытаний.

Номер модели	Остаточная деформация, мм				Толщина подстилающего слоя, см	Модуль деформации грунта в основании, МПа
	Нагрузка на конце плиты		Нагрузка в центре плиты			
	без СНМ	с СНМ	без СНМ	с СНМ		
1	2,90	1,30	0,65	0,46	20	5,4
2	0,88	0,34	0,35	0,16	20	7,5
3	0,94	0,78	—	0,23	10	7,5

Модули деформации грунта в основании в опытах примерно соответствуют прочности грунтовых оснований дорог с колеевым покрытием из железобетонных плит в неблагоприятных условиях.

На слабых основаниях применение СНМ дает определенный эффект (модель 1), уменьшая остаточную деформацию при нагружении конца плит в 2,2 раза, что, однако, не компенсирует разницы в прочности оснований по сравнению с моделью 2 (в опытах без СНМ) при нагружении как конца, так и центра плиты.

На более прочных основаниях остаточные деформации незначительны в опытах с применением СНМ. Это позволяет заключить, что на основаниях с модулем деформации ниже требуемого (9,8 МПа) на 20—25 % применение СНМ позволяет достичь требуемой прочности дорожной конструкции.

Из сравнения моделей с различной толщиной подстилающего песчаного слоя (10 и 20 см) и одинаковой прочностью основания видно, что применение СНМ равноценно увеличению толщины песчаной подушки более чем на 10 см.

Если упругий прогиб и расчетный модуль упругости можно приближенно рассматривать как показатели прочности дорожной одежды при статическом нагружении, то при динамической нагрузке одной из наиболее объективных характеристик является скорость прогиба поверхности одежды [5]. Исходя из этих соображений и будем интерпретировать результаты испытаний колесопроводов в динамике.

Выполненные в 1959—1962 гг. в США крупные экспериментальные работы по программе AASHO по испытанию дорожных одежд нежесткого и жесткого типов показали, что скорость прогиба одежды связана с колеобразованием и показателем растрескивания одежды.

Сравнительные испытания колесопроводов показали, что прослойка СНМ позволяет снизить скорость прогиба дорожной одежды  $\frac{dS}{dt}$  и абсолютную величину прогиба  $S$ . В опытах получены следующие значения скоростей прогиба поверхности дорожной одежды:  $\frac{dS}{dt} = 0,45—0,54$  м/с для моделей, выполненных по новой технологии с использованием СНМ;  $\frac{dS}{dt} = 0,59—0,74$  м/с для моделей, устроенных по традиционной технологии. При толщине песчаной прослойки 20 см разница в скоростях прогиба составила 26,1 %, а при толщине 10 см — 23,9 %. Кроме того, использование СНМ позволило существенно уменьшить значения полных деформаций. При толщине песчаной прослойки 20 см разница составила 36,6 %, при толщине 10 см — 17,6 %.

Эти данные получены при воздействии на колесопроводы импульсами ударного характера величиной 30—33 кН с крутизной переднего фронта 4,95—5,75 МН/с; продолжительность импульса —  $(6-7,4) \cdot 10^{-2}$  с, время нарастания (передний фронт) —  $(4-6) \cdot 10^{-3}$  с.

Динамические испытания также подтвердили значительную эффективность применения СММ в основании колеиных покрытий из железобетонных плит.

Изложенное позволяет сказать, что статические и динамические исследования дали возможность предложить дорожной практике весьма эффективный способ усиления рассмотренного типа дорожной одежды.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Влияние текстильных прослоек на деформативные свойства дорожных одежд лесовозных дорог/ В. М. Трибунский, З. С. Цофин, Ю. М. Анастасюк, А. А. Трофимчик. — В кн.: Повышение эффективности транспорта леса и строительства лесовозных дорог. М., 1979, с. 48—53. (Тр. ЦНИИМЭ). [2]. Инструкция по проектированию дорожных одежд нежесткого типа ВСН 46—72. — М., 1973. — 112 с. [3]. К вопросу использования полимерного материала при строительстве лесовозных дорог/ Л. С. Матвеевко, В. М. Ковалевский, В. М. Трибунский и др. — В кн.: Транспорт леса и строительство лесовозных дорог. М., 1978, с. 63—69. (Тр. ЦНИИМЭ). [4]. Павлов Ф. А., Жданов В. Н. Стенд для динамического и статического испытания дорожных одежд и оснований. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1976, № 1, с. 57—59. [5]. Смирнов А. В. Теоретические основы проектирования дорожных одежд на подвижные нагрузки. — В кн.: Проектирование и строительство автомобильных дорог в сложных инженерно-геологических условиях Сибири. М., 1978, с. 94—158. (Тр. Союздорнии).

Поступила 16 февраля 1981 г.

УДК 630\*32.001.24

### О НЕКОТОРЫХ ВОПРОСАХ ДИНАМИКИ ВАЛОЧНО-ПАКЕТИРУЮЩИХ МАШИН (ВПМ) ПРИ ПАКЕТИРОВАНИИ ДЕРЕВЬЕВ

В. К. ХЕГАЙ

Ухтинский индустриальный институт

В статье рассмотрены вопросы моделирования динамики системы «ВПМ — дерево». В частности, разработаны динамическая и математическая модели взаимодействия ВПМ с деревом при пакетировании последнего на машину; дана оценка влияния упруго-амортизационных параметров подвесок машины на динамические показатели системы.

Схема пакетирования дерева на валочно-пакетирующее устройство представлена на рис. 1. Эквивалентная расчетная схема системы «ВПМ — дерево» при ударе дерева о вторую опору [4] показана на рис. 2.

Колебания системы исследуются в предположении, что воздействие дерева на ВПМ передается через приемное устройство (ПУ). В качестве возмущающей силы взята импульсивная функция первого порядка  $\sigma_1(t)$  [1].

Полученные на основании уравнений Лагранжа второго рода дифференциальные уравнения, описывающие колебания системы «ВПМ — дерево», имеют вид:

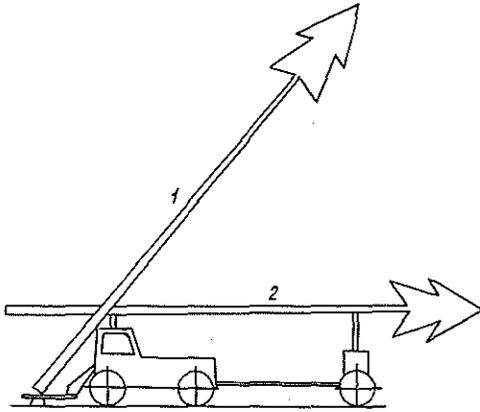


Рис. 1.

1 — удар дерева о первую опору (первый удар); 2 — удар дерева о вторую и первую опоры (второй удар).

$$\begin{aligned}
 M_1 \ddot{z}_1 + M_{12} \ddot{z}_2 + (\beta_1 + \chi^2 \beta_3) \dot{z}_1 + \chi \eta \beta_3 \dot{z}_2 - \chi \beta_3 \dot{z}_3 - \beta_1 \dot{z}_8 + \\
 + (c_1 + \chi^2 c_3) z_1 + \chi \eta c_3 z_2 - \chi c_3 z_3 - c_1 z_8 = 0; \\
 M_2 \ddot{z}_2 + M_{12} \ddot{z}_1 + (\beta_2 + \eta^2 \beta_3) \dot{z}_2 + \eta \chi \beta_3 \dot{z}_1 - \eta \beta_3 \dot{z}_3 - \beta_2 \dot{z}_9 + \\
 + (c_2 + \eta^2 c_3) z_2 + \eta \chi c_3 z_1 - \eta c_3 z_3 - c_2 z_9 = 0; \\
 m_3 \ddot{z}_3 + [\beta_3 + (1 - \lambda)^2 \beta_4] \dot{z}_3 - \chi \beta_3 \dot{z}_1 - \eta \beta_3 \dot{z}_2 - (1 - \lambda) \beta_4 \dot{z}_4 + \\
 + \lambda (1 - \lambda) \beta_4 \dot{z}_5 + [c_3 + (1 - \lambda)^2 c_4] z_3 - \chi c_3 z_1 - \eta c_3 z_2 - \\
 - (1 - \lambda) c_4 z_4 + \lambda (1 - \lambda) c_4 z_5 = m_3 v_3 \sigma_1(t); \\
 m_4 \ddot{z}_4 - \beta_4 \dot{z}_4 - (1 - \lambda) \beta_4 \dot{z}_3 - \lambda \beta_4 \dot{z}_5 + c_4 z_4 - (1 - \lambda) c_4 z_3 - \\
 - \lambda c_4 z_5 = m_4 v_4 \sigma_1(t); \\
 m_5 \ddot{z}_5 + (\beta_5 + \lambda^2 \beta_4) \dot{z}_5 - \lambda \beta_4 \dot{z}_4 + \lambda (1 - \lambda) \beta_4 \dot{z}_3 - \beta_5 \dot{z}_6 + \\
 + (c_5 + \lambda^2 c_4) z_5 - \lambda c_4 z_4 + \lambda (1 - \lambda) c_4 z_3 - c_5 z_6 = m_5 v_5 \sigma_1(t); \\
 m_6 \ddot{z}_6 + (\beta_5 + \beta_6) \dot{z}_6 - \beta_5 \dot{z}_5 - \beta_6 \dot{z}_7 + (c_5 + c_6) z_6 - c_5 z_5 - c_6 z_7 = 0; \\
 m_7 \ddot{z}_7 + (\beta_6 + \beta_7) \dot{z}_7 - \beta_6 \dot{z}_6 + (c_6 + c_7) z_7 - c_6 z_6 = 0; \\
 m_8 \ddot{z}_8 + (\beta_1 + \beta_8) \dot{z}_8 - \beta_1 \dot{z}_1 + (c_1 + c_8) z_8 - c_1 z_1 = 0; \\
 m_9 \ddot{z}_9 + (\beta_2 + \beta_9) \dot{z}_9 - \beta_2 \dot{z}_2 + (c_2 + c_9) z_9 - c_2 z_2 = 0,
 \end{aligned} \tag{1}$$

где

$$M_1 = \frac{M_0 d_2^2 + I_c}{I_k^2} \text{ — приведенная к передней подвеске масса корпуса базовой машины;}$$

$$M_2 = \frac{M_0 d_1^2 + I_c}{I_k^2} \text{ — приведенная к задней подвеске масса корпуса базовой машины;}$$

$M_0, m_0$  — соответственно подрессоренная масса базовой машины и масса дерева;

$I_c, I_0$  — соответственно центральный момент инерции базовой машины и дерева;

$$m_3 = m'_4 + m'_n \text{ — суммарная масса части дерева и первого приемного устройства;}$$

$$m'_4 = \frac{I_0}{I_1 l_0} \text{ — первая дискретная масса дерева;}$$

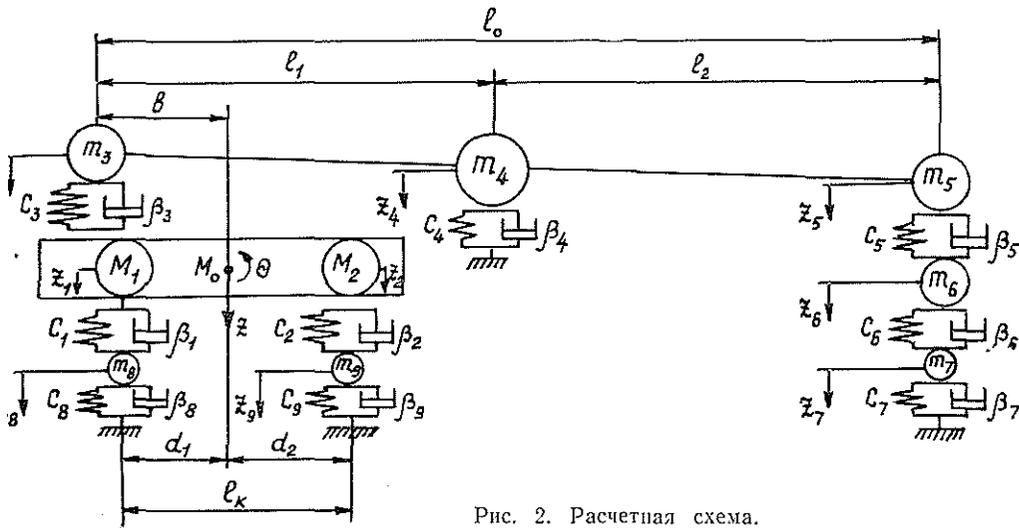


Рис. 2. Расчетная схема.

$$m_4 = m_0 - \frac{I_0}{l_1 l_2} \text{ — вторая дискретная масса дерева;}$$

$$m'_4 = \frac{I_0}{l_2 l_0} \text{ — третья дискретная масса дерева;}$$

$$m_5 = m''_4 + m''_n \text{ — суммарная масса части дерева и второго приемного устройства;}$$

$m_6, m_7$  — подрессоренная и неподрессоренная массы прицепа;

$m_8, m_9$  — неподрессоренные массы базовой машины;

$$\alpha = \frac{d_2 + b}{l_k}; \quad \eta = \frac{d_1 - b}{l_k}; \quad \lambda = \frac{l_2}{l_0} \text{ — коэффициенты связи;}$$

$$l_k = d_1 + d_2 \text{ — база машины;}$$

$$l_0 = l_1 + l_2 \text{ — расстояние между массами } m_3 \text{ и } m_5;$$

$z_i$  ( $i = 1, 2, \dots, 9$ ) — обобщенные координаты системы;

$c_i$  ( $i = 1, 2, \dots, 9$ ) — параметры жесткости;

$\beta_i$  ( $i = 1, 2, \dots, 9$ ) — параметры сопротивления.

Дифференциальные уравнения (1) решены с использованием аналоговой вычислительной машины МН-14.

Для оценки распределения нагрузок по ступеням подрессоривания использовали коэффициенты динамичности [2]. Эти коэффициенты определяют, во сколько раз наибольшая динамическая сила, передаваемая на основание соответствующей ступени подрессоривания, больше амплитуды возмущающей силы. На первой ступени подрессоривания (подвеска ПУ) они равны:

$$K_1 = \frac{N_{z_1}^{max}}{P_0}; \quad (2)$$

на второй ступени подрессоривания (подвеска передней оси базовой машины)

$$K_2 = \frac{N_{z_2}^{max}}{N_{z_1}^{max}}, \quad (3)$$

где  $N_{z_1}^{max}$  — максимальная динамическая нагрузка, передаваемая на основание первой ступени поддрессирования (на раму машины);

$P_0$  — максимальная ударная нагрузка, прикладываемая к ПУ;  
 $N_{z_2}^{max}$  — максимальная динамическая нагрузка, передаваемая на основание второй ступени поддрессирования (на переднюю ось машины).

На рис. 2 приведены некоторые результаты решения системы уравнений (1), (2) и (3) при следующих значениях параметров:  $M_0 = 7300$  кг;  $I_c = 3000$  кг·м<sup>2</sup>;  $d_1 = 0,3$  (0,42) м;  $d_2 = 1,47$  (1,35) м;  $m_4 = 137$  кг;  $c_4 = 16,4 \cdot 10^3$  Н/м;  $c_5 = c_6 = c_7 = c_8 = c_9 = \infty$ . В качестве базовой машины принят серийный трактор ТДТ-55 без технологического оборудования.

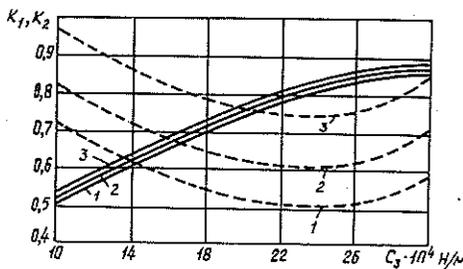


Рис. 3. Зависимости коэффициентов динамичности  $K_1$  и  $K_2$  от коэффициента жесткости подвески ПУ.

1 —  $c_1 = 12 \cdot 10^5$  Н/м; 2 —  $c_1 = 13 \cdot 10^5$  Н/м; 3 —  $c_1 = 15 \cdot 10^5$  Н/м. Сплошные линии —  $K_1$ ; штриховые —  $K_2$ .

Варьирование параметров жесткости подвесок ПУ и базовой машины позволило выявить их влияние на динамические характеристики системы. Из рис. 3 видно, что увеличение жесткости  $c_3$  до некоторого значения  $c_{3э}$  ведет вначале к снижению коэффициента передачи динамических нагрузок на второй ступени поддрессирования  $K_2$ ; в дальнейшем, при  $c_3 > c_{3э}$ , он возрастает. Уменьшение  $K_2$  в интервале  $0 < c_3 < c_{3э}$  объясняется тем, что нагружение первой ступени поддрессирования при увеличении жесткости  $c_3$  до значения  $c_{3э}$  происходит более интенсивно, чем второй ступени. При дальнейшем увеличении  $c_3$  ( $c_3 > c_{3э}$ ) интенсивность возрастания динамических нагрузок на второй ступени поддрессирования выше, чем на первой. Этим и объясняется возрастание  $K_2$  при  $c_3 > c_{3э}$ . Из дальнейшего анализа кривых находим, что для каждого значения  $c_1$  при определенных  $c_3$  имеет место экстремум (минимум) функции  $K_2$ . На первой же ступени поддрессирования увеличение  $c_3$  ведет к монотонному возрастанию коэффициента  $K_1$ . При  $c_3 > c_{3э}$  интенсивность нарастания  $K_1$  уменьшается, но при этом, как было отмечено, происходит возрастание  $K_2$ , и, что особенно нежелательно, наблюдается интенсивное увеличение динамического хода подвески ПУ. Следовательно, значения  $c_3$ , при которых функции  $K_2$  экстремальны (минимальны), представляют оптимальные параметры жесткости первой ступени поддрессирования. Так, для  $c_1 = 15 \cdot 10^5$  Н/м наилучшие динамические качества системы достигаются при  $c_3 = 23 \cdot 10^4$  Н/м.

С точки зрения снижения динамических нагрузок на второй ступени поддрессирования, уменьшение жесткости  $c_1$  рационально. Но чрезмерное уменьшение жесткости  $c_1$  приводит к значительному увеличению динамического хода на второй ступени поддрессирования и сближению парциальных частот колебаний дерева и корпуса машины. Например, частота основного тона изгибных колебаний деревьев при пакетировании их в полупогруженном состоянии находится в пределах

8—12 с<sup>-1</sup> [3]. При таком способе пакетирования деревьев рациональный диапазон жесткости передней подвески трактора должен находиться в пределах  $c_1 = (13 \div 16) \cdot 10^5$  Н/м.

Выполнение условий инерционной и статической симметрии машины ( $\rho^2 = d_1 d_2$ ;  $c_1 d_1 = c_2 d_2$ , где  $\rho$  — радиус инерции ВПМ) — важный фактор улучшения динамических качеств ВПМ. Удовлетворяя эти условия, находим рациональные значения коэффициента жесткости задней подвески трактора. Так, при  $c_1 = (14 \div 16) \cdot 10^5$  Н/м рациональный диапазон жесткости  $c_2$  лежит в пределах  $(26,5—30,5) \cdot 10^5$  Н/м.

Пользуясь приведенной методикой и формулами, нетрудно рассчитать рациональные параметры жесткости подвесок ПУ и базовой машины.

Приведенные исследования позволяют утверждать, что ударно-динамические нагрузки в ВПМ можно эффективно снизить выбором оптимальных параметров жесткости ПУ и корпуса базовой машины.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Бабаков И. М. Теория колебаний. — М.: Наука, 1968. [2]. Пановко Я. Г. Введение в теорию механических колебаний. — М.: Наука, 1971. [3]. Хегай В. К. Исследование динамического процесса взаимодействия дерева с машиной при гравитационном методе пакетирования: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Л.: ЛТА, 1975. [4]. Хегай В. К. К вопросу вертикальной динамики валочно-пакетирующих машин при гравитационном пакетировании деревьев. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1979, № 1.

Поступила 23 марта 1981 г.

УДК 630\*36

### ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ПАРАМЕТРОВ ТРЕЛЕВОЧНЫХ МАШИН

В. Г. КОЧЕГАРОВ, Ю. А. ШИРНИН

Ленинградская лесотехническая академия  
Марийский политехнический институт

Трелевка леса — одна из наиболее трудоемких операций на лесозаготовках. Благодаря замене скользящего оборудования манипуляторами создан ряд машин, позволяющих исключить ручной труд, и повысить их производительность за счет сокращения времени на погрузку пачек.

Исследованию конструктивных и технологических параметров трелевочных тракторов посвящен ряд работ ([1, 2] и др.), в которых, однако, недостаточно глубоко рассматривается влияние массы технологического оборудования на их производительность.

В перспективе для различных целей (заготовка леса с подсортировкой и др.) возникает необходимость усложнения технологического оборудования трелевочных машин, которое неизбежно приведет к увеличению их массы и энергозатрат на процесс трелевки. Часовая производительность трелевочной машины может быть определена по формуле

$$\Pi = \frac{q}{T} = \frac{q}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4}, \quad (1)$$

где  $T_1$  — полное время работы трелевочной машины на сборе и трелевке леса с площади 1 га, ч;

$q$  — запас леса на 1 га, м<sup>3</sup>;

$t_1$  — время сбора (погрузки) пачек с площади леса 1 га, ч;

- $t_2$  — время движения трактора в грузовом направлении в расчете на 1 га, ч;  
 $t_3$  — время разгрузки пачек, собранных с площади 1 га, ч;  
 $t_4$  — время движения трактора в холостом направлении в расчете на 1 га, ч.

Значения  $t_1$  и  $t_3$  зависят от типа технологического оборудования трелевочной машины и способа выполнения предыдущей операции. В составе технологического оборудования могут быть захватно-срезающее устройство (ЛП-17), гидроманипулятор и кониковое зажимное устройство (ТБ-1) и челюстной захват пачек (ЛТ-89). Предыдущая операция может заканчиваться валкой (ВМ-4) или пакетированием мелких (ЛП-19) и полногрузных (ЛП-2) пачек.

Рассмотрим работу трелевочного трактора с манипулятором (типа ТБ-1) на трелевке полногрузных пачек. В этом случае

$$t_1 = \frac{\mathcal{E}_1}{N\xi_1}; \quad (2) \quad t_2 = \frac{\mathcal{E}_2}{N\xi_2}; \quad (3)$$

$$t_3 = \frac{\mathcal{E}_3}{N\xi_3}; \quad (4) \quad t_4 = \frac{\mathcal{E}_4}{N\xi_4}, \quad (5)$$

где  $\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2, \mathcal{E}_3, \mathcal{E}_4$  — затраты энергии соответственно на погрузку пачек, движение трактора в грузовом направлении, разгрузку пачек и движение в холостом направлении при трелевке леса с площади 1 га, кВт·ч/га;

$\xi_1, \xi_2, \xi_3, \xi_4$  — коэффициент использования мощности двигателя соответственно при погрузке пачки, движении трактора в грузовом направлении, разгрузке пачки и движении в холостом направлении;

$N$  — мощность двигателя, кВт.

Затраты энергии можно определить следующим образом:

$$\mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_{п.к} + \mathcal{E}_{д.м} + \mathcal{E}_{к.з} + \mathcal{E}_{з.к}, \quad (6)$$

где  $\mathcal{E}_{п.к}, \mathcal{E}_{д.м}, \mathcal{E}_{к.з}, \mathcal{E}_{з.к}$  — затраты энергии соответственно на погрузку комлевой части пачек, движение манипулятора при погрузке, движение клещевого захвата и привод зажимов коника при трелевке леса с площади 1 га, кВт·ч/га.

В сравнении с общими затратами энергии на погрузку пачек величины  $\mathcal{E}_{к.з}$  и  $\mathcal{E}_{з.к}$  незначительны, и ими можно пренебречь. Тогда

$$\mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_{п.к} + \mathcal{E}_{д.м} = \frac{G_{п} k_1 n}{3600} \left( \frac{k_n \psi_c}{\eta_c} + \frac{r_{п} \omega_{пв} \mu_1 \psi_{пв}}{\eta_{пв}} \right) + \frac{nm}{3600} \left( \frac{2G_c r_c \omega_c \psi_c}{\eta_c} + \frac{2G_{пв} r_{пв} \omega_{пв} \mu_1 \psi_{пв}}{\eta_{пв}} \right); \quad (7)$$

$$\mathcal{E}_2 = \frac{G_{п} l \beta n \psi_{п}}{3600 \eta_{п}} [k_2 \omega_{п} + (1 - k_2) \omega_{п}] + \frac{G_{п} \omega_{п} l \beta n \psi_{п}}{3600 \eta_{п}}; \quad (8)$$

$$\mathcal{E}_3 = \frac{G_{п} \omega_{п} b n \psi_{п}}{3600 \eta_{п}} + \frac{G_{п} \mu_2 k_2 b n \psi_{п}}{3600 \eta_{п}}; \quad (9)$$

$$\mathcal{E}_4 = \frac{G_{п} \omega_{п} l \beta n \psi_{п}}{3600 \eta_{п}}, \quad (10)$$

- где  $G_m, G_n, G_{пв}, G_c$  — вес соответственно трелевочной машины, пачки, поворотной части манипулятора и стрелы с рукоятью, кН;
- $n$  — число пачек на 1 га;
- $k_1, k_2$  — коэффициенты распределения веса пачки соответственно между захватом манипулятора и землей и между опорной балкой коника и волоком;
- $\psi_m, \psi_{пв}, \psi_c$  — коэффициенты, учитывающие увеличение расхода энергии за счет непроизводительных движений соответственно машины, поворотной части манипулятора и стрелы с рукоятью;
- $h_n$  — средняя высота подъема пачки при ее погрузке, м ;
- $r_n, r_{пв}$  — расстояние от вертикальной оси поворота платформы соответственно до центра сечения пачки и центра тяжести поворотной части, м;
- $r_c$  — расстояние по горизонтали от оси поворота стрелы до центра ее тяжести, м;
- $\omega_{пв}, \omega_c$  — угол поворота соответственно платформы с манипулятором в горизонтальной плоскости и стрелы с рукоятью в вертикальной плоскости, рад;
- $\mu_1, \mu_2$  — коэффициент трения соответственно платформы манипулятора о поворотный круг и между пачкой и опорной балкой коника;
- $m$  — число циклов погрузки одной пачки;
- $\eta_m, \eta_c, \eta_{пв}$  — КПД передачи энергии от двигателя соответственно к ходовой части машины, к механизму поворота платформы, к механизму управления манипулятором;
- $l$  — среднее расстояние трелевки, м;
- $\beta$  — коэффициент удлинения пути за счет маневрирования;
- $\omega_m, \omega_n$  — коэффициент сопротивления движению соответственно машины и пачки;
- $b$  — длина пути выезда машины из-под пачки, м.

В выражениях (7) — (10)

$$n = \frac{q\gamma}{G_n}; \quad (11)$$

$$m = \frac{G_n}{F\varphi}, \quad (12)$$

- где  $\gamma$  — объемный вес древесины, кН/м<sup>3</sup>;
- $F$  — грузоподъемность манипулятора, кН;
- $\varphi$  — коэффициент использования грузоподъемности манипулятора.

С учетом выражений (7)—(12) при условии, что  $G_M/G_n = \nu$ , уравнения (2)—(5) примут вид

$$t_1 = \frac{q\gamma k_1}{3600N\xi_1} \left( \frac{k_n \psi_c}{\eta_c} + \frac{r_n \omega_{nb} \mu_1 \psi_{nb}}{\eta_{nb}} \right) + \frac{q\gamma}{3600N\xi_1 F\varphi} \left( \frac{2G_c r_c \omega_c \psi_c}{\eta_c} + \frac{2G_{nb} r_{nb} \omega_{nb} \mu_1 \psi_{nb}}{\eta_{nb}} \right); \quad (13)$$

$$t_2 = \frac{q\gamma l \beta \psi_M}{3600N\xi_2 \eta_M} [k_2 \omega_M + (1 - k_2) \omega_n + \nu \omega_M]; \quad (14)$$

$$t_3 = \frac{q\gamma b \psi_M}{3600N\xi_3 \eta_M} (\nu \omega_M + \mu_2 k_2); \quad (15)$$

$$t_4 = \frac{q\gamma l \beta \nu \omega_M \psi_M}{3600N\xi_4 \eta_M}. \quad (16)$$

В уравнении (13) коэффициенты  $\xi_1$ ,  $\eta_c$ ,  $\eta_{nb}$ ,  $\psi_c$ ,  $\psi_{nb}$  мало изучены. В связи с этим не представляется возможным достаточно точно определить время погрузки пачек с площади лесосеки 1 га. Для определения  $t_1$  воспользуемся более простым выражением

$$t_1 = \frac{q\gamma k_1 \tau}{3600F\varphi}, \quad (17)$$

где  $\tau$  — время цикла доставки рабочего устройства, захвата группы деревьев и укладки их в транспортное положение, с.

С учетом формул (14)—(17) уравнение (1) примет вид

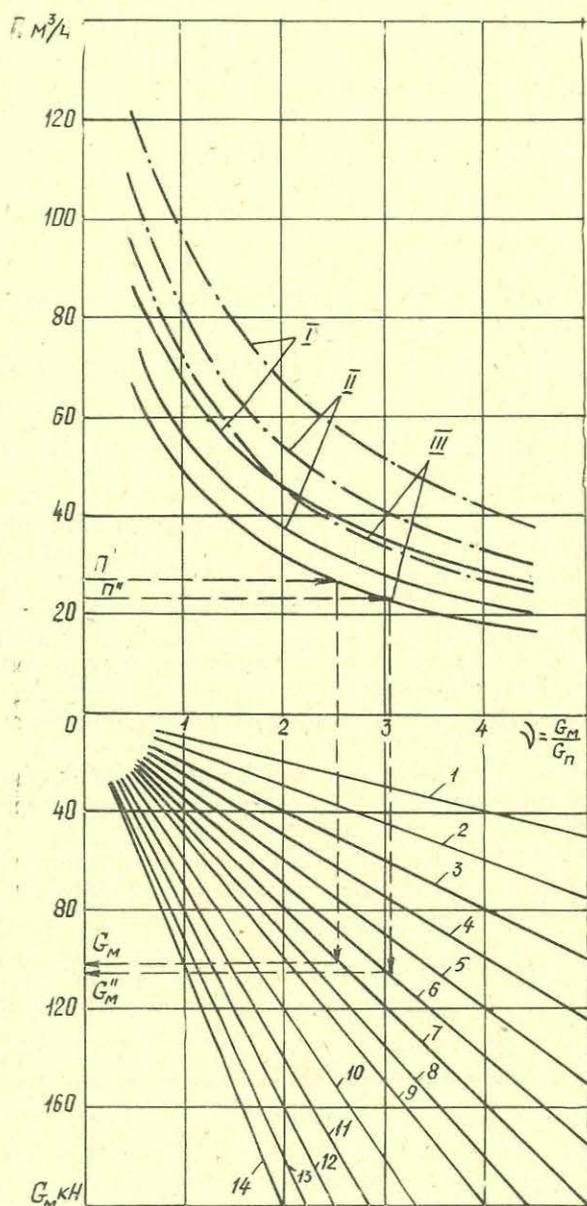
$$P = \frac{3600}{\gamma \left\{ \frac{\tau k_1}{F\varphi} + \frac{l \beta \psi_M}{N \xi_2 \eta_M} [k_2 \omega_M + (1 - k_2) \omega_n] + \frac{l \beta \psi_M \nu \omega_M}{N \eta_M} \left( \frac{1}{\xi_3} + \frac{1}{\xi_4} \right) + \frac{b \psi_M}{N \xi_3 \eta_M} (\nu \omega_M + \mu_2 k_2) \right\}}. \quad (18)$$

Аналогично можно получить значение  $P$  с учетом формул (13)—(16).

На рисунке представлена номограмма зависимости часовой производительности трелевочного трактора с манипулятором от веса машины ( $G_M$ ), веса пачки ( $G_n$ ), мощности двигателя ( $N$ ) и коэффициента сопротивления движению трактора ( $\omega_M$ ). Номограмма построена по уравнению (18) при следующих исходных данных:  $\eta_M = 0,75$ ;  $\xi_2 = 0,8$ ;  $\xi_3 = 0,6$ ;  $\xi_4 = 0,7$ ;  $\gamma = 7,8$  кН/м<sup>3</sup>;  $\psi_M = 1,3$ ;  $l = 200$  м;  $k_2 = 0,65$ ;  $k_1 = 0,8$ ;  $b = 2$  м;  $\mu_2 = 1,15$ ;  $\tau = 35$  с;  $F = 20$  кН;  $\varphi = 0,3$ ;  $\beta = 1,2$ ;  $\omega_n = 0,7$ .

Совершенствование технологического оборудования трелевочных машин может быть эффективно, если нужный для этого дополнительный вес меньше допустимого. Допустимый вес можно определить пользуясь номограммой. Покажем это на примере при  $N = 55$  кВт;  $G_M = 102$  кН;  $\omega_M = 0,25$ . При работе в обычном режиме производительность трактора ТБ-1  $P' = 26$  м<sup>3</sup>/ч и может быть получена при  $G_n = 40$  кН (5,1 м<sup>3</sup>). При работе с подсортировкой леса его производительность снизилась на 13% и составила 22,5 м<sup>3</sup>/ч. Принимаем, что за счет увеличения веса трактора после совершенствования технологического оборудования вес пачки уменьшился на 5 кН и составил 35 кН (4,5 м<sup>3</sup>). Следовательно, для получения производительности модернизированного трактора  $P > P'$  вес  $G_n$  не должен превышать 106 кН, а дополнительный вес на совершенствование технологического оборудования не должен превышать 4 кН (430 кг).

Предложенная методика может быть использована также для анализа работы валочно-трелевочных машин. При этом величина  $t_1$  возрастает и определится с учетом времени на валку и пакетирование каждого дерева и переездов машины между рабочими позициями при формировании пачки.



Номограмма

$$P = f(N, G_M, G_n, \omega_M)$$

I —  $\omega_M = 0,15$ ; II —  $\omega_M = 0,2$ ; III —  $\omega_M = 0,25$ ;  
 сплошная линия —  $N = 55$  кВт; штрих-пунктирная —  $N = 81$  кВт; I —  $G_n = 10$  кН; 2 —  $G_n = 15$  кН;  
 3 —  $G_n = 20$  кН; 4 —  $G_n = 25$  кН; 5 —  $G_n = 30$  кН; 6 —  $G_n = 35$  кН; 7 —  $G_n = 40$  кН; 8 —  $G_n = 45$  кН; 9 —  $G_n = 50$  кН; 10 —  $G_n = 60$  кН; 11 —  $G_n = 70$  кН; 12 —  $G_n = 80$  кН; 13 —  $G_n = 90$  кН; 14 —  $G_n = 100$  кН.

Анализ уравнения (18) и номограммы показывает, что модернизация технологического оборудования эффективна в том случае, когда дополнительный вес меньше допустимого. При расчете экономической эффективности следует иметь в виду увеличение стоимости модернизированной машины.

При увеличении мощности трелевочных машин динамика роста их производительности тем выше, чем меньше отношение веса машины к весу пачки ( $\gamma$ ).

## ЛИТЕРАТУРА

[1]. Немцов В. П., Егоров Л. И., Шеховцев В. П. О перспективном типе базовых тракторов для лесной промышленности. — В кн.: Проблемы исследования базовых лесопромышленных тракторов, 1977, с. 5—10. [2]. Основные параметры и типаж базовых тракторов для лесозаготовительной промышленности на перспективный период/ К. И. Вороницын, В. П. Лахно, П. А. Лепенцов, М. А. Перфилов, — Науч. тр./ ЦНИИМЭ, 1972, № 123, с. 9—25.

Поступила 22 января 1981 г.

УДК 629.11.003.13

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЛЕСОСЕЧНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИХ РАБОТЫ

Я. В. СЛОДКЕВИЧ, А. И. АНДРЕЕВ-ТВЕРДОВ

Московский лесотехнический институт

Опыт внедрения новой лесосечной техники (валочно-пакетирующих, валочно-трелевочных и других машин, базирующихся на шасси существующих трелевочных тракторов) показал определенное несоответствие между прогрессивным технологическим оборудованием и основными параметрами базовых шасси.

Общепринятые методы оценки эффективности новой техники, основанные на сопоставлении экономических показателей вновь создаваемых машин с показателями лучших отечественных и зарубежных аналогов, не решают задачи оптимизации параметров. Поэтому была предложена новая методика обоснования параметров машин, отражающая реальные связи между техническими и экономическими показателями абстрактной машины заданного типа, работающей в различных производственных условиях.

В качестве математической модели выполнения транспортных операций нами было принято уравнение мощностного баланса при равномерном движении транспортного средства по горизонтальному участку пути:

$$N_e = \frac{\{(1 + g_{x.c})[455 + m_{н.у} + (1 + g_{т.о}) km_{гp}] f' + (1 - k) m_{гp} f''\} v K_p g}{\eta_{гp} (0,95 - 0,02 [v]) (1 - \delta) - 0,196 f'' (1 + g_{x.c}) [v] K_p}, \quad (1)$$

- где  $N_e$  — эффективная мощность;  
 $g_{x.c}$  — удельный показатель масс ходовой системы;  
 $m_{н.у}$  — масса грузонаборного устройства;  
 $g_{т.о}$  — удельный показатель масс технологического оборудования;  
 $k$  — коэффициент распределения массы пачки между коником лесотранспортного средства и волоком;  
 $m_{гp}$  — масса трелеваемой пачки;  
 $f'$  — коэффициент сопротивления качению машины;  
 $f''$  — коэффициент сопротивления волочению пачки;  
 $v$  — скорость движения груженой машины;  
 $K_p$  — коэффициент резерва мощности;  
 $g$  — ускорение свободного падения;  
 $\eta_{гp}$  — коэффициент полезного действия трансмиссии;  
 $[v]$  — безразмерный коэффициент, численно равный значению скорости (м/с);  
 $\delta$  — коэффициент буксования.

Особенностями предлагаемого уравнения (1) являются учет влияния скорости на коэффициент полезного действия, а также вычисление массы лесотранспортного средства дифференцированно в виде суммы масс составляющих его агрегатов и систем:

$$m_{л.тр.ср} = m_{с.ш} + m_{т.о} = m_{дв} + m_{тр} + m_{х.с} + m_{т.о}, \quad (2)$$

где  $m_{л.тр.ср}$  — масса лесотранспортного средства;

$m_{с.ш}$  — масса самоходного шасси;

$m_{т.о}$  — масса технологического оборудования;

$m_{дв}$  — масса двигателя;

$m_{тр}$  — масса трансмиссии;

$m_{х.с}$  — масса ходовой системы.

Каждое слагаемое в уравнении (2) вычисляли через удельный показатель масс.

На основании анализа характеристик существующих автотракторных двигателей без значительного искажения результата можно считать, что

$$m_{дв} = g_{дв} N_e,$$

где  $g_{дв}$  — удельный показатель массы двигателя.

Авторами составлена корреляционная таблица распределения  $m_{дв}$  от  $N_e$  и получено уравнение регрессии гиперболического вида:

$$g_{дв} = 0,0134 + \frac{236}{[N_e]},$$

где  $[N_e]$  — коэффициент, численно равный мощности.

Следовательно, масса двигателя

$$m_{дв} = 236 + 0,0134 [N_e].$$

Аналогично масса трансмиссии

$$m_{тр} = 219 + 0,0066 [N_e].$$

Массу ходовой системы определяли как функцию приходящейся на нее вертикальной нагрузки:

$$m_{х.с} = g_{х.с} (m_{дв} + m_{тр} + m_{т.о} + km_{тр}).$$

Массу технологического оборудования рассчитывали по линейной зависимости

$$m_{т.о} = m_{н.у} + g_{т.о} m_{тр}$$

или для существующих конструкций оборудования считали известной.

Скорость холостого хода машины находили из условия использования полной мощности с учетом реальных ее (скорости) ограничений.

Далее устанавливали значения экономических показателей.

При расчете сменной производительности время погрузки, разгрузки вычисляли по эмпирическим зависимостям, разработанным ЦНИИМЭ для соответствующего типа технологического оборудования, и материалам испытаний подборщика-транспортровщика пачек деревьев.

Цену машины выражали в виде суммы цен составляющих ее агрегатов и систем. При этом цену каждого узла определяли через его

удельные стоимостные показатели, рассчитанные по прейскурантам цен, с учетом расходов на изготовление машин. Влияние объема серии оценивали коэффициентом изменения себестоимости в зависимости от серийности выпуска:

$$\sigma_c = 0,92 + \frac{80}{N},$$

где  $\sigma_c$  — коэффициент серийности;  
 $N$  — число машин в серии.

Это уравнение получено в результате обработки материалов «Отраслевой инструкции определения экономической эффективности».

Для единицы приведения 5000 шт. и средней сменной производительности 100 м<sup>3</sup> получена формула

$$\sigma_c = 0,92 + 0,0008\Pi_{см},$$

где  $\Pi_{см}$  — сменная производительность.

Стоимость содержания машино-смены определяли по статьям расходов. Амортизационные отчисления, расходы на текущие ремонты и технические уходы рассчитывали по действующим методикам пропорционально сроку службы и пробегу за смену:

$$L_{см} = \frac{\Pi_{см}\rho}{m_{гр}} 2L,$$

где  $\rho$  — плотность древесины;  
 $L$  — расстояние трелевки.

Расход горюче-смазочных материалов определяли в зависимости от фактической продолжительности погрузки, разгрузки, трелевки и холостого хода, а также степени использования двигателя по мощности при выполнении этих операций. Далее по известным сменной производительности, стоимости содержания машино-смены и цене машины вычисляли приведенные затраты как конечный критерий эффективности, который и принимали за критерий оптимизации:

$$\Pi_{пр} = C + \frac{\Pi_m}{K_c \Pi_{см}} E_n,$$

где  $C$  — себестоимость;  
 $\Pi_m$  — цена машины;  
 $K_c$  — число рабочих смен в году;  
 $E_n$  — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений.

На остальные показатели эффективности работы (производительность, проходимость, степень механизации и т. д.) в модели накладывали ограничения в соответствии с требованиями, предъявляемыми к данному виду техники.

Переменные, входящие в предлагаемый алгоритм, можно разделить на четыре группы:

1) удельный показатель масс двигателя, удельный показатель масс трансмиссии и др. Факторы этой группы имеют конечный предел оптимизации, определяемый уровнем развития техники и совершенством конструктивных решений;

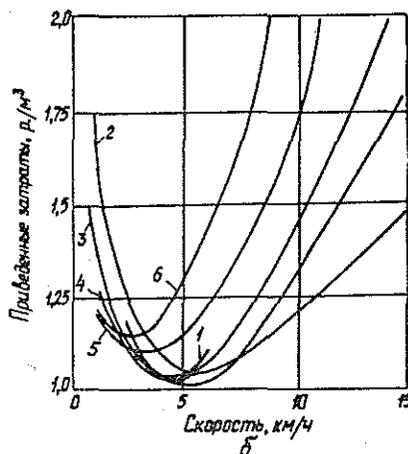
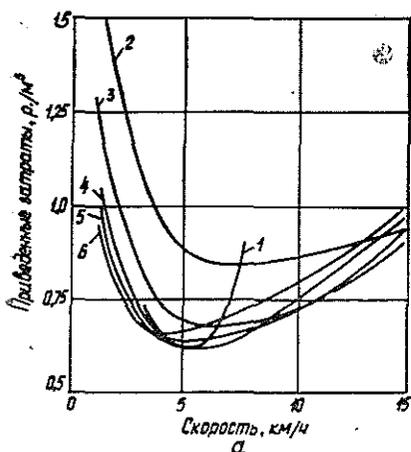
2) коэффициент сопротивления качению машины, коэффициент сопротивления волочению пачки, запас древесины, расстояние трелевки. Эти факторы отражают конкретные производственные условия;

- 3) скорость, масса пачки — оптимизируемые факторы;
- 4) мощность, масса лесотранспортного средства и др. — расчетные параметры.

Приняв значения параметров первой группы из характеристик действующих лесотранспортных машин с учетом перспектив их развития и задавшись производственными условиями в районе намечаемой эксплуатации, получили целевую функцию:

$$P_{пр ij} = \Phi (m_{гр ij}, v_j).$$

Задачу решали на ЭВМ «Минск-32». Для дискретных значений скорости, массы пачки (изменяющихся по шагу) вычисляли и выводили на печать мощность, скорость холостого хода, массу, производительность, цену лесотранспортного средства, а также себестоимость и приведенные затраты операции трелевки для различных расстояний трелевки, запасов древесины и грунтово-почвенных условий.



а — подборщик-транспортёрщик пачек деревьев

$K = 1$ ; б — трелевочный трактор с чокерным оборудованием; 1 —  $P_{пр} = \Phi(m_{гр}; v)$ ; 2 —  $P_{пр} = \Phi(v)$  при  $m_{гр} = 4$  т; 3 —  $P_{пр} = \Phi(v)$  при  $m_{гр} = 8$  т; 4 —  $P_{пр} = \Phi(v)$  при  $m_{гр} = 12$  т; 5 —  $P_{пр} = \Phi(v)$  при  $m_{гр} = 16$  т; 6 —  $P_{пр} = \Phi(v)$  при  $m_{гр} = 20$  т.

В качестве примера на рисунке (а) представлено семейство кривых изменения приведенных затрат для подборщика-транспортёрщика пачек деревьев, при коэффициенте сопротивления качению 0,175 и расстоянии трелевки 900 м, в зависимости от скорости трелевки и массы пачки. Каждая кривая, построенная для определенной массы пачки, имеет минимум, причем с увеличением массы пачки он смещается в сторону меньших значений скоростей. Кроме того, имеется минимум минимумов, по которому и следует определять оптимальные параметры машины выбранного типа. В частности, для подборщика-транспортёрщика пачек деревьев, работающего в описанных условиях, оптимальны следующие параметры (при  $k = 1$ ):  $m_p = 16$  т,  $v = 1,4$  м/с,  $N_e = 125$  кВт,  $m_{х.тр.ср} = 20$  т,  $v_{х.х} = 2,5$  м/с,  $P_{см} = 160$  м³,  $C_M = 16851$  р.,  $P_{пр} = 0,6365$  р./м³.

Результаты аналогичных расчетов для трелевочного трактора, оснащенного чокерным оборудованием, представленные на рисунке (б), показали, что минимум приведенных затрат в этом случае соответ-

вует меньшим массам пачки и скоростям, а сами приведенные затраты значительно больше.

Оптимальные параметры трелевочного трактора, рассчитанные по рассмотренному алгоритму для средних условий эксплуатации, оказались близки к параметрам трактора ТТ-4. Это косвенно подтверждает правомерность методики, так как за длительный срок эксплуатации лесотранспортные машины данного типа достигли определенного совершенства.

Анализ показал, что с ростом расстояния трелевки и коэффициента сопротивления качению приведенные затраты интенсивнее увеличиваются для машин с меньшей допустимой массой пачки.

### *Выводы*

Предлагаемая методика позволяет:

1) получить строгие математические зависимости, связывающие основные параметры машины, производственные условия и экономические показатели;

2) на стадии проектирования машин определять их оптимальные параметры по критерию приведенные затраты для различных конструктивных вариантов;

3) прогнозировать эффективность новых лесотранспортных машин или конструктивных изменений существующих, с учетом развития смежных отраслей машиностроения на планируемый период;

4) анализировать эффективность различных систем машин.

Поступила 25 марта 1981 г.

УДК 625.721.006.8

## **О РАЗМЕЩЕНИИ СЕТИ ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ В ЛЕСНЫХ МАССИВАХ**

*Б. А. ИЛЬИН*

Ленинградская лесотехническая академия

Дальнейшее развитие методов размещения лесовозных дорог в лесных массивах должно быть направлено на решение задачи максимальной экономии затрат на постройку и содержание сети лесовозных, в первую очередь, временных дорог, при обеспечении эффективной работы транспортных средств.

Анализ затрат на трелевку и транспорт леса показывает, что их минимум может быть достигнут при условии, если единичная стоимость постройки и содержания каждого вида пути, участвующего в транспортном процессе, будет переменной, в зависимости от лесного грузопотока, проходящего через данный участок пути.

На магистральном пути уменьшение стоимости 1 км пути может быть достигнуто на участках с меньшим грузооборотом в результате перехода от двухполосной проезжей части к однополосной, уменьшения ширины обочин, толщины слоев одежды и, наконец, строительства самого отдаленного участка по нормам для веток.

На ветках снижение стоимости 1 км пути может быть достигнуто также уменьшением толщины покрытия и ширины обочин, заменой насыпей слоем нетканого синтетического материала и др. На усах головные участки могут иметь гравийное покрытие, а глубинные — пред-

ставлять собой грунтовые дороги. Здесь могут иметь значение и варианты использования на глубинных участках всех видов путей зимних дорог сезонного действия.

До размещения сети дорог в лесном массиве трудно установить, какой именно грузооборот и срок службы будет иметь тот или иной участок пути. Поэтому для получения необходимых математических зависимостей, отражающих переменный характер единичной стоимости дорог, следует принять в качестве аргумента функции относительное расстояние от точки, где определяется переменная единичная стоимость до пункта примыкания данного пути. С учетом этого, для веток можно принять

$$C_v = (1 - \delta) C_{v \max} + \delta C_{v \min}; \quad (1)$$

$$B_v = B_{v \max} - 0,5\delta (B_{v \max} - B_{v \min}); \quad (2)$$

$$\delta = \frac{l}{D} \sin \alpha, \quad (3)$$

где  $C_v$  — стоимость постройки 1 км ветки на расстоянии  $l$  от магистрали;  
 $B_v$  — средняя стоимость содержания и ремонта 1 км ветки на участке  $l$ , считая от магистрали;  
 $C_{v \max}, C_{v \min}$  — максимальная (у примыкания) и минимальная (в дальнем конце) стоимость постройки 1 км ветки;  
 $B_{v \max}, B_{v \min}$  — максимальные (у примыкания) и минимальные (в конце ветки) расходы на содержание и ремонт 1 км ветки;  
 $\delta$  — относительное расстояние от точки, где определяются значения  $C_v$  и  $B_v$ , до магистрали;  
 $D$  — расстояние от магистрали до границы лесного массива в районе, где намечается прокладка ветки;  
 $\alpha$  — угол примыкания ветки к магистрали.

Основным параметром, которым необходимо пользоваться при размещении технологических лесовозных путей (см. классификацию лесовозных дорог [1]), является оптимальная ширина зоны тяготения к одной ветке.

Используя в качестве критерия оптимальности минимум затрат на постройку и содержание веток и усов и вывозку леса по усам, согласно [2], можно получить

$$d_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{(C_v + \delta r_v B_v) \beta - (C_{yc} + k_{yc} B_{yc})}{30 \gamma_l b_{yc}}}, \quad (4)$$

где  $d_{\text{опт}}$  — оптимальная ширина зоны тяготения;  
 $r_v$  — срок действия всей ветки, лет;  
 $\beta$  — коэффициент, учитывающий частичную прокладку веток по неэксплуатационным площадям и постройку соединительных путей при разветвлениях ( $1,25 > \beta > 1,0$ );  
 $C_{yc}$  — стоимость постройки 1 км уса;  
 $B_{yc}$  — стоимость содержания в исправности 1 км уса;  
 $k_{yc}$  — коэффициент, учитывающий повторное использование уса (если  $d_{\text{опт}} > 2l_d$ , здесь  $l_d$  — длина отводимой лесосеки);  
 $\gamma_l$  — ликвидный запас леса на 1 га эксплуатационной площади;  
 $b_{yc}$  — стоимость вывоза леса по усам, р./( $m^3 \cdot км$ ).

Формула (4) применима в случаях, когда  $C_B$  и  $B_B$  не зависят от размеров грузооборота. Для учета переменного характера перечисленных величин подставим в нее значения  $C_B$  и  $B_B$  из (1) и (2) и получим

$$d_{\text{опт}} = \left( \frac{[C_{B \max}(1-\delta) + \delta C_{B \min}] \beta + \delta \beta r_B [B_{B \max} - 0,5\delta(B_{B \max} - B_{B \min})] - C_{yc} - k_{yc} B_{yc}}{30 \gamma_{л} b_{yc}} \right)^{0,5} \quad (5)$$

Значения  $C_{yc}$  и  $B_{yc}$  по сути также зависят от  $\delta$ . При  $\delta = 0$  (у магистрали), как видно из формулы (5),  $d_{\text{опт}} = \max$ , следовательно, здесь длина уса наибольшая. Общий грузооборот уса возрастает с увеличением его длины. Соответственно должна быть большей и единичная стоимость постройки головного участка уса. Например, головной участок уса (особенно при работе более одного года) должен иметь гравийное покрытие, а его конец — не иметь такового [грунтовая проезжая часть или покрытие из инвентарных щитов (плит)].

Если обозначить  $C_{yc \max}$  — стоимость постройки 1 км головного участка уса,  $C_{yc \min}$  — то же его конца и  $C_{yc \text{ ср}}$  — среднюю стоимость постройки 1 км длинного уса в районе примыкания ветки к магистрали (т. е. при  $\delta = 0$ ), то средняя стоимость постройки 1 км уса, примыкающего к ветке в любом месте, равна:

$$C_{yc} = (1 - \delta) C_{yc \text{ ср}} + \delta C_{yc \min} = 0,5(1 - \delta)(C_{yc \max} + C_{yc \min}) + \delta C_{yc \min} = 0,5[(1 - \delta) C_{yc \max} + (1 + \delta) C_{yc \min}]. \quad (6)$$

Для усов можно принять  $B_{yc} = \text{const}$ . Удорожание единичной стоимости строительства уса обеспечит увеличение скорости движения лесовозных поездов. С учетом этого

$$B_{yc} = \frac{2Mk_{уд}}{(T - t_{п.з}) k_B Q_{\text{пол}} v} = \frac{A}{(1 - \delta) v_{\max} + \delta v_{\min}}; \quad (7)$$

$$A = \frac{2Mk_{уд}}{(T - t_{п.з}) k_B Q_{\text{пол}}}, \quad (8)$$

где  $T$  — продолжительность рабочей смены, ч;  
 $t_{п.з}$  — подготовительно-заключительное время, ч;  
 $k_B$  — коэффициент использования рабочего времени;  
 $Q_{\text{пол}}$  — полезная нагрузка на автопоезд, м<sup>3</sup>;  
 $M$  — стоимость машино-смены автопоезда (с зарплатой водителя и накладными расходами);  
 $k_{уд}$  — коэффициент удорожания машино-смены поезда при работе на усах (2,0—3,5);  
 $v_{\max}$  — средняя скорость движения поездов на усах, примыкающих к головному участку ветки, км/ч;  
 $v_{\min}$  — скорость движения поездов на усах, примыкающих к дальнему концу ветки, км/ч.

Подставив значения  $C_{yc}$  и  $B_{yc}$  в формулу (4), окончательно получим:

$$d_{\text{опт}} = \left[ \frac{(1 - \delta) v_{\max} + \delta v_{\min}}{30 \gamma_{л} A} \{ [C_{B \max}(1 - \delta) + \delta C_{B \min}] \beta + \delta \beta r_B [B_{B \max} - 0,5\delta(B_{B \max} - B_{B \min})] - 0,5k_{c.п} - [C_{yc \max}(1 - \delta) + C_{yc \min}(1 + \delta)] - k_{yc} B_{yc} \} \right]^{0,5}, \quad (9)$$

где  $k_{с.п}$  — коэффициент, введенный для учета увеличения строительной длины усов в случае их разветвления.

Пользуясь формулой (9), можно определить оптимальную ширину зоны тяготения участка лесного массива к намечаемой ветке на любом относительном расстоянии от магистрали. Например, у магистрали, т. е. при  $\delta = 0$

$$d'_{\text{опт}} = \left[ \frac{v_{\text{max}}}{30\gamma_{\text{л}}A} \{ \beta C_{\text{в max}} - 0,5k_{с.п} (C_{\text{ус max}} + C_{\text{ус min}}) - k_{\text{ус}}B_{\text{ус}} \} \right]^{0,5}, \quad (10)$$

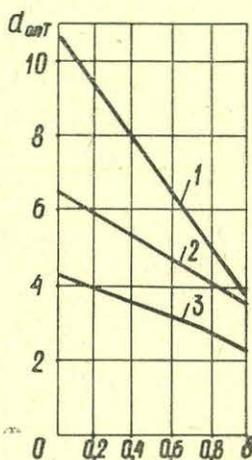
а у границы лесного массива при  $\delta = 1$  и  $\beta = 1$

$$d''_{\text{опт}} = \left[ \frac{v_{\text{min}}}{30\gamma_{\text{л}}A} \{ C_{\text{в min}} + 0,5r_{\text{в}} (B_{\text{в max}} + B_{\text{в min}}) - k_{с.п}C_{\text{ус min}} - k_{\text{ус}}B_{\text{ус}} \} \right]^{0,5}. \quad (11)$$

Сравнивая формулы (10) и (11), можно видеть, что по мере удаления от магистрали (роста  $\delta$ ) оптимальная ширина зоны тяготения

Рис. 1. Зависимость  $d_{\text{опт}}$  от  $\delta$ .

1 — для дорог с единичной стоимостью строительства  $C_{\text{в max}} = 40\,000$  р. и  $C_{\text{в min}} = 12\,000$  р.;  
2 — то же для  $C_{\text{в max}} = 20\,000$  р. и  $C_{\text{в min}} = 6\,000$  р.; 3 — то же для  $C_{\text{в max}} = 8\,000$  р. и  $C_{\text{в min}} = 3\,000$  р. Запас леса на 1 га — 150 м<sup>3</sup>.



уменьшается, соответственно, удельная густота сети веток и усов возрастает (рис. 1). Очень большое влияние на  $d_{\text{опт}}$  оказывают запас леса на единице площади, единичная стоимость строительства ветки и скорость движения поездов на усах.

Ширину оптимальной зоны тяготения леса к одному усу можно определять по известной формуле [2]:

$$d_{\text{опт. ус}} = \sqrt{\frac{C_{\text{ус}} k_{с.п} + B_{\text{ус}} k_{\text{ус}}}{100\gamma_{\text{л}} b_{\text{тр}} \mu}}, \quad (12)$$

где  $C_{\text{ус}}$  — переменная стоимость постройки 1 км уса (принимается в зависимости от  $\delta$ , близости границы зоны тяготения, типа местности, почвогрунта и т. п.);

$b_{\text{тр}}$  — стоимость трелевки леса (переменная часть), р./ (м<sup>3</sup> · км);

$\mu$  — коэффициент, равный отношению среднего расстояния трелевки к расстоянию между усами (0,25—0,5, в зависимости от принятой схемы волоков на лесосеке). Остальные обозначения см. выше.

На рис. 2 представлена принципиальная схема размещения технологических путей в пределах зоны тяготения участка лесного массива

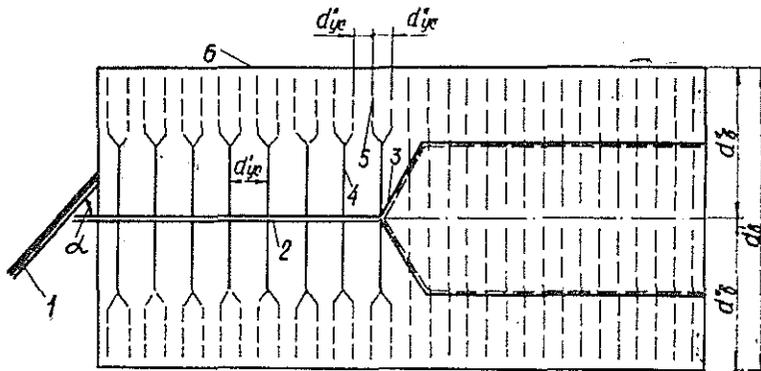


Рис. 2. Принципиальная схема размещения технологических путей в пределах одной подсистемы.

1 — магистраль; 2 — головной участок ветки; 3 — сгущение веток в удаленной части подсистемы; 4 — ус первого порядка (повышенной стоимости строительства); 5 — усы второго порядка (дешевые); 6 — граница зоны тяготения леса к ветке (грузообразующей площади). Условно принято, что  $d_{\text{опт}} = 2d_{\text{опт}}^*$ .

к одной ветке первого порядка, примыкающей к магистрали. Совокупность этих путей образует подсистему, тесно связанную с технологией лесозаготовок, способами рубки и местными природными условиями данной части лесного массива, а совокупность подсистем образует вместе с магистралью дорожную сеть лесного массива в целом.

Каждая подсистема может отличаться от соседней размерами, дорожными конструкциями на ветках и усах, сезонностью действия и даже применяемым подвижным составом и средствами трелевки. В зависимости от местных условий длинные усы, примыкающие к головному участку ветки, могут иметь ответвления, заходящие в средние лесосеки, и чередоваться с короткими, а на отдельных участках вообще не иметь ответвлений. Последнее замечание относится и к веткам.

При размещении подсистем путей (веток первого порядка) вдоль магистрального пути следует иметь в виду, что минимальное среднее

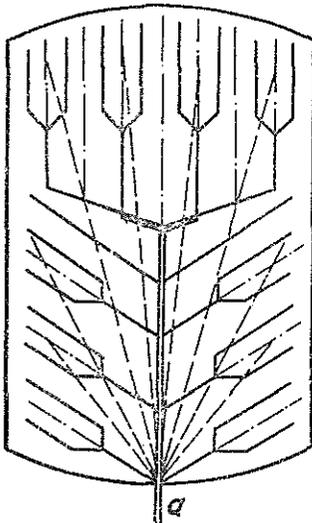


Рис. 3. Комбинированная схема размещения лесовозных путей в лесном массиве. Пунктиром показаны силовые линии тяготения лесных грузов к точке *a* — выхода грузопотока из лесного массива. Усы на схеме не показаны.

расстояние вывозки леса из массива может быть получено при веерной схеме, не применяемой в связи с получением неудобного в технологическом отношении пучка сходящихся в одну точку путей при выходе из массива.

Изучая возможности преодоления этого недостатка веерной схемы, можно убедиться, что в ближайшей к нижнему складу части

лесного массива направления веерных силовых линий тяготения лесного грузопотока к выходу из массива — точке *a* на рис. 3 — достаточно хорошо совпадают со схемой путей в елочку, а в отдаленной части — с вильчатой схемой.

Такая комбинированная схема является наилучшей в равнинной и среднехолмистой местности. Размещение подсистем технологических путей по типу елочки целесообразно в резкопересеченной местности, а при освоении крупных лесных массивов наиболее выгодной может быть сеть путей с несколькими расходящимися магистралями [2].

Изложенный метод размещения лесовозных путей, обеспечивая наиболее полное использование затрат на постройку сети временных дорог, одновременно позволяет значительно уменьшить расстояние трелевки леса, за счет постройки густой сети дешевых путей.

Полученные математические зависимости, в частности формулы (1), (2), (9), могут быть полезными при разработке автоматизированных систем размещения лесовозных путей с применением ЭВМ. В частности, они позволяют улучшить известную систему «Сеть», разработанную КарНИИЛПом, которая предусматривает единичные стоимости постройки путей различных видов устанавливать для каждого квартала сырьевой базы (дуги графа) без достаточных обоснований, по сравнению с лицом, заполняющего формы исходных данных для ввода в машину.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ильин Б. А. Классификация лесовозных дорог. — В кн.: Лесоэксплуатация и лесосплав, 1980, № 12. (Науч.-техн. реф. сб./ВНИПИЭИлеспром). [2]. Ильин Б. А., Корунцов М. М., Кувалдин Б. И. Проектирование, строительство и эксплуатация лесовозных дорог. — М.: Лесн. пром-сть, 1971.

Поступила 19 февраля 1981 г.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ  
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 531.3.001.57

КРИТЕРИИ ПОДОБИЯ И ФОРМУЛЫ ПЕРЕСЧЕТА  
ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ РАЗЛИЧНЫХ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

О. П. АФАНАСЬЕВ

Московский лесотехнический институт

В работе [1] подробно рассмотрено моделирование динамических процессов в лесозаготовительных машинах на примере гидроманипулятора валочно-трелевочной машины. В данной статье рассмотрены возможности моделирования в других технологических процессах.

Моделирование процессов в сушильных камерах. Задача оптимизации процесса сушки древесины решается с целью выбора конструкций сушильных камер, обеспечивающих качественную сушку при минимальных затратах средств и времени. Существенную помощь в решении этой задачи могут оказать методы моделирования.

В сушильных камерах протекают следующие процессы: принудительная и (или) естественная конвекция воздуха; теплопередача в воздухе и твердых телах; фазовые переходы при испарении (или конденсации) жидкости; капиллярные явления, коробление материала и другие. Все эти процессы невозможно моделировать одновременно, поэтому целесообразно рассмотреть только часть их. Если, например, достаточно точно смоделировать конвекцию и теплообмен, то с помощью соответствующих измерений на модели можно определить распределение температур и скоростей потока воздуха, а также распределение температур в материале, подлежащем сушке; этих сведений достаточно, чтобы в других экспериментах исследовать скорости сушки, процессы коробления и другие.

Ниже приведен выбор критериев подобия, выдерживание которых обеспечивает подобие процессов конвекции и теплопередачи в сушильных камерах.

Как отмечено в работе [2], движение жидкости или газа описывается уравнением Навье — Стокса (12), а процессы теплопередачи — выражением (13)\*. Но для того чтобы обеспечить подобие процессов, описываемых этими уравнениями, необходимо одновременно выдержать следующие критерии подобия:

$$\begin{aligned} C_8 &= \frac{v_0 t_0}{l_0}; & C_9 &= \frac{p_0}{\rho_0 v_0}; & C_{10} &= \frac{v_0^2}{g_0 l_0}; \\ C_{11} &= \frac{v_0 l_0}{v_0}; & C_{12} &= \frac{k_0 t_0}{C_0 \rho_0 l_0^2}; & C_{13} &= \frac{F_{10} l_0^2}{k_0 T_0}. \end{aligned} \tag{1}$$

Выдержать критерии подобия — это значит сохранить неизменной их величину при переходе от процессов одного масштаба к процессам другого масштаба. Опуская в дальнейшем индекс «0» и обозначая величины, соответствующие натуре, индексом «н», а величины, соответст-

\* В работе [2] и данной работе физические величины обозначены одинаково.

вующие модели, — индексом «м», из уравнений (1) можно получить следующие формулы пересчета:

$$\begin{aligned} \frac{v_M t_M}{l_M} &= \frac{v_M t_M}{l_M}; & \frac{P_M}{P_H} &= \frac{\rho_M v_M^2}{\rho_H v_H^2}; \\ \frac{v_M^2}{v_H^2} &= \frac{g_M l_M}{g_H l_H}; & \frac{v_M}{v_H} &= \frac{v_M l_H}{v_H l_M}; \\ \frac{t_M}{t_H} &= \frac{C_M \rho_M l_M^2 k_H}{C_H \rho_H l_H^2 k_M}; & \frac{T_M}{T_H} &= \frac{F_{1M} l_M^2 k_H}{F_{1H} l_H^2 k_M}. \end{aligned} \quad (2)$$

Предполагая, что в модели и натуре применяют одни и те же материалы, и пренебрегая влиянием естественной конвекции (влиянием силы тяжести), из выражений (2) получаем следующие формулы пересчета:

$$\begin{aligned} \frac{v_M}{v_H} &= \frac{l_H}{l_M}; & \frac{t_M}{t_H} &= \frac{l_M^2}{l_H^2}; \\ \frac{P_M}{P_H} &= \frac{l_H^2}{l_M^2}; & \frac{T_M}{T_H} &= \frac{F_{1M} l_M^2}{F_{1H} l_H^2}. \end{aligned} \quad (3)$$

Так как модельные размеры меньше натуральных, можно утверждать, что на модели продолжительность процессов уменьшается пропорционально квадрату размера. Такое изменение масштаба времени обеспечивает подобие газодинамических процессов (если не учитывать сжимаемость газа) и процессов теплопередачи и теплообмена.

Требования несжимаемости газа накладывают ограничения на выбор минимального размера модели. Учитывая, что в существующих конструкциях сушильных камер давление поступающего в камеру воздуха составляет  $10^2$ — $10^4$  Па, масштаб модели следует ограничить значениями  $1/3$ — $1/10$ .

Третья из формул (3) показывает, что давление (избыточное) в сходственных точках модели возрастает по сравнению с натурой пропорционально квадрату масштаба.

Наконец, последняя из формул (3) связывает абсолютную температуру и интенсивность источников (стоков). Основной сток в рассматриваемом процессе — расход тепла на испарение жидкости. Если бы интенсивность испарения жидкости была пропорциональна квадрату скорости потока газа над поверхностью, то указанная формула выдерживалась бы автоматически при одинаковых абсолютных температурах в сходственных точках модели и природы. Если же экспериментальные данные свидетельствуют об отклонении от указанной квадратичной зависимости, то изменением абсолютной температуры поступающего газа следует добиться выполнения последнего равенства в формулах (3).

Не вдаваясь подробно в процессы, протекающие внутри просушиваемого материала, можно утверждать, что при выполнении перечисленных выше условий с помощью измерений на модели сушильной камеры можно получить достоверные сведения о газодинамических и тепловых параметрах потока газа и о распределении температур внутри элементов конструкции и просушиваемого материала.

Возможно, при более детальном изучении процесса с помощью выполнения дополнительных условий удастся получать на модели и такие интегральные характеристики, как, например, продолжительность сушки.

Моделирование процессов, сопровождающих движение транспортных средств по лесовозным и узкоколейным дорогам. Под транспортными средствами пониманием трактора, автомобиля и железнодорожные составы, которые рассматриваем как совокупность абсолютно твердых тел, соединенных между собой и с основанием с помощью сосредоточенных упругих и демпфирующих элементов как линейных, так и нелинейных. Движение таких систем в пространстве описывается уравнением Даламбера — Лагранжа [2]. Для подобия процессов, описываемых этим уравнением, необходимо выдержать критерии  $C_1$  и  $C_2$  в выражении (19) работы [1]. Если рассматривать движение по абсолютно твердому полотну, то этим и следует ограничиться.

В этом случае из критерия  $C_2$ , с учетом того, что  $g_n = g_m$  вытекает

$$\frac{t_m}{t_n} = \sqrt{\frac{l_m}{l_n}}; \quad \frac{v_m}{v_n} = \sqrt{\frac{l_m}{l_n}}. \quad (4)$$

Условия (4) означают, что модель транспортного средства необходимо выполнить геометрически подобной и обеспечить ее движение со скоростью, отличающейся от натурной в  $\sqrt{l_m/l_n}$  раз.

Для выполнения условия (4) не имеет значения, из какого материала изготовлена модель. Этого и следовало ожидать, поскольку критерий  $C_2$  характеризует относительную величину сил инерции и сил тяжести, которая не зависит от плотности материала. Связь сосредоточенных сил, приложенных в сходственных точках модели и натуре, вытекает из критерия  $C_1$ :

$$\frac{\Phi_m}{\Phi_n} = \frac{\rho_m l_m^3}{\rho_n l_n^3}. \quad (5)$$

Из равенства (5) следует, что силы сухого трения на модели должны уменьшаться пропорционально кубу размеров (подразумевается, что модель меньше натуре), а коэффициенты жесткости пружин — пропорционально квадрату размеров. Если применяется гидравлический демпфер, то его коэффициент сопротивления должен уменьшаться пропорционально размеру в степени 5/2.

Модель, удовлетворяющая перечисленным выше условиям, при движении по твердому основанию воздействует на него с силами, подобными натурным; подобны также силы взаимодействия между элементами модели.

Требования полного геометрического подобия в рассматриваемом случае можно ослабить; достаточно обеспечить подобие присоединительных размеров, центровки, направлений главных осей инерции и моментов инерции относительно этих осей. Подобные моменты инерции определяем из условия

$$\frac{I_m}{I_n} = \frac{\rho_m l_m^5}{\rho_n l_n^5}. \quad (6)$$

Изучение на модели целесообразно, по-видимому, только при наличии в системе значительных нелинейностей (нелинейного сопротивления, люфтов и т. п.), в противном случае следует применять достаточно разработанные методики расчета.

Большой интерес для исследователя представляет движение транспортных средств с учетом податливости основания. В этом случае задачу моделирования можно представить двояко: во-первых, рассматривая транспортные средства как совокупность абсолютно твердых тел

(в более общем случае — как совокупность линейно-упругих твердых тел) и зная свойства натуральных грунтов, определить требуемые свойства модельных грунтов из условия обеспечения подобия деформаций и сил; во-вторых, имея образцы натуральных грунтов и некоторые предположения относительно их свойств, сформулировать требования к модели транспортных средств.

В первом случае должны быть известны плотность грунта, его рельеф, остаточная деформация, а также зависимость силы сопротивления деформации и ее скорости (возможно, от направления деформации). Пусть упомянутые зависимости имеют вид

$$\Phi_1 = \Phi_{1max} f_1 \left( \frac{x}{x_{max}} \right) l^2; \quad (7)$$

$$\Phi_2 = \Phi_{2max} f_2 \left( \frac{v}{v_{max}} \right) l^2, \quad (8)$$

где  $\Phi_1$  — сила, зависящая от значения деформации;  
 $\Phi_2$  — сила, зависящая от скорости деформации;  
 $\Phi_{1max}$  — давление при максимальной деформации;  
 $\Phi_{2max}$  — давление при максимальной скорости деформации;  
 $l$  — характерный размер площадки, на которую действует сила.

Для подобия необходимо, чтобы перемещения были геометрически подобны, силы  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$  удовлетворяли условию (5), а скорости — условию (4). Следовательно, из выражений (5), (7), (8) имеем:

$$\frac{\Phi_1^M}{\Phi_1^H} = \frac{\Phi_{1max}^M f_1^M l_M^2}{\Phi_{1max}^H f_1^H l_H^2} = \frac{\rho_M l_M^3}{\rho_H l_H^3};$$

$$\frac{\Phi_2^M}{\Phi_2^H} = \frac{\Phi_{2max}^M f_2^M l_M^2}{\Phi_{2max}^H f_2^H l_H^2} = \frac{\rho_M l_M^3}{\rho_H l_H^3}.$$

Чтобы описанные равенства выполнялись при любых значениях  $x$  и  $v$ , необходимо

$$f_1^M \equiv f_1^H; \quad f_2^M \equiv f_2^H,$$

причем  $v_{max}$  в выражении  $f_2$  должно удовлетворять соотношению (4). В этом случае для  $\Phi_{1max}$  и  $\Phi_{2max}$  имеем

$$\frac{\Phi_{1max}^M}{\Phi_{1max}^H} = \frac{\rho_M l_M}{\rho_H l_H}; \quad \frac{\Phi_{2max}^M}{\Phi_{2max}^H} = \frac{\rho_M l_M}{\rho_H l_H}. \quad (9)$$

Это и есть основные требования, предъявляемые к свойствам модельного грунта. К этому необходимо добавить, что максимальные и остаточные деформации при воздействии сил, удовлетворяющих (9), должны быть геометрически подобны, а плотность изменяется так же, как плотность материала модели транспортных средств.

Следует отметить, что при рассмотрении транспортных средств как совокупности линейно-упругих тел отличия будут только в ограничениях на выбор плотности материала модели.

В качестве примера моделирования в случае, когда грунт модели задан, можно рассмотреть движение автолесовоза по лежневой дороге или движение железнодорожного состава по узкоколейной дороге.

Если грунт рассматривать как линейно-упругое основание (а в противном случае пришлось бы вернуться к предыдущей задаче), то указанную задачу можно трактовать как задачу о деформациях балки, лежащей на упругом основании, движение которой описывается уравнением\* [3]:

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} \left( EI \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} \right) + kby + \mu \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = q(x, t). \quad (10)$$

Здесь  $x$  — координата, отсчитанная вдоль оси балки;  
 $E$  — модуль Юнга;  
 $J$  — геометрический момент инерции поперечного сечения;  
 $y$  — отклонение оси балки от нейтрального положения;  
 $k$  — коэффициент упругости единицы площади основания;  
 $\mu$  — погонная масса балки;  
 $t$  — время;  
 $q(x, t)$  — внешняя нагрузка (давление транспортных средств);  
 $b$  — поперечный размер балки (шпалы или лежневки).

Записывая уравнение (10) в безразмерной форме, получаем три критерия подобия:

$$C_{14} = \frac{EI t^2}{\mu l^4}; \quad C_{15} = \frac{EI}{kl^5}; \quad C_{16} = \frac{kl^2}{q}.$$

Добавляя к этим величинам критерии  $C_1$  и  $C_2$ , описывающие движение абсолютно твердых тел, и учитывая, что ускорение силы тяжести в модели и натуре одинаково и грунт в модели и натуре один и тот же, т. е.

$$g_M = g_H; \quad k_M = k_H,$$

получаем следующие формулы пересчета:

$$\begin{aligned} \frac{(EI)_M}{(EI)_H} &= \frac{l_M^5}{l_H^5}; & \frac{q_M}{q_H} &= \frac{l_M^2}{l_H^2}; & \frac{\Phi_M}{\Phi_H} &= \frac{l_M^3}{l_H^3}; \\ \frac{t_M}{t_H} &= \sqrt{\frac{l_M}{l_H}}; & \frac{v_M}{v_H} &= \sqrt{\frac{l_M}{l_H}}. \end{aligned} \quad (11)$$

Итак, для моделирования процессов, сопровождающих движение транспорта по настилу лежневки или по полотну узкоколейки, необходимо при одном и том же грунте пропорционально уменьшить все размеры, обеспечить изгибную жесткость полотна (шпал, рельсов, настила, лежневки) в соответствии с первой из формул (11) и обеспечить движение модели транспортного средства со скоростью в  $\sqrt{l_M/l_H}$  раз меньшей, чем в натуре. Тогда прогибы и силы в соответственных точках модели становятся подобными натурным.

Моделирование движения груза, поднимаемого плавучим краном. Плавучие краны применяют как для выполнения погрузочно-разгрузочных операций, так и для специфических лесозаготовительных операций, в частности, для расчистки дна рек, захлапленного топляками. В последнем случае нагрузка на кран может иметь существенно нестационарный характер из-за соскальзывания захватов

\* В данном случае задачу о моделировании можно решить, записав критерии  $C_2$ ,  $C_4$  и  $C_6$  по отдельности для грунта, для полотна железной дороги и для транспортных средств и получив с их помощью необходимые формулы пересчета. Но этот путь более громоздкий, чем приведенный ниже, и оставляет меньше произвола в выборе модельных параметров.

грейфера с бревен или резкого освобождения затянутых илом и песком бревен. Изучение поведения плавучего крана и его элементов в натуральных условиях затруднено из-за возможности аварии и трудности выполнения необходимых замеров. Значительно эффективнее подобное исследование можно осуществить на модели.

Движение судна в воде описывается уравнением Навье — Стокса [2]. Соответствующие критерии подобия — Фруда и Рейнольдса

$$Fr = \frac{v^2}{gl}; \quad Re = \frac{vl}{\nu}.$$

Движение груза в пространстве описывается уравнением Даламбера — Лагранжа [2]. Как отмечалось, ему соответствуют критерии подобия

$$C_1 = \frac{\Phi}{\rho l^3 g}; \quad C_2 = \frac{l}{gt^2} = \frac{v^2}{gl} = Fr.$$

В критерии  $C_2$  время заменено с учетом критерия гомохронности из выражения (24) работы [1]. В результате критерий  $C_2$  заменяется критерием Фруда.

Наконец, учет упругих деформаций тросов, стрелы и других элементов конструкции крана, которые описываются уравнениями динамической теории упругости [2], приводит к необходимости выдерживания критериев  $C_3$ ,  $C_4$ ,  $C_5$  и  $C_6$  в выражении (19) [1].

Одновременно выдержать все перечисленные критерии подобия невозможно, поэтому рассмотрим возможности приближенного моделирования исследуемого явления. Считаем корпус судна абсолютно твердым, тогда надобность в моделировании упругих свойств корпуса отпадает, а подобие движения судна в воде обеспечивается при выдерживании лишь трех критериев:  $Fr$ ,  $Re$  и  $C_1$ . Это приводит к следующим формулам пересчета.

Из условия сохранения критерия Фруда при одинаковом ускорении силы тяжести на модели и натуре вытекает

$$\frac{v_M}{v_n} = \sqrt{\frac{l_M}{l_n}}, \quad (12)$$

т. е. скорость на модели меньше, чем в натуре, хотя следует обратить внимание, что длительность характерного процесса на модели, например периода колебаний, при этом тоже уменьшается.

Равенство критерия Рейнольдса в модели и натуре приводит к необходимости уменьшения вязкости жидкости на модели в соответствии с выражением

$$\frac{\nu_M}{\nu_n} = \frac{l_M^2}{l_n^2}.$$

Следовательно, вязкость модельной жидкости должна быть на 1,5—2 порядка ниже натурной. Это можно обеспечить, если подогреть воду на модели до соответствующей температуры.

Наконец, необходимо выдержать критерий  $C_1$ . Отсюда следует, что сосредоточенная сила  $\Phi$  на модели должна уменьшаться пропорционально кубу линейного размера. Исходя из этого условия сформулируем требования к тросу, стреле и колонне крана на модели.

Рассматривая трос как линейно упругую пружину с жесткостью, получим

$$\frac{\Phi_M}{\Phi_n} = \frac{C_M l_M}{C_n l_n} = \frac{l_M^3}{l_n^3}.$$

отсюда

$$\frac{C_M}{C_H} = \frac{l_M^2}{l_H^2}.$$

Но жесткость троса прямо пропорциональна квадрату его диаметра  $d$  и обратно пропорциональна длине троса  $l$ . Следовательно,

$$\frac{C_M}{C_H} = \frac{d_M^2 l_H}{d_H^2 l_M}.$$

С учетом предыдущей формулы получаем

$$\frac{d_M}{d_H} = \left( \frac{l_M}{l_H} \right)^{3/2}.$$

Таким образом, диаметр троса при моделировании изменяется быстрее, чем того требует геометрическое подобие.

Стрелу и колонну (или колонны) крана целесообразно рассматривать как балки переменной жесткости, испытывающие изгибные и крутильные деформации. Эти деформации (деформационные движения) можно описать уравнениями [3]

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} \left( EI \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} \right) + \mu \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = q(x, t); \quad (13)$$

$$\bar{I} \frac{\partial^2 \theta}{\partial t^2} - \frac{\partial}{\partial x} \left( GI_p \frac{\partial \theta}{\partial x} \right) = Q(x, t). \quad (14)$$

В уравнении (13) переменные имеют тот же смысл, что и в выражении (10), а в уравнение (14) входят, кроме того, следующие величины:

$J$  — осевой момент инерции единицы длины балки;

$\theta$  — угол поворота сечения относительно нейтрального положения;

$G$  — модуль сдвига;

$J_p$  — полярный момент инерции поперечного сечения балки;

$Q(x, t)$  — распределенный крутящий момент.

Приведя уравнения (13) и (14) к безразмерному виду, получаем следующие критерии подобия:

$$C_{14} = \frac{EI l^2}{\mu l^4}; \quad C_{17} = \frac{EI}{q l^3};$$

$$C_{18} = \frac{CI_p l^2}{\bar{I} l^2}; \quad C_{19} = \frac{GI_p}{Q l^2}.$$

Критерии  $C_{14}$  и  $C_{18}$  характеризуют влияние распределенных масс стрелы и колонны на их деформационные движения. Влиянием этих факторов при приближенном моделировании можно пренебречь, поскольку более существенны нагрузки от перемещаемого полезного груза. Более существенны критерии  $C_{17}$  и  $C_{19}$ , которые характеризуют изгибную и крутильную жесткость балок при заданной величине внешней нагрузки.

Поскольку, как показывает анализ, распределенная силовая нагрузка  $q$  изменяется пропорционально  $l^2$ , а распределенная моментная

нагрузка  $Q$  — пропорционально  $l^3$ , то на основании критериев  $C_{17}$  и  $C_{19}$  получаем

$$\frac{(EI)_M}{(EI)_H} = \frac{l_M^5}{l_H^5}; \quad \frac{(GI_p)_M}{(GI_p)_H} = \frac{l_M^5}{l_H^5}. \quad (15)$$

Из выражения (15) следует, что если материал модели и натуре одинаков, то поперечные размеры стрелы и колонны на модели должны изменяться по закону

$$\frac{d_M}{d_H} = \left( \frac{l_M}{l_H} \right)^{5/4}.$$

Таким образом, трос, стрела и колонна должны иметь афинное подобие, т. е. соответствующие длины уменьшаются подобно; диаметр элементов, испытывающих простое растяжение-сжатие, снижается пропорционально размеру в степени  $3/2$ , а диаметр элементов, испытывающих изгиб и кручение, — пропорционально размеру в степени  $5/4$ .

Если все же необходимо смоделировать инерционные свойства элементов стрелы и колонны, т. е. выдержать критерии  $C_{14}$  и  $C_{18}$ , то с помощью дополнительных грузов следует обеспечить такое распределение массы и осевого момента инерции, чтобы выполнялись соотношения

$$\frac{\mu_M}{\mu_H} = \frac{l_M^2}{l_H^2}; \quad \frac{\bar{I}_M}{\bar{I}_H} = \frac{l_M^4}{l_H^4}.$$

Данные соотношения вытекают из критериев  $C_{14}$  и  $C_{18}$  с учетом критерия гомохронности и выражения (12).

Итак, для моделирования динамических процессов, характеризующих работу плавучего крана (колебаний судна в воде, деформаций элементов крана и пространственных движений груза), необходимо модель судна изготовить с геометрически подобными наружными обводами (при этом масса, центровка и моменты инерции должны быть такими же, как при полном геометрическом подобии всех элементов судна), модель крана — в соответствии с приведенными выше соотношениями, модель груза подвесить и задать подобные начальные условия (начальное положение и скорость судна и груза). Тогда дальнейшее движение судна и груза, а также динамические нагрузки в сходственных точках будут подобными.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Афанасьев О. П., Пилютик А. Г. Моделирование динамических процессов в лесозаготовительных машинах. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1979, № 4, с. 103—107. [2]. Афанасьев О. П. Физическое моделирование динамических процессов. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 3, с. 70—77. [3]. Бабак И. М. Теория колебаний. — М.: Наука, 1968.

Поступила 18 ноября 1980 г.

УДК 630\*812

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ДИФФУЗИИ С ПОМОЩЬЮ ДИНАМИЧЕСКОГО МОДУЛЯ СДВИГА

Б. П. ЕРЫХОВ, Н. В. ЛИПЦЕВ, В. Е. ЧИБИРЕВ

Ленинградская лесотехническая академия

В работах [3, 8] кинетику структурных изменений в древесине при воздействии высоких температур и давления пара изучали с помощью дистанционного измерения модуля сдвига.

В данном исследовании сделана попытка рассчитать эффективный коэффициент диффузии воды в древесину при гидротермической обработке по изменению динамического модуля сдвига.

Использование традиционных методов определения коэффициента диффузии по расходам воды или других жидкостей через древесину даже при нормальных условиях затруднительно, а при повышенных температурах и давлениях пара в принципе невозможно. Заслуживают внимания косвенные методы оценки диффузионных свойств древесины, один из которых разработан Ю. М. Ивановым [4] и назван деформационным. Переходя от расходов к относительным деформациям разбухания древесины в воде, Ю. М. Иванов получил следующую формулу для эффективного коэффициента диффузии:

$$D = \frac{a^2}{\pi^2} \frac{\ln \frac{\varepsilon_m - \varepsilon_1}{\varepsilon_m - \varepsilon_2}}{t_2 - t_1}, \quad (1)$$

где  $a$  — половина наименьшего размера образца;

$\varepsilon_m$  — предельная деформация разбухания;

$\varepsilon_1$  и  $\varepsilon_2$  — деформации разбухания, соответствующие моментам времени  $t_1$  и  $t_2$ .

В формуле (1) выражение  $\ln \frac{\varepsilon_m - \varepsilon_1}{\varepsilon_m - \varepsilon_2}$  характеризует степень разбухания древесины за время  $t_2 - t_1$  и является логарифмом отношения безразмерных величин  $\Phi_{t_1}$  и  $\Phi_{t_2}$ , определяемых из уравнения:

$$\Phi_{t_i} = \frac{\varepsilon_m - \varepsilon_i}{\varepsilon_m - \varepsilon_0}. \quad (2)$$

По аналогии с безразмерной величиной разбухания  $\Phi_t$  в деформационном методе можно ввести выражение для степени изменения структуры древесины в процессе гидротермической обработки по модулю сдвига

$$\Phi = \frac{G_n - G_p}{G_t - G_p}. \quad (3)$$

Здесь  $G_n$ ,  $G_t$ ,  $G_p$  — соответственно начальный, любой промежуточный и равновесный модули сдвига древесины.

При этом предполагается, что в формуле Ю. М. Иванова показатель  $\Phi_t$  может быть заменен другим показателем  $\Phi$  [формула (3)],

который по аналогии с безразмерной температурой [7] назовем безразмерным модулем сдвига. Окончательная формула для расчета эффективного коэффициента диффузии выглядит так:

$$D = \frac{a^2}{\pi^2} \frac{\ln \frac{G_H - G_1}{G_H - G_2}}{t_2 - t_1} \quad (4)$$

Мы изучали изменение динамического модуля сдвига сосновой и березовой древесины с исходной влажностью не менее 40 %. Диаметр образцов  $9 \pm 0,1$  мм, длина 160 мм, плотность сосновой древесины  $485 \pm 5$  кг/м<sup>3</sup>, березовой —  $575 \pm 5$  кг/м<sup>3</sup>. Температура гидротермической обработки составляла 40, 60, 140, 150, 160, 170 и 180 °С при продолжительности 2, 4, 8, 16, 32, 64 и 128 мин. Исследования проводили в лабораторном автоклаве по методике [8] при скорости нагревания 3 °С в 1 мин.

Полученные результаты представлены в таблице и на рис. 1—4.

Температура, °С	$G_H$ %	$G_p$ %, при продолжительности обработки, мин							$G_D$ %
		2	4	8	16	32	64	128	
20	100,00	97,70	97,47	96,02	93,67	89,72	87,72	84,51	83,04
	100,00	97,01	95,66	92,74	89,77	83,65	80,56	77,20	74,60
40	85,21	83,38	83,05	81,84	79,83	76,88	75,00	73,86	72,22
	84,22	82,91	82,31	81,02	79,82	77,25	75,21	74,75	73,72
60	74,76	73,22	72,90	71,67	70,25	67,79	66,16	65,13	64,57
	69,37	67,16	65,51	63,74	61,62	57,30	55,06	53,18	51,81
140	27,20	26,40	26,01	25,28	24,09	22,87	22,62	22,30	22,10
	20,24	19,18	18,30	17,13	15,43	14,01	13,82	13,61	13,39
150	25,78	24,75	24,23	23,28	21,69	20,19	20,00	19,74	19,42
	18,54	17,46	16,33	15,05	13,30	12,08	11,91	11,78	11,68
160	24,24	23,42	22,95	22,19	20,94	19,88	19,68	—	19,40
	17,13	16,23	15,14	13,95	12,55	11,76	11,76	—	11,60
170	22,45	21,87	21,55	20,96	20,17	19,58	—	—	19,38
	15,17	14,81	13,94	12,38	12,02	11,65	—	—	11,60

Примечание. В числителе данные для сосны; в знаменателе — для березы.

На рис. 1 показано изменение показателей динамического модуля сдвига  $G$  образцов древесины от продолжительности  $\tau$  гидротермической обработки при различных температурах. В качестве примера на рис. 1 показано определение  $G_p$  из опыта (кривая 14). Таким образом, равновесный модуль сдвига древесины соответствует такому значению модуля, когда увеличение продолжительности обработки практически не приводит к снижению его величины. Кривые на рис. 1 построены для продолжительности гидротермической обработки до 32 мин. Данные об изменении модуля сдвига при увеличении продолжительности обработки до 2 ч приведены в таблице. Изменение модуля сдвига образцов воздушносухой (влажность 7 %) сосновой и березовой древесины той же плотности в процессе набухания в воде при 20 °С представлено кривыми 1, 2 на рис. 1.

Как видно из приведенных данных, у березовой древесины при гидротермической обработке модуль сдвига снижается более интенсивно, чем у сосновой (рис. 1) при тех же температурах. Исключение составляет температура 40 °С, при которой у березовой древесины (кривая 4) в интервале продолжительности гидротермической обработки от 2 до 32 мин относительные показатели модуля сдвига выше,

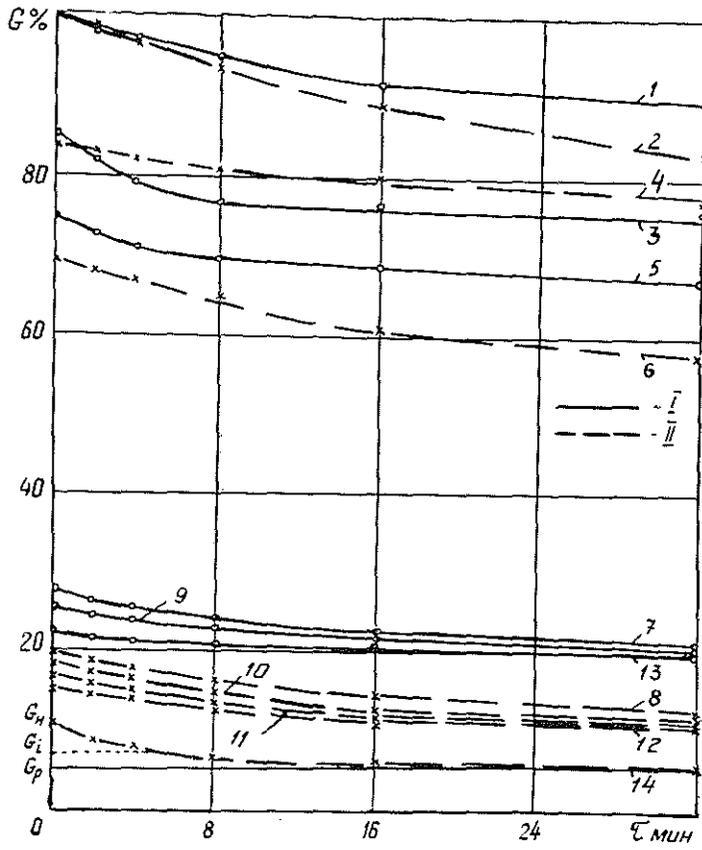


Рис. 1.

*I* — береза; *II* — сосна; 1, 2 — 20 °С; 3, 4 — 40; 5, 6 — 60; 7 — 130; 8 — 140; 9, 10 — 150; 11 — 160; 12, 13 — 170; 14 — 180°С.

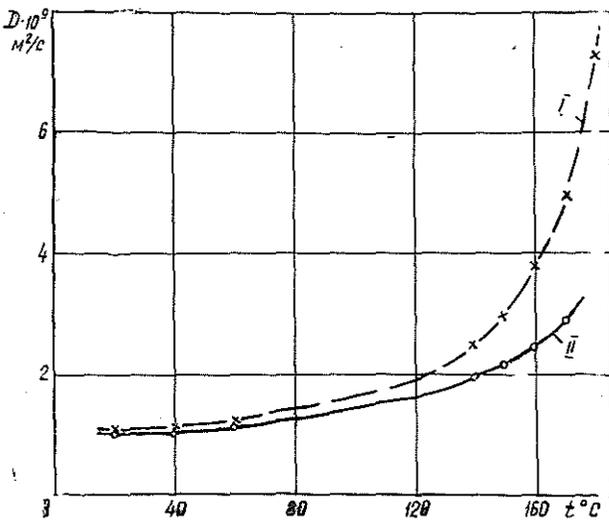


Рис. 2. Зависимость эффективного коэффициента диффузии  $D$  от температуры  $t$  гидротермической обработки древесины.

*I* — береза; *II* — сосна.

чем у сосновой при тех же условиях (кривая 3, рис. 1). Однако и при  $\tau = 0$  относительный показатель модуля сдвига березовой древесины имел меньшие значения, чем сосновой. Возможно, большее снижение модуля сдвига в процессе гидротермической обработки березовой древесины объясняется ее более высокой плотностью, структурными и химическими различиями строения исследуемых пород.

Рассчитанный по результатам эксперимента эффективный коэффициент диффузии с ростом температуры гидротермической обработки от 20 до 180 °С монотонно возрастает для обеих пород (рис. 2) с более высокими значениями для березовой древесины. Для сосновой древесины значения  $D$  изменяются от 1,03 м<sup>2</sup>/с при 20 °С до 2,95 м<sup>2</sup>/с при 170 °С, для березовой — от 1,07 м<sup>2</sup>/с при 20 °С до 7,26 м<sup>2</sup>/с при 180 °С. Расчет эффективной энергии активации по методике [5] показал, что в интервале температур 20—60 °С ее значение составило для сосновой древесины 3,3 кДж/моль, для березовой — 3,1 кДж/моль, что совпадает с опубликованными данными других авторов [4]. В указанном интервале температур показатели процесса диффузии сосновой и березовой древесины очень близки. В интервале температур 140—180 °С эффективная энергия активации для сосновой древесины составила 19,8 кДж/моль, для березовой — 32,9 кДж/моль.

При высокотемпературной гидротермической обработке резкое увеличение коэффициента диффузии объясняется происходящими процессами термодеструкции макромолекул полимеров древесины, в результате чего увеличивается доступ воды в мицеллярные участки углеводов [2, 6]. В целом можно отметить, что значения показателей коэффициента диффузии близки к значениям, приведенным в работе [4]. Получена аналогичная экспоненциальная зависимость увеличения коэффициента диффузии с ростом температуры.

В процессе гидротермической обработки древесины при температурах выше 100 °С в ней могут происходить сложные физико-химиче-

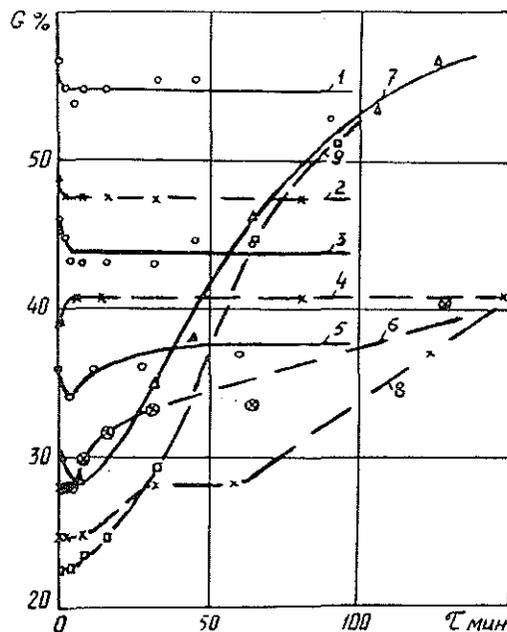


Рис. 3. Зависимость динамического модуля сдвига образцов древесины  $G$  от продолжительности  $\tau$  гидротермической обработки при температурах 80—130 °С.

1 — сосна; 2 — береза; 1, 2 — 80 °С; 3, 4 — 90; 5, 6 — 100; 7 — 110; 8 — 120; 9 — 130 °С.

ские процессы, связанные с изменением состояния составляющих ее полимеров, наличием совместно протекающих процессов размягчения и конденсации. Совместное воздействие этих процессов приводит к изменениям модуля сдвига и соответственно рассчитанного по его показателям коэффициента диффузии. Следовательно, под эффективным коэффициентом диффузии для данных условий эксперимента мы можем понимать некую характеристику структурного состояния древесины.

Весьма интересны изменения модуля сдвига в промежуточном интервале температур 80—130 °С. В этом интервале модуль сдвига образцов древесины возрастает с ростом продолжительности обработки (рис. 3, 4). Указанное anomальное изменение вязко-упругих свойств древесины должно быть рассмотрено отдельно.

Как видно из рис. 3, с увеличением продолжительности выдержки максимальное увеличение упругих свойств сосновой древесины достигается при температуре 110 °С (кривая 7), а березовой — при 130 °С (кривая 9). При 80—90 °С модуль сдвига практически не изменяется с увеличением длительности гидротермической обработки; начиная со 100 °С наблюдалась тенденция к возрастанию модуля сдвига, а при 130 °С для сосновой древесины (рис. 1) и при 140 °С для березовой (табл. 1) этот показатель снижался. Особенно интересны критические температуры (рис. 4): 110 °С для сосны и 130 °С для березы. Относи-

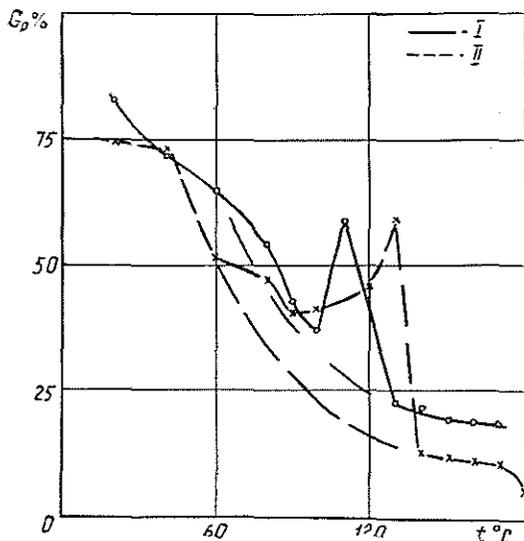


Рис. 4. Зависимость равновесного динамического модуля сдвига  $G_p$  от температуры  $t$  гидротермической обработки древесины.  
I — сосна; II — береза.

тельные величины  $G_p$  достигают 60 % от исходного модуля сдвига до обработки. Понижение показателей модуля сдвига в первые 4 мин обработки объясняется инерцией процесса нагревания. Как показано в работе [3], диапазон температур 80—130 °С соответствует области перехода лигнина из стеклообразного в высокоэластическое состояние, связанное с размораживанием его структуры. Причиной anomального поведения древесины в указанном интервале температур, по-видимому, является то, что в области релаксационного перехода в условиях увеличивающейся сегментальной подвижности происходит продолжение процессов конверсии лигнина, незавершенных в процессе роста древесины [1].

## ЛИТЕРАТУРА

[1]. Гравитис Л. А., Эрншь П. П., Цините В. А. Исследование образования и строения лигнина на основе закономерностей, общих для сетчатых полимеров. — Химия древесины, 1976, № 2, с. 19—27. [2]. Громова Н. А., Ласкеев П. Х., Липцев Н. В. Влияние различных условий размола на физико-химические свойства березовой дефибраторной массы — Реф. информ., 1972, № 13, с. 8—9 (ВНИПИЭИлеспром. Целлюлоза, бумага и картон). [3]. Ерыхов Б. П., Липцев Н. В., Чибирев В. Е. Исследование вязко-упругих свойств древесины применительно к размолу щепы. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1979, № 4, с. 61—65 [4]. Иванов Ю. М. Диффузия в клеточные оболочки древесины. Древесиноведение и защита древесины. — В кн.: Тр. Ин-та. леса и древесины АН СССР. М., 1963, т. LXV, с. 3—19. [5]. Краткая хим. энцикл. — М.: Сов. энцикл., 1967, т. 5, с. 1006—1007. [6]. Ласкеев П. Х., Липцев Н. В., Громова Н. А. Химические и физико-химические изменения древесины сосны при дефибраторном размоле. — Реф. информ., 1973, № 5, с. 8—9. (ВНИПИЭИлеспром. Целлюлоза, бумага и картон). [7]. Обливин А. Н., Воскресенский А. К., Семенов Ю. П. Тепло- и массоперенос в производстве древесностружечных плит. — М.: Лесн. пром-сть, 1978, с. 18. [8]. Чибирев В. Е., Липцев Н. В. Изучение вязко-упругих свойств древесины в процессе гидротермической обработки применительно к производству древесноволокнистых плит. — В кн.: Межвуз, сб. науч. тр. Свердловск: УПИ, 1978; Технология древесных пластиков и плит, с. 73—79.

Поступила 21 июля 1980 г.

УДК 676.2.056.15

## К ВОПРОСУ О ВЫБОРЕ ТОЛЩИНЫ ПЕРФОРИРОВАННЫХ ПЛИТ ПОТОКОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЕЙ НАПОРНЫХ ЯЩИКОВ БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНЫХ МАШИН

А. Г. СИДЕЛЬНИКОВ, А. В. АЛЕКСАНДРОВ, О. А. ТЕРЕНТЬЕВ

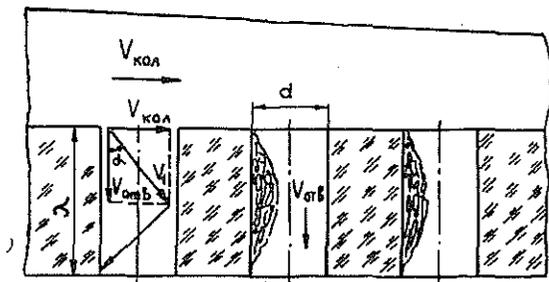
Хабаровский политехнический институт

Ленинградский технологический институт ЦБП

Эффективность работы распределительных систем напорных ящиков бумагоделательных машин определяется равномерностью распределения потока по ширине конструкции и отсутствием поперечных течений. С целью устранения поперечных течений современные конструкции снабжаются элементами для выравнивания потока в виде перфорированных плит, пучков труб и т. п.

Практический интерес представляет выбор минимально необходимой толщины плиты (длины пучка труб) для оптимального выравнивания потока вдоль оси канала.

В качестве исходной принимаем следующую расчетную схему перфорированной плиты (см. рис.).



Поток входит в отверстия плиты под углом  $\alpha$ , который зависит от отношения скорости потока массы в коллекторе потокораспределителя  $V_{\text{кол}}$  к скорости потока массы в отверстиях перфорированной плиты  $V_{\text{отв}}$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{V_{\text{кол}}}{V_{\text{отв}}}. \quad (1)$$

При повороте потока на  $90^\circ$  происходит его отрыв от внутренней стенки, где образуется вихревая зона, которая распространяется на относительной длине  $l/d$  порядка 3—6 [2], значительно поджимая при этом сечение основного потока. Область отрыва потока достигает 0,6 диаметра отверстия [4].

Так как поток входит в отверстие под углом  $\alpha$ , то полагаем, что ядро потока может оторваться от внешней стенки и переместиться к внутренней. Полагаем, что поток в отверстиях подчиняется законам волнового движения. Этот процесс описывается известной формулой [1]

$$a = a_0 \cos \omega t, \quad (2)$$

где  $a$  — текущая амплитуда волнового движения;

$a_0$  — первоначальная амплитуда волнового движения;

$\omega$  — круговая частота;

$t$  — время.

Представленная на рисунке схема течения волокнистой суспензии в отверстиях перфорированной плиты потокораспределителя напорного ящика бумагоделательной машины не учитывает затухания колебаний.

Из принятой схемы определяем длину волны колебания  $\lambda$  следующим образом.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\frac{d}{2}}{\frac{\lambda}{4}}. \quad (3)$$

Здесь  $d$  — диаметр отверстия плиты.

Учитывая формулу (1), получаем

$$\frac{\frac{d}{2}}{\frac{\lambda}{4}} = \frac{V_{\text{кол}}}{V_{\text{отв}}}, \quad (4)$$

откуда

$$\lambda = 2d \frac{V_{\text{отв}}}{V_{\text{кол}}}. \quad (5)$$

При распространении колебаний в реальной среде длина волны колебания изменяется, колебания являются затухающими. В этом случае длину волны колебания, а фактически необходимую минимальную толщину перфорированной плиты можно определить из выражения:

$$\lambda = 2d\beta \frac{V_{\text{отв}}}{V_{\text{кол}}}, \quad (6)$$

где  $\beta$  — безразмерный коэффициент затухания колебания.

Коэффициент  $\beta$  определим из анализа потерь напора при движении потока через перфорированную плиту.

При перетекании волокнистой суспензии через отверстия перфорированной плиты потокораспределителя напорного ящика струя сначала сжимается, а затем расширяется. Потери напора на сужающуюся часть струи для турбулентного потока относительно малы [3]. Поэтому ими пренебрегаем. В основном они сосредоточиваются в пределах расширяющейся части струи. Потеря напора на расширение может быть определена по формуле

$$\Delta h = \xi_p \frac{V^2}{2g}, \quad (7)$$

где  $\xi_p$  — коэффициент сопротивления участка наиболее резкого сужения потока;

$V$  — скорость потока после участка расширения;

$g$  — ускорение свободного падения.

$$\xi_p = (1/\varepsilon - 1)^2. \quad (8)$$

Здесь  $\varepsilon$  — коэффициент сжатия струи.

Исследованиями Мак Ноуна установлена зависимость изменения коэффициента сжатия от соотношения скоростей  $V_{отв}/V_{кол}$ . При изменении  $V_{отв}/V_{кол}$  от 2 до 10 (что характерно для современных распределительных систем) коэффициент сжатия меняется от 0,53 до 0,6 [4].

Отношение  $\Delta h/h$  представляет собой относительную величину потерь напора при движении массы через перфорированную плиту и характеризует значение коэффициента затухания колебания.

$$\beta = \frac{\Delta h}{h} = \xi_p \frac{\frac{V^2}{2g}}{\frac{V^2}{2g}} = \xi_p. \quad (9)$$

Подставив формулу (9) в уравнение (8), получаем

$$\beta = (1/\varepsilon - 1)^2. \quad (10)$$

Отсюда следует, что коэффициент затухания определяется степенью сжатия потока в отводе. Коэффициент сжатия определяем из графиков, полученных Мак Ноуном [4].

Задаваясь значениями  $V_{кол}$ ,  $V_{отв}$  и  $d_{отв}$  и определив коэффициент  $\beta$ , рассчитываем минимальную необходимую толщину плиты:

$$\delta = \lambda = 2d \frac{V_{отв}}{V_{кол}} (1/\varepsilon - 1)^2. \quad (11)$$

Проведенные исследования показали хорошую сходимость расчетных и экспериментальных данных.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Горелик Г. С. Колебания и волны. — М.: Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1958. — 572 с. [2] Идельчик И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. — М.: Машиностроение, 1975. — 559 с. [3] Чугаев Р. Р. Гидравлика. — Л.: Энергия, 1975. — 599 с. [4] Mc Now n I. S. Mechanics of Manifold Flow. Transactions of the American Society of Civil Engineers, 1954, vol. 119, p. 1103—1142.

УДК 674.09-791.8.001.5

## ВЛИЯНИЕ СИСТЕМЫ ПОСТАВОВ НА ДРОБНОСТЬ СОРТИРОВКИ БРЕВЕН ПРИ ОГРАНИЧЕННОМ ЧИСЛЕ ВЫПИЛИВАЕМЫХ СЕЧЕНИЙ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

*Р. Е. КАЛИТЕЕВСКИЙ, И. А. КОНОПЛЕВА*

Ленинградская лесотехническая академия

Внедрение новой технологии в цехах окончательной обработки пиломатериалов и установка современного импортного и отечественного оборудования предъявляют повышенные требования к организации процесса формирования сечений пилопродукции. Эффективность новой техники и технологии зависит от количества сечений пиломатериалов, выпиливаемых на предприятии за определенный оперативный период времени, от величины запасов, обеспечивающих рациональную работу оборудования второго поколения для окончательной обработки пилопродукции (линий типа «ПЛАН—СЕЛЛ» и БТС 30-2), и ряда других факторов.

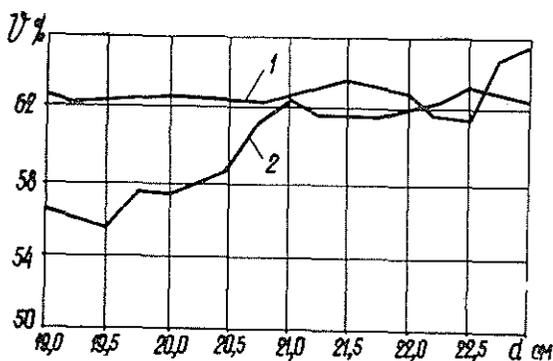
В этих условиях изменилось и отношение к объемному выходу пиломатериалов как к критерию эффективности работы лесопильного предприятия. Появилась необходимость учитывать и другие факторы (производительность труда при том или ином уровне механизации и автоматизации, капитальные вложения и т. д.), конкретные для каждого предприятия. Поэтому в условиях сокращения числа выпиливаемых сечений пиломатериалов нельзя ставить вопрос о максимальном объемном выходе вообще без учета определенных требований и ограничений, характерных для того или иного лесопильного предприятия. Очевидно, на существующих и вновь строящихся предприятиях при сокращении числа выпиливаемых сечений (что вызвано технологическими требованиями) необходимо определить максимально возможный объемный выход пилопродукции и изыскивать резервы для его повышения. В этих условиях необходимо пересмотреть требования не только к раскрою пиловочного сырья, но и к условиям его сортировки, и рассматривать эти два процесса в неразрывной связи.

В настоящее время одним из резервов повышения объемного выхода пиломатериалов считается увеличение дробности сортировки бревен по диаметрам: чем меньше дробность сортировки, тем больше потери объемного выхода пилопродукции\*. Наши исследования показали, что сортировка бревен с дробностью, например, в два четных диаметра ( $\pm 2$  см) в ряде случаев может и не привести к ощутимому уменьшению объемного выхода пиломатериалов даже при выпилке ограниченного числа сечений пилопродукции. Объясняется это тем, что при распиловке сырья одной размерной группы определенным поставом на смежных диаметрах бревен из одного места постава получают доски одной толщины, но разных ширин. При этом можно подобрать такую ширину, при которой сечение доски соответствует заданной спецификации на пилопродукцию, а объем — наибольший из всех возможных вариантов сечений боковых досок. Однако если постав выбран неудачно, то объемный выход на смежных диаметрах за счет подбора ширины

\* Турушев В. Г. Технологические основы автоматизированного производства пиломатериалов. — М.: Лесн. пром-сть, 1975. — 208 с.

боковой доски может и не увеличиться. Повысить объемный выход пилопродукции можно путем подбора рациональной системы поставов для заданных сечений пиломатериалов, а также выбора (на основании расчетов) оптимальной дробности сортировки бревен для каждого конкретного случая. При выборе поставов необходима высокая точность расчетов объемного выхода пиломатериалов, а традиционные расчеты с помощью, например, графиков-квадрантов могут дать ошибку в несколько процентов. Кроме того, расчеты по нескольким вариантам поставов для заданной размерной группы бревен с их градацией через 0,25—0,5 см, необходимые для анализа изменения объемного выхода пилопродукции внутри размерной группы сырья при выборе рационального постава и выполненные вручную, достаточно трудоемки. Для достижения высокой достоверности и точности, а также с целью облегчения расчетов нами использована ЭВМ.

Исследования проводили на базе данных Сегежского ЛДК объединения Кареллесозэкспорт. Учитывали спецификацию на сырье, поступившее на предприятие в 1979 г., а также на пиломатериалы и действующие на комбинате поставы. Расчеты поставов, проведенные для бревен диаметром от 14 до 50 см с шагом дробности 0,25 см по критерию максимального объемного выхода пиломатериалов, показали, что некоторые применяемые на предприятии поставы дают пониженный объемный выход пилопродукции. В ходе работы были подобраны и рассчитаны поставы, дающие сравнительно высокий объемный выход пиломатериалов при условии строгого выполнения спецификации на пилопродукцию.



Изменение объемного выхода пиломатериалов в зависимости от диаметра сырья.

Результаты расчетов для облегчения определения границ размерных групп распиливаемого сырья представлены графически. На графике (см. рис.) показано изменение объемного выхода пиломатериалов при распиловке бревен, входящих в размерную группу диаметров 20—22 см, следующими поставами:

- 1) 19—150—19 (первый проход);  
19—19—50—50—19—19 (второй проход);
- 2) 25—150—25 (первый проход);  
25—25—50—50—25—25 (второй проход).

Как видно из графика, при распиловке сырья по первому поставу объемный выход пилопродукции в пределах данной размерной группы изменяется незначительно, тогда как при распиловке по второму поставу наблюдаются потери объемного выхода пиломатериалов до 7 % (по сравнению с первым поставом) на отдельных диаметрах бревен, входящих в размерную группу. Следовательно, первым поставом можно

распиливать размерную группу бревен в два четных диаметра без существенных потерь объемного выхода пиломатериалов. Применение второго постава в данном случае нецелесообразно, так как для уменьшения потерь объемного выхода пилопродукции его можно использовать только для распиловки бревен размерной группы в один четный диаметр — 22 см. Отсортировка бревен диаметром 21—23 см позволит увеличить средний объемный выход пиломатериалов по размерной группе на 2,1 %, но он будет меньше на 0,62 % по сравнению со средним объемным выходом пиломатериалов при распиловке бревен двух четных диаметров первым поставом.

Для выполнения спецификации на пилопродукцию иногда необходимо применять поставы, дающие высокий объемный выход пиломатериалов при распиловке бревен, составляющих размерную группу в один четный диаметр. При рационально подобранной системе поставов это не приведет к резкому увеличению количества размерных групп распиливаемого сырья, так как некоторые поставы дают возможность группировать сырье в два, а в некоторых случаях в три четных диаметра без существенных потерь объемного выхода пиломатериалов.

На участке окончательной обработки пилопродукции возникнет необходимость выпилки за определенный оперативный период времени только некоторых сечений, входящих в спецификацию на пиломатериалы. При этом на каждый оперативный период времени для заданных сечений необходимо составлять конкретную систему поставов, что повлечет за собой изменение требований к сортировке сырья, т. е. в зависимости от поставов будут меняться границы размерных групп бревен. В некоторых случаях при помощи ЭВМ можно решать и такую задачу: по существующей дробности сортировки бревен с учетом спецификации на пиломатериалы подбирать рациональные системы поставов.

Поступила 17 декабря 1980 г.

УДК 674.093.26.03.003

## РЕЗЕРВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФАНЕРНОГО СЫРЬЯ

Ф. Т. ТЮРИКОВ, Н. Р. ТЕПЛОВА

Воронежский лесотехнический институт

По существующей технологии лущения фанерного сырья при оцилиндровке 20—23 % объема чурака превращается в рванину, которая главным образом используется для получения технологической щепы или как топливо.

Одна из основных причин получения шпона-рванины — сбежистость фанерных чураков. При дефиците в березовом фанерном сырье целесообразнее использовать сбеговую зону для получения неформатных листов шпона заданной толщины.

Экономическая целесообразность использования кускового шпона длиной меньше длины чурака обуславливается:

задачами, связанными со все большим выпуском фанерной продукции для народного хозяйства при ограниченной заготовке сырья; наиболее полной переработкой и целсвым назначением сырья, поступающего на фанерные предприятия;

необходимостью использования неформатных листов шпона при выработке полуфабрикатов по размерам, соответствующим неполноформатной фанере и заготовкам.

Нами проведены теоретические исследования выхода шпона-рванины из сбеговой зоны фанерных чураков при различных величинах сбега и разных толщинах шпона.

При лущении сбеговой части чурака получается шпон, имеющий форму косынки. Для исследования брали фанерные чураки стандартной длины — 1,3; 1,6; 1,91; 2,23; 2,54 м и толщины — 18; 20; 22; 24 см (по ГОСТу 9462—71). Расчеты проводили для четырех величин сбега — 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 см/м. Толщину листа шпона принимали равной (в соответствии с ГОСТом 99—75) от 0,35 до 3 мм, минимальную длину — 800 мм. Поскольку ширина получаемых листов неопределенна, лист шпона в виде косынки условно разбивали на отрезки, имеющие стандартные длины (с градацией 100 мм).

Зная размеры фанерных чураков и длины отрезков шпона, можно определить радиус в нижнем конце чурака для каждой длины листа шпона по следующей формуле:

$$R_n = \frac{l_k(R - R_1) + R_1 l_r}{l_r}, \quad (1)$$

где  $l_k$  — стандартная длина листа шпона, мм;

$R_n$  — максимальный радиус фанерного чурака в нижнем конце, при котором лист имеет длину  $l_k$ , мм;

$R$  — радиус чурака в верхнем конце, мм;

$R_1$  — радиус чурака в нижнем конце, мм;

$l_r$  — длина разлучиваемого фанерного чурака, мм.

Ширину каждого листа шпона  $b_k$ , мм, находили по уравнению

$$b_k = \frac{\pi}{s} (R_n^2 - R_{n-1}^2 + R_{n-1}s - R_n s). \quad (2)$$

Здесь  $s$  — толщина листа шпона, мм;

$R_{n-1}$  — максимальный радиус фанерного чурака в нижнем конце, при котором кусковой шпон имеет следующую стандартную длину, т. е. длину больше предыдущей на 100 мм.

Пример определения радиуса  $R_n$  и ширины  $b_k$ . Разлучивается чурак длиной — 1,3 м, диаметром — 22 см, имеющий сбеги — 1 см/м; толщина шпона — 0,35 мм. По формуле (1) высчитывали радиус чурака, при котором неформатный лист шпона имеет длину 800 мм,

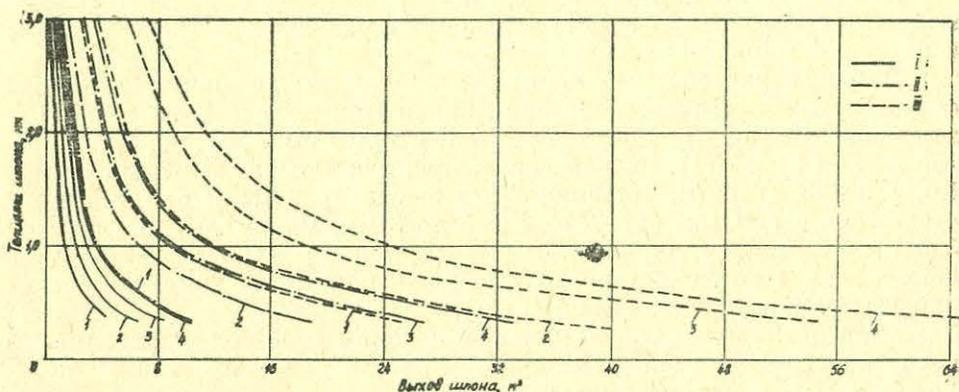
$$R_n = \frac{800(116,5 - 110) + 110 \cdot 1300}{1300} = 112,5 \text{ мм.}$$

Рассчитанный по этой же формуле радиус  $R_{n-1}$ , при котором лист шпона имеет длину 900 мм, равен 112 мм; отсюда находим ширину листа шпона длиной 800 мм.

$$b_k = \frac{3,14}{0,35} (112,5^2 - 112^2 + 112 \cdot 0,35 - 112 \cdot 0,35) = 1005 \text{ мм.}$$

Аналогичным образом подсчитаны последующие размеры неформатного шпона, на основании которых построены графические зависимости выхода неформатного шпона при различной длине чураков и разных сбежистости и толщине листов шпона (см. рис.). Линии, показывающие зависимость для чураков со сбежистостью 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 см/м, обозначены соответственно цифрами 1, 2, 3, 4.

Результаты позволяют сделать вывод, что в отношении такого порока формы фанерных чураков как сбежистость (при отсутствии других пороков) необходимо не ужесточать стандарты, а несколько ослабить их, так как при оснащении станка центровочно-загрузочными приспособлениями и телескопическими шпинделями (при отсутствии осе-



Выход неформатного шпона из фанерных чурочек диаметром 20 см и длиной 1,3; 1,91 и 2,5 м в зависимости от толщины и сбега.

I —  $l_r = 1,3$ ; II — 1,91; III — 2,54 м.

вого сдвига чурачка, перекоса суппорта и других факторов, влияющих на количество потерь) фанерные предприятия располагают возможностью увеличения выхода шпона за счет наиболее полного использования сбеговой зоны фанерных чурочек (приблизительно на 4—8%). Нижний предел выхода относится к фанерным чурочкам, имеющим наименьший сбега, а верхний — к чурочкам с большим сбега.

Поступила 4 февраля 1981 г.

УДК 621.935

## БОКОВАЯ ЖЕСТКОСТЬ И КОЛЕБАНИЯ ЛЕНТОЧНЫХ ПИЛ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ

М. Ю. ВАРАКИН

Ленинградская лесотехническая академия

При эксплуатации ленточнопильных станков в процессе распиловки пилы постоянно подвергаются воздействию внешних возмущающих нагрузок. Последние связаны как с состоянием станка, так и с рядом факторов технологического и инструментального характера. Возникающие при этом отклонения и деформации полотна пилы в совокупности с ее вынужденными колебаниями оказывают влияние на точность распиловки и качество пиломатериалов.

Цель наших исследований — изучить влияние различных факторов на боковую жесткость и колебания ленточных пил. Исследования проводили в лабораторных условиях на экспериментальной установке, представляющей собой модель горизонтального ленточнопильного станка с бесступенчатым регулированием скорости резания (рис. 1).

При проведении экспериментов по изучению боковой жесткости пил принят план Хартли на гиперкубе ( $H_3$ ). Постоянными факторами являлись параметры ленточной пилы ( $B \times \delta \times l = 125 \times 1,2 \times 5880$  мм), угол разворота ведомого шкива ( $\varphi = 0,006$  рад) и величина выставки односторонних направляющих ( $a = 2,5$  мм). Переменные факторы и уровни их варьирования представлены в таблице. В каче-



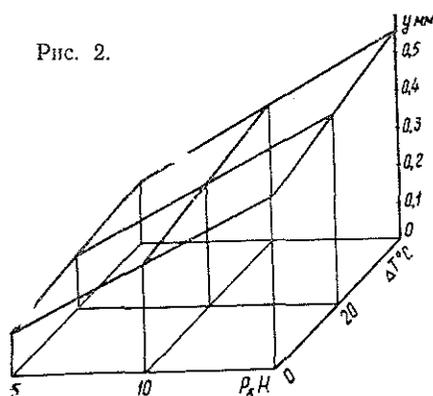
Обработка результатов по методике, изложенной в работе [1], позволила получить уравнение регрессии, которое представляет собой приближенную математическую модель исследуемого процесса и имеет следующий вид:

$$\hat{y} = 0,3251 + 0,1833u_1 - 0,0606u_2 + 0,0378u_3 + 0,1967u_4 + \\ + 0,0089u_5 + 0,0329u_4^2 - 0,0191u_1u_2 + 0,0125u_1u_3 + 0,1044u_1u_4 - \\ - 0,0144u_2u_4 + 0,0141u_3u_4.$$

Анализ этого уравнения показывает, что наибольшее воздействие на отклонение зубчатой кромки ленточной пилы оказывает расстояние между направляющими. Это единственный фактор, чье влияние носит

в исследуемых пределах нелинейный характер. На втором месте находится прикладываемая боковая нагрузка, а на третьем — степень натяжения ленточной пилы (знак «минус» при соответствующем коэффициенте указывает на то, что с ростом натяжения полотна функция отклика уменьшается). Температурный перепад по ширине пилы также оказывает влияние на ее боковую жесткость. Этот фактор по своей значимости находится на четвертом месте.

Рис. 2.



Зависимость отклонения зубчатой кромки пилы  $y$  от температурного перепада  $\Delta T$  при различных значениях боковой нагрузки  $P_6$  показана на рис. 2 ( $\sigma = 100$  МПа;  $L = 1060$  мм;  $v = 19$  м/с). В ходе проведения эксперимента один из переменных факторов — скорость движения ленточной пилы. Несмотря на то, что влияние данного фактора на функцию отклика невелико, все-таки его увеличение приводит к некоторому понижению боковой жесткости ленты. Это можно объяснить возникновением различных центробежных сил, а также падением собственных частот колебаний полотна вследствие увеличения скорости [3].

Рассматривая парные взаимодействия, следует отметить, что некоторые из них существенно влияют на выходной параметр. В частности, коэффициент, характеризующий взаимодействие между боковой нагрузкой и расстоянием между направляющими, весьма велик и превышает по своему значению большинство коэффициентов, присутствующих в уравнении регрессии.

Полученные данные позволяют сделать вывод, что на боковую жесткость ленточных пил влияет целый комплекс факторов. Однако с учетом того, что натяжение ленты, исходя из условий ее долговечности, можно повышать лишь до определенного предела, а изменение скорости резания в свете полученных результатов вряд ли целесообразно, вопросы об увеличении боковой жесткости пил следует решать, применяя особого рода направляющие устройства. Для этого мы предлагаем использовать терморегулирующие односторонние направляющие, которые способны за счет трения подогреть заднюю кромку пилы и тем самым выравнять температурный перепад по ширине полотна, возникающий в процессе распиловки древесины. Применение подобных

устройство позволит повысить работоспособность пил и качество получаемой продукции.

Поскольку вопросы жесткости и устойчивости пил в процессе работы тесно связаны с их колебаниями, нами поставлен ряд дополнительных опытов, цель которых — изучить картины колебаний пилы при различных условиях. Исследования проводили на описанной выше экспериментальной установке. Скорость движения пилы в ходе эксперимента составляла 38 м/с. Неравномерный нагрев по ширине полотна и боковая нагрузка отсутствовали. Остальные же факторы оставались без изменений. Колебания зубчатой и задней кромки ленты регистрировали двумя индуктивными датчиками, соединенными с усилителем ТА-5 и осциллографом Н-105.

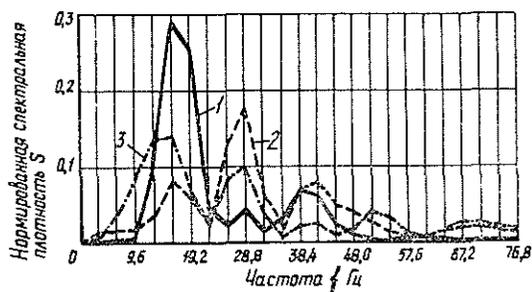


Рис. 3.

1 —  $L = 1670$ ; 2 —  $1060$ ; 3 —  $450$  мм.

Полученные в каждом конкретном опыте осциллограммы обрабатывали методами спектрального анализа [2] с использованием ЭВМ «Минск-32». Выходной параметр при этом — функция спектральной плотности, позволяющая оценить распределение дисперсий амплитуд колебаний по соответствующим частотам. На рис. 3 представлены спектрограммы процесса колебаний зубчатой кромки ленточной пилы при различной свободной длине полотна ( $\sigma = 125$  МПа). Как видно из рисунка, пики спектральных плотностей имеют практически одинаковое расположение, зависящее в основном от характера внешних возмущающих нагрузок. Величина же дисперсии исследуемого процесса (в случае использования односторонних направляющих) заметно уменьшается. Аналогичная картина наблюдается и при других натяжениях пилы. При этом обращает на себя внимание тот факт, что спектры дисперсий (а следовательно, и соответствующие им амплитуды колебаний) зубчатой и задней кромки пилы различаются между собой.

В соответствии с этим можно предположить, что пила в процессе холостого хода испытывает смешанные крутильно-изгибные колебания. Однако анализ осциллограмм показал, что колебания кромки ленточной пилы происходят без сдвига фаз и полотно в исследуемых нами условиях испытывает только изгибные колебания. Разницу в значениях амплитуд для зубчатой и задней кромки можно объяснить характером подготовки ленты, в частности способом ее вальцевания. Наиболее опасные с точки зрения устойчивости пилы крутильные колебания возникают, как выяснилось, при воздействии на нее каких-либо внешних сил. Ими могут быть прикладываемая боковая нагрузка, неравномерный нагрев по ширине полотна, резонансные или близкие к ним скорости резания и другие факторы.

Полученные результаты показывают эффективность использования различного рода односторонних направляющих устройств на ленточно-

пильных станках, что позволяет решать комплексные задачи повышения работоспособности пил в соответствии с условиями их эксплуатации и является действенным средством улучшения качества распиловки древесины на данном виде деревообрабатывающего оборудования.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Богданович Н. И. Расчеты в планировании эксперимента: Учеб. пособие. — Л.: ЛТА, 1978. — 80 с. [2]. Дженкинс Г., Ваттс А. Спектральный анализ и его приложения/ Пер. с англ. В. Ф. Писаренко. — М.: Мир, 1971. Т. 1, 2. [3]. Mote C. D. Some Dynamic Characteristics of Band Saws. — Forest Products Journal, 1965, vol. XV, N 1, p. 37—41.

Поступила 14 апреля 1981 г.

УДК 674.048 : 674.817-41

### ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ФАКТОРОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ САПРОПЕЛЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ ДРЕВЕСНОВОЛОКНИСТЫХ ПЛИТ

В. Б. СНОПКОВ, Т. В. СУХАЯ

Белорусский технологический институт

Сапропель — вещество биогенного происхождения, образующееся на дне пресноводных водоемов из остатков планктонных и бентосных организмов под действием бактериальных процессов при малом доступе кислорода. Такие свойства, как пластичность, липкость, адсорбционная способность, позволили рекомендовать сапропель для использования в качестве связующего.

Известно, что с применением сапропеля можно изготовить термоизоляционные плиты из торфяного очеса, древесных опилок, льняной костры [6], древесной массы [3]. Обработка щелочными растворами аммиака, извести, соды [1] или едким натром [4] приводит к разрыву связей между макромолекулами компонентов сапропеля и повышает его адсорбционную и химическую активность. Полученное таким образом сапропелевое связующее позволяет получать более прочные плитные материалы из опилок, лесосечных отходов, соломы, камыша [1, 2], а также древесностружечные плиты [4]. Сапропель может быть использован и при производстве древесноволокнистых плит (ДВП) мокрым способом [8, 10].

Исследования, проведенные в лабораторных и полупромышленных условиях, показали, что по эффективности сапропель практически не уступает применяемым в настоящее время проклеивающим веществам.

В табл. 1 представлены результаты испытаний образцов ДВП, изготовленных с применением сапропеля (0,6 % к массе волокна) для опытной промышленной выработки ДВП на производственном объединении Витебскдрев.

При анализе состава оборотных вод, отобранных в период выработки, установлено снижение показателей ХПК (химическое потребление кислорода) с 5280 до 3200 мг  $O_2$ /л и БПК (биохимическое потребление кислорода) с 8500 до 6800 мг  $O_2$ /л. Одновременно увеличилось содержание взвешенных веществ с 1430 до 1830 мг/л, что указывает на неполное удержание сапропеля на древесных волокнах.

Дальнейшие исследования показали, что качество ДВП, содержащих сапропель, зависит от ряда технологических факторов, таких как способ приготовления сапропелевого связующего, его дозировка, рав-

Таблица 1

Номер образца	Предел прочности при статическом изгибе $\sigma$ , МПа		Водопоглощение $W^B$ за 24 ч, %	Набухание $W_H$ за 24 ч, %
	после прессования	после термообработки		
1	30,5	40,1	24,9	18,0
2	29,1	39,6	19,1	13,4
3	33,3	40,5	18,8	11,1
4	29,2	40,4	18,4	11,8
5	29,4	42,2	21,8	14,6
6	32,5	40,1	21,8	15,0
Средние показатели ДВП в период выработки	30,6	40,5	20,8	13,9
Средние показатели ДВП до выработки (0,5 % альбумина к волокну)	29,5	40,6	20,4	12,2

номерность распределения сапронелевых частиц в древесноволокнистой массе, вид осадителя, активная кислотность среды, состав оборотных вод.

Зависимость физико-механических показателей ДВП от дозировки сапронеля показана на рис. 1, из которого видно, что наилучшие результаты получаются при введении сапронеля в количестве 0,8—1,0 % к волокну.

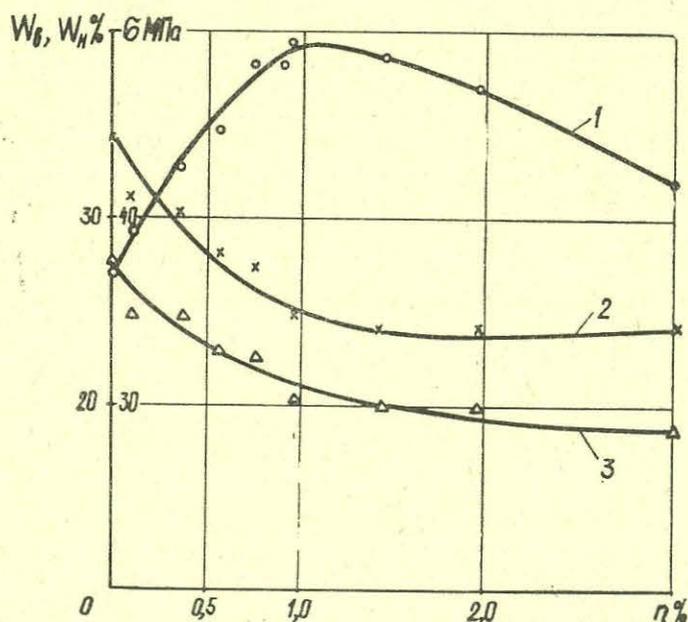


Рис. 1. Зависимость физико-механических показателей ДВП от количества введенного сапронеля.

1 — предел прочности при статическом изгибе; 2 — водопоглощение; 3 — набухание.

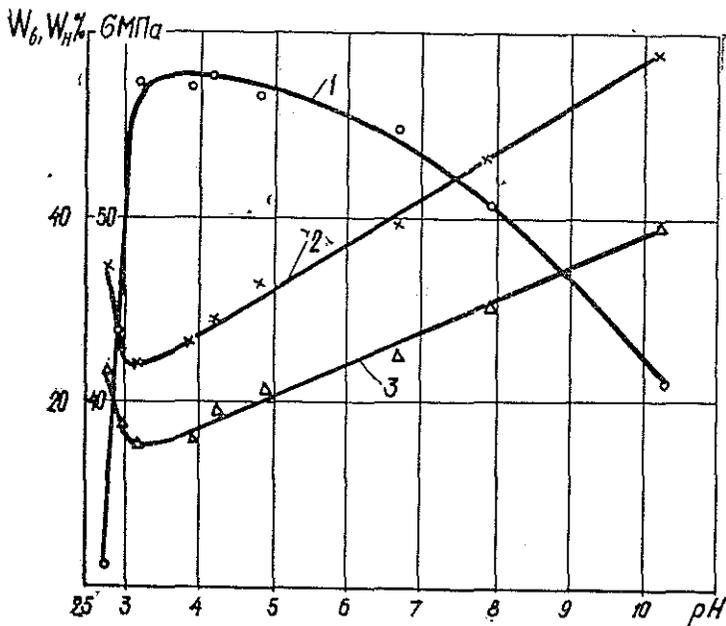


Рис. 2. Зависимость физико-механических показателей ДВП от pH массы при проклейке.

1 — предел прочности при статическом изгибе; 2 — водопоглощение; 3 — набухание.

При изучении влияния активной кислотности среды на качество ДВП, проклеенных сапропелем (1,0 % к волокну), получены зависимости, приведенные на рис. 2. Как показали исследования, клеящая способность сапропеля в наибольшей степени проявляется в умеренно кислой среде при pH = 3,5—5,0. Дальнейшее повышение кислотности приводит к резкому ухудшению прочности и водостойкости плит. Это явление можно объяснить агрегацией сапропелевых частиц в кислой среде, препятствующей равномерному распределению их в древесноволокнистой массе.

Известно, что гранулометрический состав сапропеля может существенно изменяться в зависимости от условий применения и характера дисперсионной среды [5]. Кроме снижения качества проклейки, агрегирование частиц может привести к увеличению скорости их седиментации, что создаст определенные трудности при хранении и транспортировании сапропелевой суспензии.

В связи с этим целесообразно рассмотреть влияние активной кислотности среды, присутствия катионов металлов и продуктов деструкции компонентов древесины, а также обработки диспергатором на дисперсность сапропелевой суспензии.

Дисперсность исследуемых систем изучали методом седиментационного анализа [7]. В опытах использовали сапропель, добытый из озера Судобль (БССР), со следующей характеристикой: содержание органических веществ — 87,9 %; содержание азота — 4,0 %; содержание фракции менее 0,05 мм — 90,9 %; концентрация — 0,156 %. Порог коагуляции определяли по методике [7].

Изучая влияние активной кислотности среды на устойчивость сапропелевой суспензии, необходимое значение pH создавали прибавлением в систему децинормальных растворов HCl и NaCl в требуемом количестве с достижением постоянной ионной силы дисперсионной среды. Влияние загрязненности среды продуктами деструкции

древесины оценивали по сравнительному анализу сапропелевой суспензии, приготовленной на дистиллированной, технической и оборотной воде. Техническую и оборотную воду отбирали в цехе древесноволокнистых плит объединения Витебскдрев и очищали от механических примесей. Концентрат сульфитно-спиртовой барды (СБК) вводили в количестве 10 % от массы абсолютно сухого сапропеля.

Представленные в статье результаты — средние из шести параллельных определений.

В табл. 2 приведены наимвероятнейшие радиусы сапропелевых частиц в различных дисперсионных средах, а также относительная масса осадка, полученного через 8 ч после начала опыта.

Таблица 2

№ п/п	Вид дисперсионной среды	Наличие СБК	Наивероятнейший радиус, мкм	Относительная масса осадка, %
1	Раствор HCl—NaCl, pH = 3,75 ± 0,20	Нет	4,4	47,7
2	То же	Да	3,7	41,4
3	Раствор HCl—NaCl, pH = 6,10 ± 0,10	Нет	2,8	40,4
4	То же	Да	2,2	33,6
5	Дистиллированная вода	Нет	1,9	38,7
6	Техническая вода	"	4,3	48,5
7	Оборотная вода	"	5,7	52,5
8	» »	Да	3,8	47,6

Как видно из полученных результатов, повышение кислотности исследуемой системы приводит к увеличению доли крупных частиц вследствие их агрегирования. Наиболее вероятный радиус сапропелевой частицы при этом увеличивается примерно в 1,5 раза. Естественно, что с увеличением размера частиц возрастает и скорость их осаждения, что полностью подтверждается сравнением относительной массы осадков.

Сравнение опытов 5 и 6, а также 6 и 7 показывает, что наличие в воде растворенных минеральных и органических (продукты деструкции древесины) примесей приводит к укрупнению и увеличению скорости осаждения сапропелевых частиц. Добавка СБК во всех случаях препятствует этому процессу и стабилизирует систему. Видимой коагуляции сапропеля ни в одном из опытов не наблюдалось.

Значения порогов коагуляции сапропелевой суспензии для различных электролитов приведены в табл. 3, из данных которой видно, что сапропелевая суспензия устойчива по отношению к ионам Na и Ca. Если учесть, что допустимая жесткость технологической воды, используемой в производстве ДВП, равна 18°, т. е. 6,4 мг-экв Ca и Mg/л [9], то можно не опасаться преждевременной коагуляции сапропеля при проклейке ДВП по мокрому способу. Порог коагуляции для Al гораздо ниже, поэтому его присутствие в технической и оборотной воде нежелательно.

Проведенные исследования позволяют рекомендовать проклейку ДВП мокрого формирования сапропелем при введении его в древесноволокнистую массу в количестве 0,8—1,0 % к волокну и осаждению на волокнах при pH = 3,5—5,0. Кислотность и наличие в дисперсионной среде минеральных солей и продуктов деструкции древесины в преде-

Таблица 3

Вид электролита	Порог коагуляции, мг экв/л сапропеля	
	без СБК	с добавкой СБК
NaCl	80	95
CaCl <sub>2</sub>	120	160
AlCl <sub>3</sub>	0,012	0,12

лах, характерных для производства ДВП, не вызывают коагуляции сапропеля, хотя и приводят к некоторому увеличению его частиц.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. с. 111023 (СССР). Способ изготовления строительных плит и других изделий/ А. И. Калинин, Я. Т. Аболиньш, А. Ф. Юкна и др. — Заявл. 12.04.57, № 571109. [2]. А. с. 111283 (СССР). Способ изготовления плит из древесных или сельскохозяйственных отходов, камыша, торфа и т. п. материалов/ А. И. Калинин, Я. Т. Аболиньш, А. Д. Юкна, П. Р. Закис. — Заявл. 15.04.57, № 571166. [3]. А. с. 378331 (СССР). Способ изготовления термозоляционных плит/ Я. А. Накрош, П. Р. Закис, А. И. Калинин и др. — Оpubл. в Б. И., 1973, № 19, с. 54. [4]. К вопросу об использовании сапропеля в качестве связующего при получении стружечных плит/ З. М. Сливка, В. С. Позняк, И. В. Сенько, В. Е. Раковский. — В кн.: Химия и генезис торфа и сапропелей. Минск, 1962, с. 309—315. [5]. Лопотко М. З. Сапропели БССР, их добыча и использование. — Минск: Наука и техника, 1974, с. 21—30, 41—45. [6]. Позняк В. С., Сливка З. М., Раковский В. Е. О вяжущих свойствах сапропеля. — В кн.: Химия Белоруссии. Минск, 1960, вып. 1, с. 31—33. [7]. Практикум по коллоидной химии и электронной микроскопии/ Под ред. Воюцкого С. С. и Панич Р. М. — М.: Химия, 1974, с. 44—63, 71—80. [8]. Производство древесноволокнистых плит мокрым способом из древесины лиственных пород/ Т. В. Сухая, М. М. Грушенко, В. Б. Снопков и др. — М., 1977, вып. 5, с. 14—15. — (Экспресс-информ. Плиты и фанера/ ВНИПИЭИлеспром). [9]. Ребрис С. П., Мерсов Е. Д., Евдокимов В. Г. Технология древесноволокнистых плит. — М.: Лесн. пром-сть, 1971. — 138 с. [10]. Снопков В. Б. Проклеивающая добавка — сапропель. — Науч.-техн. реф. сб. Плиты и фанера, 1980, вып. 9, с. 10—11.

Поступила 2 марта 1981 г.

УДК 674.053

### О РАСПРЕДЕЛЕНИИ НАПРЯЖЕНИЙ ВО ВПАДИНАХ ЗУБЬЕВ РАМНЫХ ПИЛ

А. Р. МИХАЙЛОВА

Архангельский лесотехнический институт

С повышением работоспособности рамных пил возрастает производительность лесопильных рам. Внедрение твердых сплавов в практику деревообработки позволило в 3—3,5 раза повысить стойкость режущей кромки инструмента. Вместе с тем увеличенный период работы пил между переточками способствовал развитию микродефектов в макротрещины. Проблема образования трещин наиболее остро возникает в зимний период, когда нагрузки на зуб и полотно в целом значительно возрастают [5]. В этих условиях обеспечение безопасности инструмента целесообразно рассматривать с позиции механики разрушения [8] путем исследования факторов, влияющих на скорость распространения трещин. При таком подходе необходим глубокий анализ напряженного состояния пилы, установление наиболее напряженных точек как потенциальных зон появления трещин. Практика эксплуатации показывает, что дефекты развиваются преимущественно во впадинах зубьев. Цель настоящей работы — анализ напряженного состояния по контуру впадины, возникающего от сил резания и сил монтажного натяжения. Эти результаты необходимы для дальнейших исследований скорости распространения трещины.

Изучению напряжений во впадинах пильных инструментов посвящен ряд работ [2, 3, 9]. Среди них значительное место занимают экспериментальные исследования. Известно, что в местах с высоким градиентом напряжений, в частности во впадине зуба, точность получаемых результатов не является достаточной. Имеющиеся теоретические

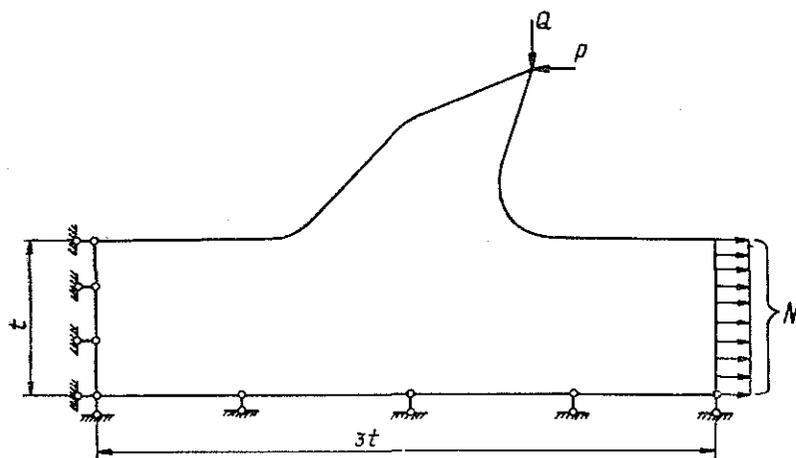


Рис. 1.

работы, как правило, слабо отражают геометрическую форму исследуемого объекта. Как экспериментальные, так и теоретические исследования обычно не учитывают полного комплекса силовых воздействий на зуб пилы.

В данной работе задачу о напряженном состоянии решаем методом конечных элементов, который позволяет наиболее полно отразить сложную геометрическую форму зуба пилы и реализовать в расчетной схеме систему сил, имеющих место в практике эксплуатации инструмента.

Расчетная схема показана на рис. 1. Рассматриваем участок полотна пилы с одним зубом под действием составляющих силы резания  $Q$  и  $P$ , значения которых приняты по данным работы [1] с учетом влияния мерзлой древесины [4]. Помимо силы резания, в расчетной схеме учтена сила натяжения полотна, распределенная по ширине выделенной области. Значения этих сил и исходные данные приведены в табл. 1. Действие соседних зубьев учитывали методом наложения. Алгоритм расчета приведен в работе [6].

Таблица 1

Ход пилы	Угол поворота коленчатого вала $\varphi$ , град	Составляющие силы резания, кН/м	
		$P$	$Q$
Рабочий	30	189,7	52,6
	90	153,3	17,3
	175	337,3	47,8
Холостой	200	-454,1	650
	230	-75,7	154,5
	300	0	0

Примечание. Исходные данные: зуб по ГОСТу 5524—75, материал — сталь 9ХФ,  $h = 20$  мм,  $t = 26$  мм,  $r = 5$  мм,  $S = 2,2$  мм, ширина полотна  $B = 150$  мм, сила натяжения  $N = 60$  кН.

В результате расчета определено напряженно-деформированное состояние в выделенной части пилы от принятой системы сил.

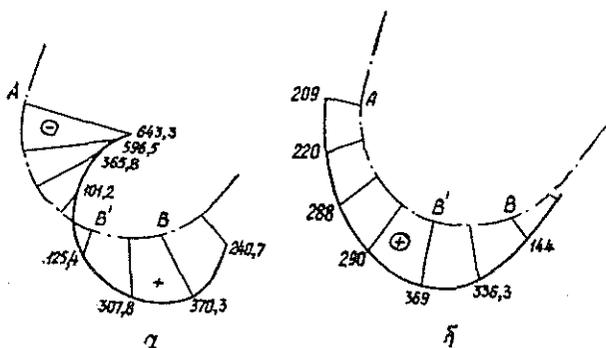


Рис. 2.

*a* — холостой ход пилы (угол поворота коленчатого вала  $\varphi = 200^\circ$ );  
*б* — рабочий ход пилы ( $\varphi = 175^\circ$ ).

На рис. 2 приведены эпюры наибольших контурных напряжений  $\sigma_k$  во впадине зуба от совместного действия напряжения полотна и составляющих силы резания в конце рабочего и в начале холостого хода пилы.

Из представленных эпюр следует, что наиболее напряженная точка сопряжения впадины с передней гранью зуба — точка *A*. В основании впадины наблюдаются две опасные точки с близкими по величине напряжениями: точка *B* — при холостом ходе пилы (рис. 2, *a*) и точка *B'* — при рабочем ходе (рис. 2, *б*). В указанных точках напряжения выражаются зависимостями

$$\begin{aligned}\sigma_{kA} &= 0,643P + (-0,57)Q + 0,106q_N; \\ \sigma_{kB} &= (-0,25)P + 0,04Q + 1,26q_N; \\ \sigma_{kB'} &= 0,235P + (-0,096)Q + 1,62q_N,\end{aligned}\quad (1)$$

где  $P$  и  $Q$  — вертикальная и горизонтальная составляющие силы резания;

$q_N$  — интенсивность силы натяжения по сечению.

Коэффициенты перед силами  $P$  и  $Q$  в выражениях (1) соответствуют напряжениям от единичных значений этих сил.

Из формул (1) можно сделать следующие выводы.

1. Напряжения в опасной точке передней грани (точка *A*) существенно зависят от силы резания. Так, при наибольших нагрузках, испытываемых пилой в конце рабочего и начале холостого ходов ( $\varphi = 175^\circ$  и  $\varphi = 200^\circ$ ), напряжения от сил резания в точке *A* составляют соответственно 91 и 97 % от полного значения напряжений. Следовательно, в опасной точке передней грани напряжения можно определять и без учета силы натяжения полотна.

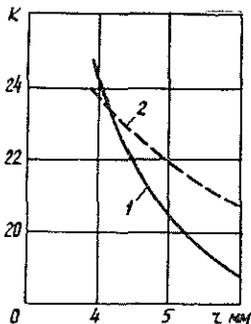


Рис. 3.

2. В наиболее напряженной точке впадины зуба (точка *B* (*B'*)) силы резания значительно повышают уровень напряжений. Так, в начале холостого хода напряжения от сил резания составляют 38 % от полного значения напряжений. В конце рабочего хода доля напряжений от сил резания равна 35,5 %. Следова-

тельно, существующее мнение, что силы резания вносят незначительный вклад в напряженное состояние полотна пилы, не оправдано.

На рис. 3 приведена полученная нами зависимость коэффициента концентрации напряжений в основании впадины от радиуса закругления (кривая 1). Коэффициенты концентрации напряжений  $k$  вычисляли по формуле

$$k = \frac{\sigma_k}{\sigma_n}; \quad \sigma_n = \frac{N}{F},$$

где  $\sigma_k$  — полные контурные напряжения в исследуемой точке;  
 $\sigma_n$  — номинальные напряжения;  
 $N$  — сила натяжения полотна;  
 $F$  — площадь поперечного сечения пилы.

На этом же рисунке показана зависимость, полученная в работе [3] (кривая 2). Здесь расчет коэффициентов концентрации напряжений произведен лишь от действия силы натяжения полотна.

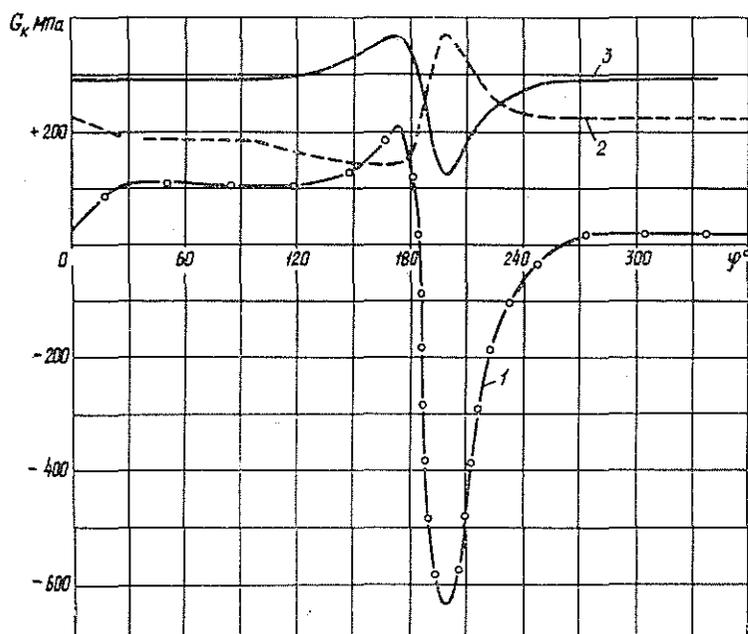


Рис. 4.

1 — напряжения в точке А; 2 — в точке В; 3 — в точке В'.

На рис. 4 приведены эпюры изменения контурных напряжений в опасных точках А, В и В' за полный оборот коленчатого вала. По данным приведенного графика рассчитаны коэффициенты запаса прочности по переменным напряжениям. Предел выносливости  $\sigma_{-1} = 43,5 \times 10^4$  кН/м<sup>2</sup> [7]. Результаты представлены в табл. 2. Расчет по переменным напряжениям показал, что основной коэффициент запаса усталостной прочности в точке А ниже, чем в основании впадины (точка В). В производственной же практике усталостные трещины преобладают в основании впадины. Это можно объяснить тем, что в точке А наибольшие напряжения отрицательные, а, как известно, сжимающие напря-

Таблица 2

Точка	Среднее напряжение цикла $\sigma_m$ , МПа	Амплитудное напряжение $\sigma_a$ , МПа	Характеристика цикла $r$	Коэффициент запаса прочности по временным напряжениям $n$
A	—217	426	—3,1	0,52
B(B')	259	112	0,4	1,46

жения не способствуют росту трещины. Наибольшие же растягивающие напряжения в точке A на 43,2 % меньше, чем в точке B.

Следовательно, основание впадины — зона наиболее вероятного развития трещины, и дальнейшие расчеты прочности рамной пилы методами механики разрушения следует производить для трещины, возникающей в этой зоне.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Боровиков Е. М. Влияние величины подачи на силы резания при распиливании древесины на лесопильных рамах. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1970, № 4, с. 65—71. [2]. Добрынин Е. Д. Концентрация напряжений в ленточных пилах от насечки зубьев. — Деревообаб. пром-сть, 1962, № 4. [3]. Михайлов А. П. Вопросы оценки коэффициента концентрации напряжений во впадине зубьев рамных пил: Тез. докл. участников I науч.-техн. конф. аспирантов и молодых специалистов лесн. и деревообаб. пром-сти. Архангельск, 1973. [4]. Провести производственные испытания образцов рамных пил, обеспечивающих получение пиломатериалов и технологических опилок: Науч. отчет/ ЦНИИМОД; Руководитель темы И. П. Остроумов. — Архангельск, 1972. — 145 с. [5]. Разработка и внедрение технических мероприятий по подготовке и эксплуатации рамных пил на ЦЛДК с целью повышения производительности рам на 10—15 %: Науч. отчет/ Арханг. лесотехн. ин-т; Руководитель темы И. П. Остроумов. — Архангельск, 1980. — 148 с. [6]. Соловьев В. В., Михайлова А. Р., Семенова Л. П. К вопросу исследования напряженного состояния зубьев пильных инструментов методом конечных элементов. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1977, № 6, с. 87—91. [7]. Трубников И. И. Усталостное разрушение полотен ленточных пил. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1965, № 6, с. 91—93. [8]. Черепанов Г. П. Механика хрупкого разрушения. — М.: Наука, 1974. [9]. Ширяев Я. М., Гембицкий М. Я., Лобанов В. М. Исследование напряженного состояния в рамной пиле. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1977, № 1, с. 85—89.

Поступила 6 февраля 1981 г.

## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 676.11.082.1

ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССА ВЫПАРКИ  
НА СОСТАВ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ  
СУЛЬФАТНЫХ ЩЕЛОКОВГРУППОВОЙ СОСТАВ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ  
ЧЕРНЫХ ЩЕЛОКОВ ЛИСТВЕННОГО ПОТОКА КОТЛАСКОГО ЦБКА. И. КИПРИАНОВ, Т. И. ПРОХОРЧУК, Е. Н. КИБАСОВА,  
Л. М. МИТРОФАНОВА

Ленинградская лесотехническая академия

Проблема комплексного использования древесного сырья в сульфатно-целлюлозном производстве обуславливает необходимость исследования состава органических веществ отработанных щелоков, в частности от варок древесины лиственных пород как менее изученных. Данные по количественному групповому составу органических веществ черных щелоков, отобранных на разных ступенях выпарки, позволят проследить за изменениями в количественных соотношениях основных групп веществ и в каждом конкретном случае оценить целесообразность использования тех или иных щелоков в зависимости от поставленной задачи выделения и применения содержащихся в них органических веществ.

Таблица 1

Щелок	Дата отбора	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Сухой остаток	Зола	Органические вещества	Летучие кислоты	рН
			% от массы щелока				
Исходный	09.02.79 г.	1,095	16,21	7,66	8,55	1,91	12,1
Слабый	14.03.78 г.	1,075	13,14	6,17	6,97	1,44	12,1
	29.11.79 г.	1,075	13,56	6,00	7,56	1,61	12,2
Полуупаренный	14.06.78 г.	1,180	30,59	14,88	15,71	3,73	11,9
	29.11.78 г.	1,176	30,00	14,54	15,46	3,74	12,1
Упаренный	29.11.78 г.	1,338	52,50	24,74	27,76	5,46	11,9

Исследован количественный групповой состав органических веществ сульфатных щелоков лиственного потока Котласского ЦБК: исходный, отобранный из нижнего расширительного резервуара установки системы Камюр; слабый, поступающий на выпарку; полуупаренный, отобранный в выпарном цехе, и упаренный, подаваемый на скигание. Характеристика образцов черных щелоков приведена в табл. 1. Их групповое разделение выполнено по следующей схеме: черный щелок разбавлен равным объемом дистиллированной воды, подкислен 30 %-ной серной кислотой до рН, равного 1—2, проэкстрагирован диэтиловым эфиром в присутствии лигнина, затем осаждаемый высокомолекулярный лигнин отфильтрован в два приема (повторно после дополнительного отстаивания); фильтрат нейтрализован до рН, равного 4,0—4,5, и упарен на водяной бане при температуре не выше 45 °С под ва-

куумом при  $P_{\text{ост}} = 20\text{--}27$  гПа до сиропообразного состояния; из полученной массы извлечены изопропиловым спиртом свободные кислоты и нейтральные водорастворимые вещества и определено количество оставшихся с неорганическими солями органических соединений. После отгонки растворителя получена фракция водорастворимых веществ, извлекаемых изопропиловым спиртом. В отгоне при упаривании фильтра щелока найдено содержание летучих кислот.

Таким путем выделено четыре основные группы соединений: нелетучие эфирорастворимые вещества; осаждаемый минеральными кислотами лигнин; летучие кислоты и нелетучие водорастворимые продукты. Первая группа включает различные низкомолекулярные фенольные компоненты (фенолы, альдегидо- и кетофенолы, фенолкарбоновые кислоты, фенолоспирты), высшие жирные и смоляные кислоты, нейтральные соединения, остаточные летучие кислоты и олигомеры. Вторая группа представляет высокомолекулярный лигнин, в том числе его основную, мелкодисперсную и водорастворимую фракции; третья — летучие кислоты, распределяющиеся между эфирным экстрактом и проэкстрагированным щелоком. Четвертая группа состоит из алифатических моно- и полиоксикарбоновых кислот  $C_2\text{--}C_6$  и их лактонов, углеводов и других водорастворимых соединений.

Таблица 2

Щелок	Дата отбора	Нелетучие эфирорастворимые вещества	Осаждаемый лигнин	В том числе фракция			Нелетучие водорастворимые вещества	В том числе извлекаемые изопропиловым при pH=4-5
				основная	мелкодисперсная	водорастворимая		
Исходный	09.02.79 г.	12,2	46,9	42,5	0,1	4,3	31,4	18,2
	09.02.79 г.	1,0	4,0	3,6	0,01	0,4	2,7	1,6
Слабый	14.06.78 г.	9,3	45,8	41,5	1,8	2,5	30,7	16,6
	14.06.78 г.	0,6	3,2	2,9	0,1	0,2	2,1	1,1
	29.11.78 г.	8,0	44,6	40,6	0,2	3,8	30,5	17,0
	29.11.78 г.	0,6	3,4	3,1	0,02	0,3	2,3	1,3
Полуупаренный	14.06.78 г.	6,9	50,8	44,3	0,4	6,1	30,8	16,0
	14.06.78 г.	1,1	8,1	7,0	0,1	1,0	4,9	2,5
	29.11.78 г.	6,4	50,3	43,0	0,2	7,1	29,3	15,0
	29.11.78 г.	1,0	7,7	6,6	0,03	1,1	4,5	2,3
Упаренный	29.11.78 г.	8,6	52,0	43,1	0,2	8,7	25,0	14,2
	29.11.78 г.	2,4	14,5	12,0	0,1	2,4	6,9	3,9

Примечание. Все данные приведены для абс. сухого беззольного вещества в процентах от массы органических веществ щелока.

Данные по количественному групповому составу нелетучей части органических веществ перечисленных выше щелоков представлены в табл. 2. Во всех щелоках количественно преобладающая составляющая — высокомолекулярный лигнин, который достигает 45—52 %. Примерно третью часть составляют водорастворимые продукты углеводного происхождения, 7—12 % — нелетучие эфирорастворимые вещества.

Отобранные в разное время образцы слабых и полуупаренных щелоков характеризуются по каждой из выделенных групп соединений близкими значениями массовой доли, что свидетельствует о стабильности состава и возможности достоверного сравнения.

Сопоставление полученных данных позволяет проследить за изменениями в количественных соотношениях основных групп веществ,

Таблица 3

Щелок	Дата отбора	Вещества, извлекаемые бикарбонатом натрия	В том числе		Вещества, извлекаемые щелочью	В том числе		Высшие жирные и смоляные кислоты	В том числе		Нейтральные вещества
			эфирорастворимые	бутилодисторстворимые		эфирорастворимые	бутилодисторстворимые		эфирорастворимые	бутилодисторстворимые	
Исходный	09.02.79 г.	60,8	40,3	20,5	13,6	8,5	5,1	6,5	4,3	2,2	7,3
	09.02.79 г.	7,4	4,9	2,5	1,6	1,0	0,6	0,8	0,5	0,3	0,9
Слабый	14.06.78 г.	63,9	40,6	23,3	9,5	6,0	3,5	3,9	2,6	1,3	7,0
	14.06.78 г.	7,2	4,6	2,6	1,1	0,7	0,4	0,4	0,3	0,1	0,8
	29.11.78 г.	63,2	36,7	26,5	9,7	7,7	2,0	4,6	3,0	1,6	7,5
	29.11.78 г.	5,0	2,9	2,1	0,8	0,6	0,2	0,3	0,2	0,1	0,6
Полуупаренный	14.06.78 г.	67,1	42,9	24,2	12,0	7,9	4,1	4,4	2,6	1,8	5,5
	14.06.78 г.	4,7	3,0	1,7	0,8	0,5	0,3	0,3	0,2	0,1	0,4
	29.11.78 г.	66,4	36,8	29,6	15,2	11,1	4,1	3,4	2,2	1,2	4,5
	29.11.78 г.	3,6	2,0	1,6	0,8	0,6	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2
Упаренный	29.11.78 г.	62,9	36,0	26,9	19,8	12,0	7,8	4,0	2,9	1,1	5,1
	29.11.78 г.	6,8	3,9	2,9	2,1	1,3	0,8	0,4	0,3	0,1	0,6

Примечание. Все данные приведены в процентах от массы нелетучих эфирорастворимых и органических веществ щелока.

происходящими в процессе выпарки слабых щелоков. Так, содержание фракции осаждаемого лигнина в массе органических веществ возрастает с 45—46 % в слабых щелоках до 49—51 % в полуупаренных и затем до 52 % в упаренном, по-видимому, за счет образования и соосаждения с ним полимерных продуктов вторичного происхождения. Доля нелетучих водорастворимых веществ снижается значительно: с 31 % в слабых и полуупаренных щелоках до 25 % в упаренном. Это можно объяснить присутствием алифатических оксикислот, представляющих наиболее лабильную и наименее термостойкую часть органических ве-

шесть щелоков. Фракция нелетучих эфирорастворимых веществ в целом сохраняет свою массовую долю (около 9 %), несколько снижая ее в полуупаренных щелоках.

Следовательно, результаты количественного группового разделения органических веществ слабых, полуупаренных и упаренных щелоков подтверждают протекание вторичных реакций в процессе выпарки, приводящих к снижению массовой доли водорастворимых продуктов и увеличению фракции осаждаемого лигнина.

Фракция нелетучих эфирорастворимых веществ, в свою очередь, подвергнута групповому разделению на основании различий в кислотности разделяемых компонентов путем последовательной обработки эфирного экстракта насыщенным раствором бикарбоната натрия, 5 %-ного раствора едкого калия и высаживания высших жирных и смоляных кислот из щелочного раствора 10 %-ным хлористым барием в виде их солей. Таким путем получено семь фракций: эфиро- и бутанолорастворимые вещества бикарбонатной и щелочной вытяжек, высших жирных и смоляных кислот, а также нейтральные вещества.

В табл. 3 представлены результаты группового разделения нелетучей части эфирорастворимых веществ перечисленных выше щелоков. Основная группа соединений — фракция веществ, извлекаемых бикарбонатом натрия, которая достигает 60—67 %; она включает фенолокислоты и другие низкомолекулярные фенолы, а также олигомеры. Фракция веществ, извлекаемых щелочью, составляет 10—20 %; она содержит альдегидо- и кетофенолы, одно-, двух- и трехатомные фенолы и олигомеры. Фракции высших жирных и смоляных кислот составляют 4—7 %, нейтральных веществ — 4—6 %.

Сравнение полученных результатов для слабых, полуупаренных и упаренных щелоков позволяет отметить некоторое увеличение массовой доли основной фракции: с 63—64 % в слабых щелоках до 66—67 % в полуупаренных, а также значительное повышение фракции щелочерастворимых веществ в направлении от слабого щелока к упаренному, составляя соответственно — 10, 10—15 и 20 %. Массовая доля фракции высших жирных и смоляных кислот и нейтральных веществ изменяется незначительно. Полученные данные свидетельствуют о том, что в процессе выпарки происходит некоторое изменение количественных соотношений компонентов и в группе эфирорастворимых веществ черных щелоков.

Поступила 15 декабря 1980 г.

УДК 661.183.12

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГИДРОЛИЗНОГО ЛИГНИНА В ТВЕРДОЙ ФАЗЕ С ГАЗООБРАЗНЫМ СЕРНЫМ АНГИДРИДОМ

*Н. И. БОГДАНОВИЧ, Е. Д. ГЕЛЬФАНД, Н. А. ПАРФЕНТЬЕВА*

Архангельский лесотехнический институт

Серный ангидрид (СА) как реагент в химии лигнина не нов. Так, на Ферганском и Краснодарском заводах уже в течение длительного времени для получения коллаktivита [2] гидролизный лигнин обрабатывают раствором серного ангидрида в серной кислоте.

Сравнительно недавно предложен способ обработки лигнина раствором СА в органической среде с целью получения водорастворимых продуктов [7]. Обработка древесины раствором СА в диметилсульфок-

сиде и других растворителях предложена как способ для получения катионообменников [6].

Значительный интерес как с точки зрения технологической (ликвидация стоков), так и с точки зрения снижения затрат и получения продуктов со специфическими свойствами представляет процесс обработки лигнина в твердой фазе газообразным СА. При этом СА используют как в чистом виде [4], так и в смеси с воздухом и инертными газами [5]. Применение СА вместо серной кислоты или олеума удешевляет процесс [9], повышает степень сульфирования и чистоту продуктов [8].

Основываясь на известных в научной и патентной литературе данных, мы предположили, что путем подбора определенных условий обработки лигнина серным ангидридом удастся получить продукты с ярко выраженными свойствами сорбентов или катионообменников, либо тех и других одновременно. Подобные продукты могут представлять значительный интерес прежде всего для самой гидролизной промышленности (очистка и облагораживание гидролизаторов, субстратов и сточных вод).

Нами исследовано взаимодействие лигнина в твердой фазе с газообразным СА при варьировании следующих факторов процесса: а) расход СА по отношению к лигнину, %; б) интенсивность обработки лигнина СА в граммах на 1 г лигнина; так как навеска лигнина во всех опытах была неизменной —  $8 \pm 0,1$  г, то скорость подачи лигнина выражали в граммах на минуту (г/мин).

Для проведения экспериментов использовали сухой лигнин рядовой варки Архангельского гидролизного завода, фракция 0,25—0,5 мм. Опыты по обработке лигнина проводили на установке (рис. 1), основной элемент которой — реактор — представляет собой теплоизолированный стеклянный фильтр высотой 40 мм и диаметром пористой пластинки 50 мм.

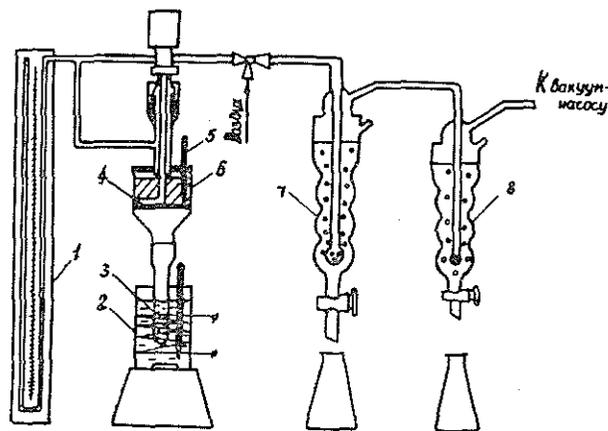


Рис. 1. Схема установки сульфирования лигнина.

1 — манометр; 2 — термостат; 3 — пробирка; 4 — мешалка;  
5 — термометр; 6 — реактор.

Серный ангидрид подавали в реактор из специальной пробирки, в которую предварительно помещали точную навеску СА. Пробирку помещали в термостатируемый нагреватель. Меняя температуру последнего, устанавливали определенную скорость подачи СА в реактор. Газы, образующиеся в процессе сульфирования, с помощью водоструйного насоса просасывали через систему поглотителей. Скорость отвода газов регулировали так, чтобы давление в реакторе, контролируемое по манометру, на протяжении всего процесса равнялось атмосферному во избежание потерь газа или подсоса воздуха через неплотности.

Поглотительная система состояла из двух последовательно соединенных промывных склянок: одну из них (7) заполняли водой, и она служила для поглощения неотреагировавшего СА, другую (8) заполняли 0,1 н. раствором йода для поглощения выделившегося сернистого газа (СГ). Для полного удаления СГ из первого поглотителя по окончании опыта проводили дополнительную продувку его воздухом в течение 40 мин. Как показали предварительные опыты, других восстанавливающих йод газов (кроме СГ) в газообразных продуктах реакции не содержалось. Количество СА в первом поглотителе определяли титрованием раствором 0,1 н. NaOH, содержание СГ — по количеству израсходованного раствора йода.

Образцы сульфированного лигнина (СЛ) отмывали дистиллированной водой до нейтральной реакции по метилоранжу. В промывных водах определяли содержание серной кислоты.

В воздушносухих образцах отмытого СЛ определяли содержание ионогенных групп по видоизмененной методике Боярской и Цыпкиной для дифференцированного определения кислых групп лигносульфоновых кислот [1]. Общие кислые группы находили способом ионообмена в статических условиях с раствором 0,1 н. NaOH в 10 %-ном NaCl, сильнокислые (сульфокислые и карбоксильные) — кальций-ацетатным способом. Сульфокислые группы определяли кальций-хлоридным способом, а карбоксильные (фенольные) — по разности сильнокислых и сульфокислых, а также общих кислых и сильнокислых.

Для определения типа ионообменника по классификации Никольского использовали метод отдельных навесок [3], в основе которого лежит установление зависимости обменной емкости образцов от pH растворов.

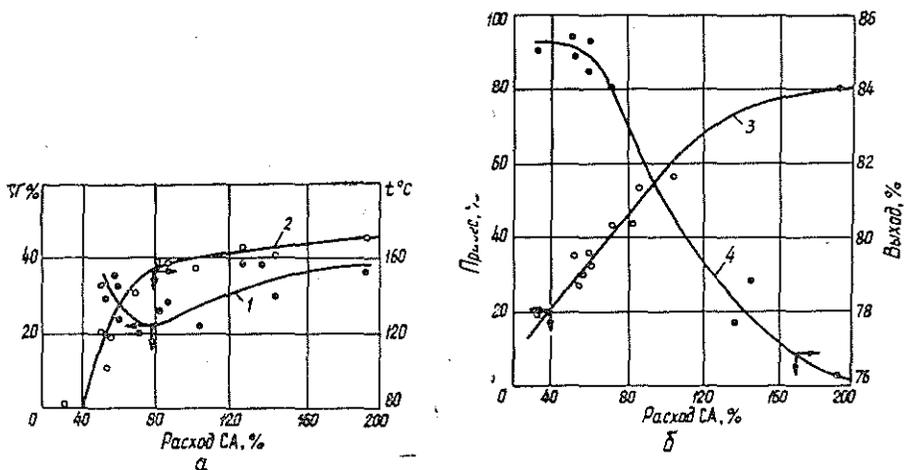


Рис. 2, а, б. Влияние расхода СА на процесс сульфирования.

1 — выход СГ, % от заданного СА; 2 — температура в слое, °С; 3 — привес лигнина, % к исходному; 4 — выход отмытого лигнина, % к исходному.

В первой серии опытов изучали влияние расходов серного ангидрида (СА) на процесс, поэтому скорость подачи СА была принята постоянной и составляла около 0,03 г/г·мин. Результаты (рис. 2, 3) показали, что при взаимодействии СА с лигнином температура в реакционном объеме повышается (кривая 2 на рис. 2) до 180 °С, причем экзотермичность процесса нарастает в основном при расходе СА до 80 % к лигнину; при этом СА в значительной мере действует на лигнин как окислитель, восстанавливаясь до сернистого газа (кривая 1 на рис. 2).

С увеличением расхода СА от 0 до 110 % масса содержащего реактора возрастает почти линейно (примерно на 70 %), а при последующем увеличении расхода СА до 200 % привес незначителен (кри-

вая 3 на рис. 2). Однако выход водонерастворимого продукта с увеличением дозировки СА (кривая 4 на рис. 2) не только не увеличивается а, начиная с расхода СА около 50 %, уменьшается и при расходе СА 200 % составляет 76 % к исходному лигнину. При анализе водорастворимой части продукта реакции обнаружилось, что она содержит серную кислоту (следует отметить, что водорастворимые компоненты совершенно бесцветны). Следовательно, поглощаемый лигнином серный ангидрид в подавляющей части химически не связывается с ним. Совокупность наших наблюдений позволяет предположить, что СА находится в лигнине в виде олеума: вначале сорбция СА осуществляется за счет взаимодействия его с водой, выделяющейся в результате дегидратации лигнина, а затем за счет растворения СА в образующейся серной кислоте.

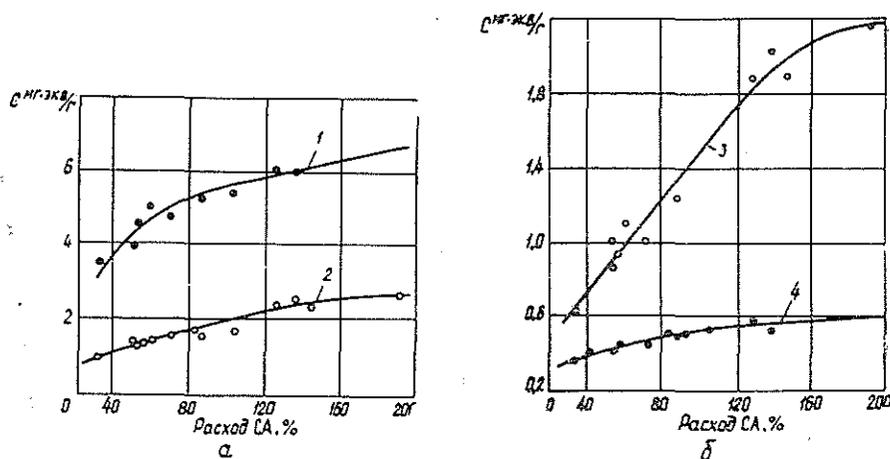


Рис. 3, а, б. Влияние расхода СА на содержание кислых функциональных групп лигнина.

1 — общие кислоты; 2 — сильнокислые; 3 — карбоксильные; 4 — сульфокислые.

Как следует из кривых на рис. 3, окислительное воздействие СА приводит к резкому увеличению содержания кислых групп в лигнине, в особенности следует обратить внимание на карбоксильные группы, содержание которых возрастает более чем в 5 раз (кривая 3 на рис. 3); одновременно в лигнин вводятся и сульфогруппы — до 0,62 мг-экв/г.

Во второй серии опытов на основе полученных данных для изучения влияния скорости подачи СА мы сочли наиболее целесообразным задаться расходом СА, равным 60 %, т. е. таким, при котором изменения, происходящие с лигнином, проявляются наиболее резко; скорость подачи СА варьировали от 0,1 до 0,5 г/мин (или 0,0125—0,0625 г/г-мин).

Из графика на рис. 4 видно, что при увеличении скорости подачи СА возрастает экзотермичность процесса и, как следствие, снижается количество поглощаемого СА; окислительное воздействие СА на лигнин увеличивается, о чем свидетельствуют повышение выхода СГ (кривая 2 на рис. 4) и увеличение общего содержания кислых групп (кривая 1 на рис. 5); в изменении содержания сильнокислых групп (кривые 2 и 3 на рис. 5) установлены характерные точки минимума при скорости подачи СА около 0,33 г/мин.

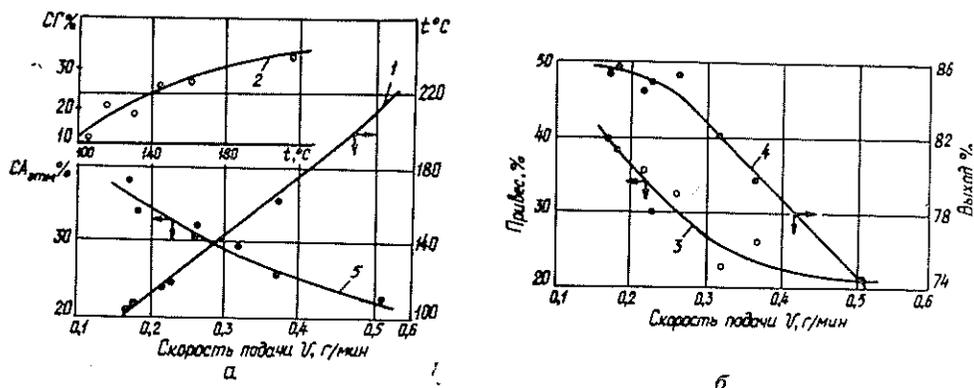


Рис. 4, а, б. Влияние скорости подачи СА на процесс сульфирования.

1 — температура в слое, °С; 2 — выход СГ, % от заданного СА; 3 — привес лигнина, % к исходному; 4 — выход отмытого СЛ, % к лигнину; 5 — количество отмытого СА, % от заданного.

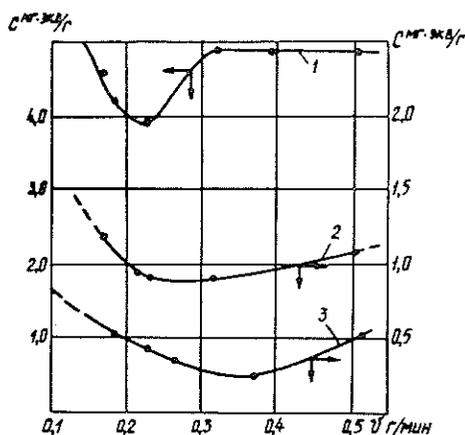


Рис. 5. Влияние скорости подачи СА на содержание кислых функциональных групп лигнина.

1 — общие кислоты; 2 — карбоксильные; 3 — сульфоксильные.

Таким образом, при обработке сухого гидролизного лигнина газообразным серным ангидридом последний может поглощаться лигнином в количестве до 80 % и более к массе лигнина; процесс протекает с повышением температуры. Значительная часть серного ангидрида, подаваемого на реакцию до 40 % и более к заданному, восстанавливается до сернистого.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Закис Г. Ф., Можейко Л. Н., Телышева Г. М. Методы определения функциональных групп лигнина. — Рига: Зинатне, 1975, с. 67—69, 158. [2]. Лебедев Н. Н. Химия и технология органического и нефтехимического синтеза. — 2-е изд., перераб. — М.: Химия, 1971. — 384 с. [3]. Никольский Б. П. О классификации ионитов в свете современной теории обмена ионов. — В кн.: Хроматография, Л.: Изд-во ЛГУ, 1956, с. 5—15. [4]. Пат. 109981 (Великобр.). Усовершенствованный способ сульфирования и сульфатирования органических веществ/ Lohr John W. [5]. Пат. 1194336 (Великобр.) Получение сульфированных продуктов/ Soverby Austen Edgar. [6]. Пат. 851861 (Италия). Катноннты из древесины/ Kiiikka Oliver A. [7]. Пат. 3681318 (США), кл. 260—124А. [8]. Сульфирование алкилбензолов в щелочном реакторе/ И. А. Волков, В. Г. Правдин, Д. И. Земенков, Д. П. Стогнушко. — В кн.: Нефтехимия и нефтепереработка. 1975, № 4, с. 40—41. [9]. Hoffenberg P. Sulfonierung mit Schwefeltrioxyd. — Rhem. Rdsch (chweir), 1972, 25, № 10, 263.

Поступила 3 апреля 1981 г.

УДК 676.6.02

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛИМЕРНОГО КОАГУЛЯНТА КАТИОННОГО ТИПА В ПРОИЗВОДСТВЕ ВОДОСТОЙКОГО КАРТОНА

Н. Г. ЦМЫГ, Л. Ф. ВАЛЕНДО

Белорусский технологический институт

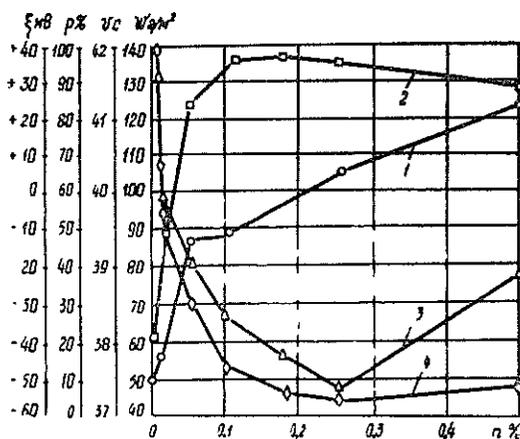
Применение катионных синтетических полиэлектролитов в качестве флокулянтов и коагулянтов при производстве бумаги и картона — один из путей интенсификации производства и повышения качества продукции [3].

В БТИ проводятся работы по изучению процессов гидрофобизации бумаги и картона в нейтрально-щелочной среде. В качестве коагулянта был испытан катионный сополимер на основе метакриламида и аминоэфиров метакриловой кислоты — амифлок [2].

В волокнистую массу, содержащую в качестве гидрофобизирующей добавки таллово-парафиновую дисперсию, вводили амифлок взамен сернокислого алюминия при рН среды 7—8. При проведении исследований замеряли:

- 1) электрокинетический потенциал  $\xi$  волокнистой массы (метод микроэлектрофореза);
- 2) степень удержания  $p$  таллово-парафиновой дисперсии (абсорбциометрический метод);
- 3) скорость водоотдачи  $v$  волокнистой массы (по Шоппер-Риглеру);
- 4) впитываемость  $\omega$  отливок при одностороннем смачивании водой (по Коббу).

Результаты представлены на рисунке.



Зависимость показателей волокнистой массы от дозирования амифлока  $n$ .

1 —  $\xi$  — потенциал; 2 — степень удержания  $p$  таллово-парафиновой дисперсии; 3 — время водоотдачи  $v$ ; 4 — впитываемость отливок  $\omega$  при одностороннем смачивании водой.

Адсорбируясь преимущественно на волокнистой мелочи и частицах проклеивающей дисперсии, катионоактивные молекулы амифлока уменьшают отрицательный  $\xi$ -потенциал системы волокно — таллово-парафиновая дисперсия (кривая 1). Это приводит к агрегированию мелких компонентов системы и образованию неустойчивых комплексов, обладающих большой удельной поверхностью. В области малых добавок амифлока (до 0,01 %) скорость образования комплексов равна скорости адсорбции молекул сополимера их поверхностью, что характеризуется «замедлением» изменения  $\xi$ -потенциала:

Комплексы мелочь — таллово-парафиновая дисперсия интенсивно взаимодействуют с крупными волокнами, о чем свидетельствует резкое увеличение степени удержания дисперсии (кривая 2) и гидрофобности отливок (кривая 4). Одновременно молекулы воды вытесняются из гидратной оболочки волокон, что приводит к увеличению скорости водоотдачи системы (кривая 3).

Вблизи изоэлектрической точки ( $\pm 5$  мВ) достигается максимальная степень осаждения частиц мелочь — дисперсия на волокнистой массе и наиболее интенсивное обезвоживание системы. При увеличении добавок полиэлектролита более 0,2 % происходит перезарядка системы, и в области положительных значений  $\xi$ -потенциала степень осаждения и скорость обезвоживания уменьшаются.

По результатам исследований на Новолялинском ЦБК проведена опытная выработка водостойкого автообивочного картона с использованием амифлока в качестве коагулянта взамен сернокислого алюминия.

Порошкообразный полимерный продукт растворяли в тихходной мешалке при температуре 60 °С. Для равномерного перемешивания с массой и увеличения эффективности действия раствор с концентрацией 10 г/л непосредственно перед дозировкой разбавляли свежей водой до рабочей концентрации 2,5 г/л. Амифлок вводили в композиционный бассейн после добавления таллово-парафиновой дисперсии в количестве 50 кг/т; рН массы при этом составлял 8. Все остальные операции по разбавлению, очистке, отливу и формованию проводили согласно действующему режиму предприятия.

Результаты выработки, представленные в таблице, показывают, что в пределах выбранных расходов амифлок — эффективный коагулянт таллово-парафиновой дисперсии в нейтрально-щелочной среде.

Физико-механические показатели опытного картона

Показатели	Единицы измерения	Численные значения показателей при введении коагулянта, кг/т			
		Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	амифлока		
			50	2	2,5
Толщина	мм	1,87	2,13	2,10	2,00
Объемная масса	г/см <sup>3</sup>	0,84	0,83	0,85	0,87
Впитываемость воды при полном погружении образца в течение 30 мин	%	9,9	8,8	8,6	9,2
Предел прочности при растяжении в среднем по двум направлениям	Па · 10 <sup>-5</sup>	1,85	1,71	2,04	2,20

Из данных таблицы следует, что введение амифлока в композицию картона увеличивает его объемную массу и прочность, что объясняется повышенной степенью удержания мелких компонентов массы; этого невозможно достичь при использовании минеральных коагулянтов. Гидрофобность картона возрастает до расхода амифлока 2,5 кг/т.

В дальнейшем этот показатель несколько падает, что объясняется, меньшей степенью удержания таллово-парафиновой дисперсии волокнистой массой [1].

Таким образом, в лабораторных и промышленных условиях нами показана возможность использования сополимера на основе метакриламида и аминоэфиров метакриловой кислоты в качестве коагулянта при гидрофобизации картона таллово-парафиновой дисперсией в нейтральной или слабощелочной среде. Предложен механизм взаимодействия компонентов системы волокнистая масса — таллово-парафиновая дисперсия в присутствии полимерного коагулянта.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. А. с. 796228 (СССР). Состав для изготовления водостойкого картона/ П. Ф. Валендо, Н. Г. Цмыг, Б. И. Энтин и др.; Оpubл. в Б. И., 1981, № 2. [2]. Амифлок — новый флокулянт в производстве бумаги и картона/ В. Ф. Филатенков, Г. З. Аксельрод, Б. И. Энтин и др. — Бум. пром-сть, 1978, № 11, с. 17—18. [3]. Валендо П. Ф., Цмыг Н. Г. Совершенствование технологии производства бумаги и картона в БССР: Обзор. — Минск: БелНИИНТИ, 1979. — 36 с.

Поступила 24 апреля 1981 г.

УДК 668.473 : 678.742

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО ТАЛЛОВОГО МАСЛА ДЛЯ ПЛАСТИФИКАЦИИ НАПОЛНЕННОГО ПОЛИЭТИЛЕНА

*В. Я. ПОЛУЯНОВИЧ, Ю. П. КЛЮЕВ*

Белорусский технологический институт

Наполненный полиэтилен по сравнению с ненаполненным отличается повышенной механической прочностью, твердостью, меньшей эластичностью и усадкой и меньшим коэффициентом термического расширения. Вместе с тем высоконаполненные системы обладают повышенной хрупкостью и плохо перерабатываются в изделия. Улучшить названные характеристики можно введением пластифицирующих добавок. Для этих целей применяются нефтяные битумы [4], рубракс [2, 3, 5], парафин, низкомолекулярный полиэтилен [2], политерпены [1] и другие вещества.

В данной работе изложены результаты исследования влияния таллового масла, модифицированного малеиновым ангидридом (МА), на свойства асбонаполненного полиэтилена. Объектом изучения служил полиэтилен низкой плотности (ПНП) марки 10802-020, наполнителем — асбест хризотилитовый марки К-6-30. Пластификатор — талловое масло лиственных пород древесины, модифицированное 2—14 % МА; представляет собой вязкую массу, состоящую из смеси жирных кислот, нейтральных веществ и продуктов их взаимодействия с малеиновым ангидридом; кислотное число 150—170.

Пластифицированно-наполненный полиэтилен получали путем смешения соответствующих количеств компонентов на вальцах с фрикцией 1,23 при температуре 393—403 К в течение 8 мин. Показатель текучести расплава определяли на экструзионном пластометре ИИРТ при 463 К и нагрузке 21,19 Н. Испытания на растяжение производили на образцах, полученных из прессованных при 393—398 К пленок на разрывной машине РМИ-60. Дифференциальный термический анализ проводили на дериватографе системы И. Паулик, Ф. Паулик и Л. Эрдеи, используя в качестве эталона окись алюминия, прокаленную при 1473 К. Скорость повышения температуры составляла 5 град/мин.

Таблица 1

Пластификатор	Содержание пластификатора, мас. %	Показатель текучести расплава пластифицированно-наполненного полиэтилена, г/10 мин, при содержании наполнителя, мас. %				
		0	5	10	20	30
Талловое масло, модифицированное 2 % МА	0	1,92	1,67	1,40	1,14	0,83
	1	2,17	2,01	1,82	1,20	1,05
	3	2,24	2,08	1,84	1,55	1,40
	5	2,41	2,35	2,24	1,98	1,84
Талловое масло, модифицированное 8 % МА	1	2,05	1,76	1,67	1,28	1,13
	3	2,25	2,07	1,84	1,62	1,43
	5	2,40	2,30	2,07	2,02	1,97
Талловое масло, модифицированное 14 % МА	1	1,98	1,84	1,73	1,39	1,18
	3	2,18	2,06	1,99	1,66	1,56
	5	2,31	2,26	2,07	1,78	1,68

Как следует из табл. 1, введение пластифицирующих добавок модифицированного таллового масла в асбонаполненный полиэтилен заметно повышает показатель текучести расплава композита, особенно для высоконаполненных систем. Так, если для ненаполненного ПНП в присутствии 5 % пластификатора показатель текучести расплава повышается в 1,2—1,25 раза (в сравнении с непластифицированным ПНП), то у композита, содержащего 30 мас. % наполнителя, анало-

Таблица 2

Пластификатор	Содержание пластификатора, мас. %	Физико-механические характеристики пластифицированно-наполненного полиэтилена при содержании наполнителя, мас. %				
		0	5	10	20	30
Талловое масло, модифицированное 2 % МА	0	13,0	12,0	11,2	10,0	9,8
		450	132	93	40	7
	1	12,0	11,5	10,1	9,5	9,2
		490	150	115	80	27
	3	11,6	9,6	9,3	9,1	8,7
510		180	160	103	50	
5	10,0	9,4	8,5	7,8	7,8	
		530	190	172	110	54
Талловое масло, модифицированное 8 % МА	1	12,6	11,5	9,8	9,5	9,2
		470	250	126	80	21
	3	10,6	9,8	9,1	8,9	9,0
		500	270	133	86	34
	5	9,8	8,9	8,3	7,4	7,4
540		300	150	95	41	
Талловое масло, модифицированное 14 % МА	1	12,4	11,8	10,0	9,5	9,3
		470	145	110	80	30
	3	11,8	10,4	9,6	9,4	9,0
		490	185	120	86	40
	5	10,0	7,9	7,2	6,7	6,5
520		248	216	90	79	

Примечание. В числителе — разрушающее напряжение при растяжении композитов, МН/м<sup>2</sup>; в знаменателе — относительное удлинение при разрыве, %.

гичное количество модифицированного таллового масла повышает текучесть в 2,0—2,35 раза. При этом показатель текучести несколько больший для композитов, пластифицированных талловым маслом, модифицированным 2 % МА.

Повышение текучести расплава композита с введением пластифицирующих добавок можно объяснить тем, что последние, распределяясь в системе по поверхности частиц наполнителя и границам надмолекулярных структур, играют роль смазки, облегчающей течение. Это должно способствовать снижению энергозатрат при переработке композита в изделия. При переработке наполненного ПНП в изделия в вязкотекучем состоянии наполнитель, двигаясь относительно стенок, повышает их износ. Следует ожидать, что пластификатор, облегчая условия перемещения частиц наполнителя, должен снижать абразивный износ технологического оборудования и формирующего инструмента.

Физико-механические свойства пластифицированно-наполненного полиэтилена представлены в табл. 2. Как свидетельствуют экспериментальные данные, исследованные пластифицирующие добавки вызывают понижение разрушающего напряжения при растяжении асбонаполненного ПНП независимо от степени модификации их маленновым ангидридом. Известно, что свойства наполненных композитов — результат совместной работы связующего, наполнителя и пластифицирующих добавок. Полиэтилен и асбест должны достаточно хорошо взаимодействовать между собой, т. е. прочность адгезионной связи по поверхности их раздела должна быть достаточно высокой. Как было показано [2], пластифицирующие добавки уменьшают адгезионное взаимодействие на границе раздела полиэтилен — асбест, тем самым вызывая снижение прочности композита. По мере увеличения концентрации пластификатора в полимере постепенно снижается роль пластификации на границе полиэтилен — наполнитель и более существенно начинают влиять эффекты пластификации самого полимера, т. е. в результате внедрения модифицированного таллового масла между макромолекулами и надмолекулярными образованиями полимера изменяется меж-

Таблица 3

Дифференциальный термический анализ  
пластифицированно-наполненного полиэтилена

Состав композита	Температура плавления, К	Относительная площадь пика плавления, %	Температура начала пика окисления, К	Температура максимума пика окисления, К
ПНП	381	100	463	498
ПНП + 10 % асбеста	382	98	468	503
ПНП + 10 % асбеста + 1 % пластификатора	381	99	474	503
ПНП + 10 % асбеста + 3 % пластификатора	378	94	465	493
ПНП + 10 % асбеста + 5 % пластификатора	373	88	465	491
ПНП + 30 % асбеста	383	99	474	503
ПНП + 30 % асбеста + 1 % пластификатора	380	98	463	493
ПНП + 30 % асбеста + 3 % пластификатора	380	91	463	488
ПНП + 30 % асбеста + 5 % пластификатора	373	91	456	485

Примечание. Пластификатор — талловое масло, модифицированное 2 % МА.

молекулярное и межструктурное взаимодействие; поэтому с ростом концентрации пластификатора прочность понижается в большей мере.

Относительное удлинение при разрыве композитов с введением пластификаторов повышается.

Введение в полиэтилен асбеста повышает температуру плавления полимера (табл. 3), что можно объяснить адсорбционным взаимодействием макромолекул полимера с твердой поверхностью наполнителя. Присутствие в композите пластификатора снижает температуру плавления системы, что согласуется с данными работы [6] и является результатом совместного влияния двух эффектов. С одной стороны, как отмечалось в работе [2], пластификатор повышает подвижность макромолекул и надмолекулярных структур полимера, так как при этом уменьшается адсорбция полимера на поверхности асбеста; с другой стороны, пластификатор уменьшает упорядоченность расположения макромолекул, т. е. снижается степень кристалличности полимера. Подтверждением сказанного служит уменьшение площади эндотермического пика плавления композитных материалов.

Введение таллового масла, модифицированного МА, в асбонаполненный ПНП в небольших количествах (1—3 %) смещает начало и максимум пиков окисления в сторону более высоких температур.

На основании проведенных исследований можно заключить, что талловое масло, модифицированное малеиновым ангидридом, существенным образом влияет на свойства наполненного ПНП.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. с. 685676 (СССР). Полимерная композиция/ В. Я. Полуянович, Ю. П. Клюев, М. М. Ревяко, И. В. Петрашень. — Оpubл. в Б. И., 1979, № 34. [2]. К вопросу о пластификации наполненного полиэтилена/ М. М. Ревяко, В. Я. Полуянович, А. И. Крюковский, Я. М. Паушкин. — ДАН, 1976, 227, № 4, с. 926—928. [3]. Полуянович В. Я., Ревяко М. М. Пластифицирование наполненного полиэтилена низкой плотности добавками рубракса. — Изв. высш. учеб. заведений. Химия и хим. технология, 1972, 15, № 9, с. 1391—1394. [4]. Ревяко М. М., Полуянович В. Я. Исследование влияния малых добавок битумов на физико-механические свойства композиций полиэтилен — асбест. — Изв. АН БССР. Сер. физ.-техн. наук, 1972, № 1, с. 133—135. [5]. Ревяко М. М., Полуянович В. Я. О пластификации наполненного полиэтилена. — ДАН БССР, 1972, 16, № 8, с. 726—728. [6]. Ревяко М. М., Полуянович В. Я. Дериватографическое исследование пластифицированно-наполненного полиэтилена. — Изв. АН БССР. Сер. хим. наук, 1975, № 5, с. 129—131

Поступила 2 марта 1981 г.

КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ  
И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

УДК 658.581 : 630\*377.44

О НАУЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕХОБСЛУЖИВАНИЯ  
И РЕМОНТА ТРЕЛЕВОЧНЫХ ТРАКТОРОВ

Н. В. МУРАШКИН, Ю. И. АРХИПОВ, Е. Т. ТЮРИН

Ленинградская лесотехническая академия  
ЧФ НАТИ, ЦНИИЛесосплава

В процессе эксплуатации парка трелевочных тракторов и других машин массового применения на лесозаготовках необходимо постоянно принимать объективные решения по расчету, размещению и организации постов технического обслуживания, ремонтов и т. д. Для этого следует знать три рода закономерностей, характеризующих\*:

1) процесс изменения технического состояния трактора или группы одновременно введенных в эксплуатацию тракторов, их агрегатов, систем, узлов и деталей в зависимости от наработки;

2) неизбежное рассеивание параметров технического состояния тракторов и их агрегатов к определенному моменту времени работы;

3) возникновение отказов и неисправностей, а также необходимости в проведении технических уходов и ремонтов у меняющейся по составу и качеству совокупности тракторов, их агрегатов, систем, узлов и деталей.

Знание закономерностей позволяет в любой момент времени определить потребность в рабочих по специальностям, в заработной плате, запасных частях и материалах, оборудовании и производственных площадях для предприятий, эксплуатирующих и ремонтирующих тракторы. Эти закономерности можно определить, например в том случае, когда известны объем работ за рассматриваемый промежуток времени, средняя производительность, наработка тракторов на какое-либо профилактическое мероприятие, ресурсы деталей.

Основные законы распределения случайных событий (отказов, технических уходов и др.) в парке тракторов при их рядовой эксплуатации: экспоненциальный, нормальный, логарифмически-нормальный и закон Вейбулла.

В качестве примера определим трудоемкость проведения какого-либо профилактического мероприятия в любой промежуток времени работы парка тракторов:

для экспоненциального закона

$$T_{ik} = T_i \omega \Delta t; \quad (1)$$

для закона Вейбулла

$$T_{ik} = T_i \int_{ik}^{ik+\Delta t} t \frac{1}{\tau} \left(\frac{t}{\tau}\right)^{\alpha-1} dt; \quad (2)$$

\* Кузнецов Е. С. Исследование эксплуатационной надежности автомобиля. — М.: Транспорт, 1969.

для нормального закона

$$T_{ik} = T_i \int_{ik}^{ik+\Delta t} \frac{e^{-\frac{(t-m)^2}{2\sigma_t^2}}}{\sigma_t \sqrt{2\pi} \Phi\left(\frac{m-t}{\sigma_t}\right)} dt; \quad (3)$$

для логарифмически-нормального закона

$$T_{ik} = T_i \int_{ik}^{ik+\Delta t} \frac{Ae^{-\frac{(\lg t - m)^2}{2\sigma_t^2}}}{\sigma_t \sqrt{2\pi} t \Phi\left(\frac{m - \lg t}{\sigma_t}\right)} dt, \quad (4)$$

где  $t k$  — начало  $k$ -того интервала;

$\Delta t$  — интервал времени работы трактора;

$T_i$  — трудоемкость проведения  $i$ -того профилактического мероприятия;

$\Phi\left(\frac{m-t}{\sigma_t}\right)$  и  $\Phi\left(\frac{m-\lg t}{\sigma_t}\right)$  — функции Лапласа;

$\sigma_t$  — среднее квадратичное отклонение (стандартное отклонение) случайной величины по времени;

$m$  — математическое ожидание;

$\omega, \alpha, \tau$  — постоянные параметры распределений;

$A = \lg e = 0,4343$ .

Если определен закон распределения каждого профилактического мероприятия, то полную трудоемкость поддержания парка трелевочных тракторов в работоспособном состоянии в любом промежутке времени находим из выражения:

$$T_k = \sum_{i=1}^q T_i \int_{ik}^{ik+\Delta t} \varphi_i(t) dt, \quad (5)$$

где  $q$  — количество видов профилактических мероприятий;

$\varphi_i(t)$  — функция изменения параметра потока  $i$ -того профилактического мероприятия (технического обслуживания).

Проверка гипотезы о законах распределения наработки на отказ каждой группы сложности 20 тракторов ТДТ-75, работавших с января 1977 г. по март 1979 г. в Новокузнецком леспромхозе Красноярского края, показала, что наработка на отказ первой, второй и третьей групп сложности подчиняется экспоненциальному закону.

Значения наработки на отказ и параметра потока отказов для парка тракторов ТДТ-75 представлены в таблице.

Показатели	Группа сложности	Числовое значение показателя
Наработка на отказ, дней	I	2,28
	II	1,65
	III	2,09
Параметр потока отказов	I	0,4386
	II	0,6061
	III	0,4785

По проведенному анализу данных о времени восстановления тракторов в рядовой эксплуатации определено среднее время восстановления отказов первой, второй и третьей групп сложности. С достоверной вероятностью  $p = 0,8$  оно составляет:

$$T_{\text{вI}} = 1,74 \pm 0,06 \text{ чел.}\cdot\text{ч};$$

$$T_{\text{вII}} = 7,23 \pm 0,1 \text{ чел.}\cdot\text{ч};$$

$$T_{\text{вIII}} = 18,22 \pm 1,0 \text{ чел.}\cdot\text{ч}.$$

Подставляя значения параметра потока отказов и среднего времени восстановления отказов всех групп сложности в формулу (5), определим дневную трудоемкость, необходимую для поддержания всего парка тракторов в работоспособном состоянии:

$$T_k = 0,4386 \cdot 1,74 + 0,6061 \cdot 7,23 + 0,4785 \cdot 18,22 = 0,76 + 4,38 + 8,72 = 13,86 \text{ чел.}\cdot\text{ч}.$$

Отсюда следует, что ежедневно на устранении отказа должно работать не менее двух человек слесарей-ремонтников. Аналогично исследуют и другие вероятностные характеристики.

Таким образом, знание законов распределения закономерностей, характеризующих техническое состояние парка тракторов, позволяет на научной основе проводить организацию мероприятий по поддержанию его работоспособности.

Поступила 6 апреля 1981 г.

УДК 62-229.6

## СОСТАВЛЕНИЕ МОДЕЛИРУЮЩЕГО АЛГОРИТМА ДЛЯ ПРОЦЕССА ЗАГРУЗКИ ЗАГОТОВОК НА АВТОМАТИЗИРОВАННОМ ЗАГРУЗОЧНОМ УСТРОЙСТВЕ

Е. Н. РЫКОВ

Львовский политехнический институт  
(Луцкий филиал)

Алгоритм загрузочно-транспортной операции на автоматизированном загрузочном устройстве можно составить по аналогии с алгоритмом выполнения технологической операции [2].

Заготовка с номером  $i$  поступает в исходное положение в момент времени  $t_i^p$ . Обозначим ее состояние  $\alpha_{ijk}$ . Для сегментного разборщика [1] исходное положение — первая выдающаяся впадина, для других загрузочных устройств (например в работе [3]) — механизм ориентации (первичной или вторичной). Если ориентирующее устройство в данный момент времени свободно, то заготовка при поступлении движется в загрузочную зону станка. В противном случае она ожидает освобождения ориентирующего механизма от предыдущей заготовки. Длительность ожидания не ограничивается. Если в накопителе заготовок (или магазине) их количество  $m$  достигает величины  $m_1$ , то подача прекращается и возобновляется по признаку  $m < m_1$ .

Операция загрузки продолжается в течение случайного времени  $t_i^{\text{оп}}$ , зависящего от времени достижения заготовкой состояния  $\alpha_{ijk}$  (положение загрузки в станок) и длительности работы устройства после наладки и регулирования. Устройство не является абсолютно надежным. Существует вероятность возможных отклонений от безотказной работы  $P_1 (T_1)$  и  $P_2 (T_2)$  (сбой в работе) и соответственно продолжительность ремонтов  $\tau_1^p$  и  $\tau_2^p$ .

Сбой  $P_1 (T_1)$  не влечет за собой переоценки характеристик надежности. При  $P_2 (T_2)$  характеристики надежности переоцениваются [2]. Если сбой произошел в период движения в загрузочную зону станка  $i$ -той заготовки, то после выполнения соответствующего ремонта дви-

жение продолжается в течение некоторого времени транспортирования  $\tau^r$ .

Наладка и регулирование устройства начинаются по признаку  $\Sigma t_i^{оп} T$ . Длительность наладки и регулирования  $\tau^h$  — величина случайная. Вероятность отклонения заготовок от положения ориентации  $P_{откл}$  зависит от тех же величин, что и  $\tau_i^{оп}$ . Если  $i$ -тая заготовка отклонилась от положения ориентации, то наладка и регулирование устройства производят за время  $\tau_y^p$ , и время очередного сбоя пересчитывают заново. Когда время  $t$  от начала операции достигает значения  $T_1$ , новую заготовку не загружают.

Момент  $t^k$  окончания загрузочно-транспортной операции определяется по известному времени  $t^h$  и времени занятости устройства  $\tau_i^3$  с учетом  $\tau_i^{оп}$  и возможного ремонта, наладки и регулирования или доработки следующим образом:  $t^k = t^h + \tau^3$ . Таким же образом определяют момент  $t^r$  готовности устройства к ориентированию и загрузке очередной заготовки  $t^r = t^k + \tau^r$  (где  $\tau^r$  — случайная величина, показывающая длительность времени подготовки устройства к выполнению загрузочно-ориентирующей операции).

Для построения алгоритма, моделирующего описанную загрузочно-транспортную операцию, необходимо иметь следующие операторы [2]:

$\Phi_1$  — формирование очередного момента  $t_i^n$  поступления заготовки на первую позицию ориентирования загрузочного устройства;

$P_2$  — проверка условия  $t_i^n < t^r$ ;

$P_3$  — проверка условия  $m > 1$ ;

$K_4$  — счетчик количества  $m$  заготовок в накопителе устройства (реализация операции  $m + 1$ );

$A_5$  — запись величины  $t_i^{оп}$  в специальные ячейки;

$F_6$  — переход к обработке очередной заготовки;

$F_7$  — формирование  $t_i^n$ ;

$P_8$  — проверка условия  $t_i^n < T$ ;

$\Phi_9$  — формирование значения  $t_i^{оп}$ ;

$A_{10}$  — определение  $t^k$  в соответствии с  $t^k = t^h + t^3$  (где  $t^3$  — время занятости станка с учетом  $\tau_i^{оп}$  и возможности ремонта, наладки и регулирования);

$\Phi_{11}$  — формирование ближайшего значения  $t^{сб}$  (времени сбоя) и признака  $\omega$ . В соответствии с  $P_1 (T_1)$  и  $P_2 (T_2)$  определяют  $T_1^1$  и  $T_2^1$ , а затем  $t^{сб} = \min(T_1^1, T_2^1)$ . Если  $T_1^1 < T_2^1$ , то  $\omega = 1$ , в противном случае

$\omega = 0$ ;

$P_{12}$  — проверка условия  $t^{сб} < t_i^k$ ;

$P_{13}$  — проверка условия  $\omega > 0$  (см.  $\Phi_{11}$ );

$\Phi_{14}$  — формирование новых значений  $T_1^2, T_2^2$  (где  $t_2^0$  — новое начало отсчета времени для сбоя);

$\Phi_{15}$  — формирование новых значений  $T_1^1, \tau_1^0, t_1^0$ ;

$A_{16}$  — определение минимальных значений  $T_1^1, T_2^1$  и признака  $\omega$  в соответствии с правилом, описанным при определении оператора  $\Phi_{11}$ ;

$\Phi_{17}$  — формирование случайного значения дополнительного времени окончания ориентирования и загрузки заготовки в рабочую зону станка  $\tau^d$  после ремонта загрузочного устройства и нового значения  $t^k$ ;

$A_{18}$  — подсчет  $\Sigma t_i^{оп}$  рабочего времени загрузочного устройства;

$P_{19}$  — проверка условия  $\Sigma t_i^{оп} < T$  (нового значения  $T$  — начала наладки и регулирования устройства);

$\Phi_{20}$  — формирование новых значений  $T_1^1$  и  $T_2^1$ ; минимальное значение  $T_1^1$ ,  $T_2^1$ ,  $t_1^0$ ,  $\omega$  после наладки и регулирования устройства;

$\Phi_{21}$  — формирование наладки и регулирования  $t^H$ , а также момента их окончания  $T^K$ ;

$\Phi_{22}$  — формирование случайных значений  $T^r$ ;

$A_{23}$  — определение момента готовности загрузочного устройства  $t^r$  с учетом наладки и регулирования, если они имеют место;

$A_{24}$  — определение вероятности отклонений заготовок от положения ориентации  $P^{откл}$ ;

$P_{25}$  — проверка условия  $\xi < P^{откл}$  (где  $\xi$  — случайное число с равномерным распределением в интервале  $[0; 1]$ ). При выполнении этого условия загружаемая заготовка оказывается в положении отклонения от ориентации;

$\Phi_{26}$  — формирование случайного значения  $\tau^D$  при отклонении заготовки от положения ориентации;

$\Phi_{27}$  — формирование  $T_1^1$ , минимальных значений  $T_1^1$ ,  $T_2^1$ ,  $t^0$ ,  $\omega$  после наладки и регулирования устройства;

$A_{28}$  — определение нового значения  $t^r$  с учетом необходимости промежуточной подналадки и регулирования устройства;

$\Phi_{29}$  — формирование значений координат положения заготовки  $\alpha_{кП}$  после ориентирования в момент загрузки в рабочую зону станка;

$K_{30}$  — подсчет количества загруженных заготовок в рабочую зону станка для обработки;

$K_{31}$  — подсчет количества заготовок, отклонившихся от ориентирования и загрузки в рабочую зону станка;

$F_{32}$  — счетчик количества заготовок в пакете, предназначенных для загрузки в рабочую зону станка;

$K_{33}$  — реализация подсчета количества заготовок, поступивших в рабочую зону станка;

$P_{34}$  — проверка условия  $\beta > 0$ ,  $\beta = 0$ , означающего, что подача заготовок в накопитель прекращена ( $\beta = 1$  — подача заготовок производится);

$P_{35}$  — проверка условия  $m < m_2$ ;

$F_{36}$  — формирование признака  $\beta = 1$ ;

$P_{37}$  — проверка условия  $m < m_1$ ;

$F_{38}$  — формирование признака  $\beta = 0$ ;

$A_{39}$  — обработка результатов моделирования;

$Я_{40}$  — окончание вычислений и выдача результатов.

Располагая этими результатами, можно написать операторную схему алгоритма, моделирующего загрузочную операцию (рис. 1);

$${}^{34, 36, 37} \Phi_1 P_2 \uparrow {}^{46} P_{3+6} K_4 A_5^{3, 5, 35, 38} F_6 F_7 P_{8+39} \Phi_9 A_{10}$$

$$\Phi_{11} P_{12+18} P_{13} \uparrow {}^{15} \Phi_{14}^{16, 13} \Phi_{15}^{14, 15} A_{16} \Phi_{17}^{12, 17} A_{18} P_{19} \uparrow {}^{22} \Phi_{20} \Phi_{21}^{24}$$

$${}^{19} \Phi_{22} A_{23}^{21, 23} A_{24} P_{25+29} \Phi_{26} \Phi_{27} A_{28}^{31, 25} \Phi_{29} K_{30}^{22, 28} K_{31}$$

$${}^{30, 31} F_{32} K_{33} P_{34} \uparrow P_{35+6} F_{36} K_4 A_5^6 P_{37} \uparrow F_{38}^6 A_{39}^8 Я_{40}, \quad (1)$$

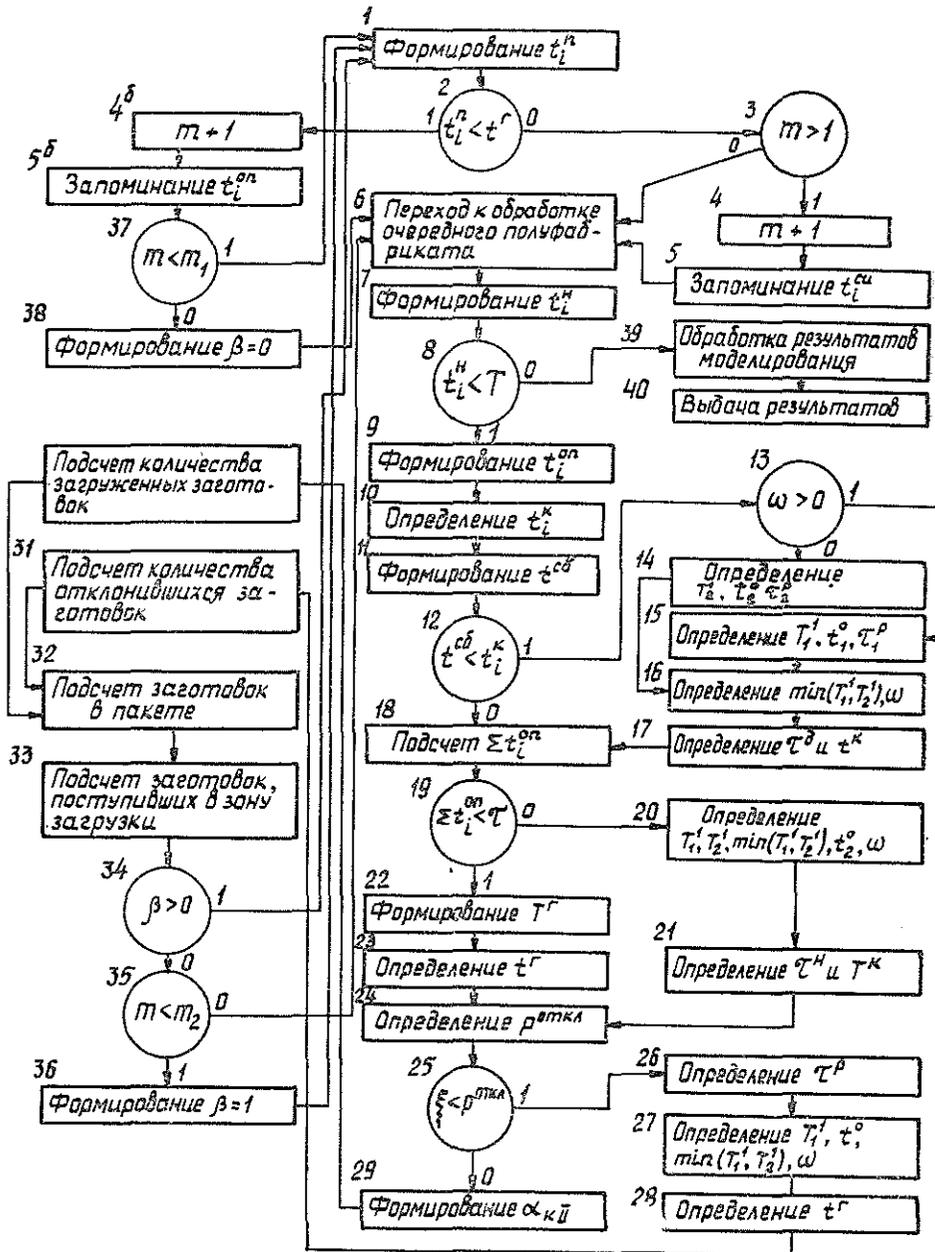


Рис. 1. Моделирование процесса загрузки на автоматизированном загрузочном устройстве.

где операторы  $K_4^b$  и  $A_5^b$  совпадают с операторами  $K_4$  и  $A_5$  соответственно.

Алгоритм состоит из двух частей. Первая часть, моделирующая собственно загрузочную операцию, начинается оператором  $\Phi_d$  и за-

канчивается операторами  $A_{28}$  и  $\Phi_{29}$ . Однако ее удобнее рассматривать с операторов  $F_6$  (переход к ориентированию и загрузке в загрузочную зону станка очередной заготовки),  $F_7$  и  $P_8$ . Если условие, проверяемое оператором  $P_8$  ( $t_i^H < T$ ), выполнено, то управление передается оператору  $\Phi_9$ . В результате работы операторов  $\Phi_9$ ,  $A_{10}$  формируются  $\tau_i^{оп}$ ,  $t_i^к$ . Оператором  $\Phi_{11}$  определяются случайные значения  $T_1^{от}$  и  $T_2^{от}$  близких моментов сбоя в соответствии с функциями распределения  $P_1(T_1^{от})$  и  $P_2(T_2^{от})$ .

Затем решают вопрос о типе сбоя — определяют  $t^{сб}$  (минимальные величины  $T_1^{от}$  и  $T_2^{от}$ ) и вырабатывают признак  $\omega$ . Операторы  $P_{12}$ ,  $P_{19}$ ,  $P_{25}$  однотипны по логике воздействия в модели. Если условие, проверяемое оператором  $P_{12}$ , не выполнено (т. е. до конца разбора пакета заготовок и их загрузки в рабочую зону станка сбоя не происходит), то проверяют условие  $\Sigma t^{оп} < T$  при помощи операторов  $A_{18}$  и  $P_{19}$ , т. е. проверяют необходимость наладки и регулирования из-за его износа. Если условие, проверяемое оператором  $P_{19}$ , выполнено (в наладке и регулировании необходимости нет), то проверяют условие  $\xi < P_{откл}$  операторами  $A_{24}$  и  $P_{25}$ . Если заготовка оказалась ориентированной и готовой к загрузке в рабочую зону станка (т. е. условие, проверенное оператором  $P_{25}$ , не выполнено), то вводят оператор  $K_{30}$  для подсчета количества загруженных заготовок. Возвращаясь к операторам  $P_{12}$ ,  $P_{19}$ , убеждаемся, что при невыполнении условия, проверяемого оператором  $F_{12}$ , наступает сбой. В этом случае управление передается оператору  $P_{13}$ , выясняющему, к какому типу относится происшедший сбой. Если  $\omega = 1$ , то сбой первого типа, если  $\omega = 0$ , то сбой второго типа.

В случае сбоя первого типа ( $T_1^1 < T_2^1$ ) характеристики надежности для сбоев второго типа не изменяются, поэтому заново определяют лишь величины  $T_1^1$ ,  $\tau_1^p$  и  $t_1^0$  (оператор  $\Phi_{15}$ ). Для сбоя второго типа ( $T_2^1 < T_1^1$ ,  $\omega = 0$ ) определяют  $T_2$ ,  $\tau_2^p$  и  $t_2^0$  и все характеристики надежности обновляются. Оператор  $A_{16}$  определяет  $t^{сб}$  и  $\omega$ , а оператор  $\Phi_{17}$  — величины  $\tau^л$  и  $t^к$ . Управление передается оператору  $A_{18}$ .

Аналогично происходит работа алгоритма и в случае наладки и регулирования загрузочного устройства (условие, проверяемое оператором  $P_{19}$ , не выполнено). Оператор  $\Phi_{20}$  формирует те же величины, что и оператор  $\Phi_{11}$ , но с учетом произведенной наладки и регулирования, а оператор  $\Phi_{21}$  формирует длительность наладки и регулирования  $t^H$  и момент их окончания  $T^к$ .

Если появились отклонения от положения ориентации заготовок (условие, проверяемое оператором  $P_{25}$ , выполнено), то производят подналадку и регулирование устройства, с помощью оператора  $\Phi_{26}$  определяют величины  $\tau^p$ ,  $T_1^1$ ,  $t^0$ , минимум ( $T_1^1$ ,  $T_2^1$ ) и  $\omega$  после

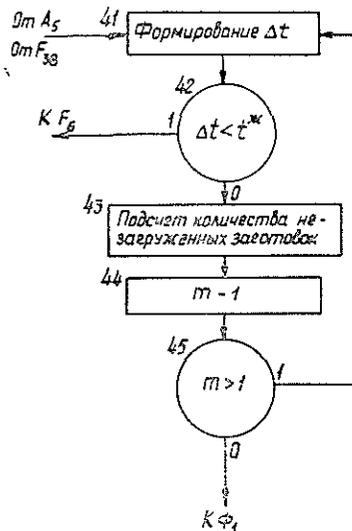


Рис. 2. Подалгоритм учета ограниченного ожидания.

подналадки и регулирования загрузочного устройства (оператор  $\Phi_{28}$ ) и управление передается оператору  $K_{31}$  для подсчета количества заготовок, отклонившихся от ориентирования и загрузки.

Вторая часть алгоритма загрузочную операцию непосредственно не моделирует, а обеспечивает связь и синхронизацию ее с другими операциями производственного процесса (обработку заготовки в станке, контрольные операции и т. д.), а также управление процессом моделирования (фиксация и обработка результатов, переход к очередной заготовке и т. п.). Эта часть алгоритма моделирует систему массового обслуживания [2].

На практике возможны отклонения от составленного алгоритма, что учитывается составлением добавочных подалгоритмов (изменения моделирующего алгоритма), например подалгоритмом ограниченного ожидания. Если заготовка, поступившая к станку от загрузочного устройства, ожидает готовности станка к ее приему (началу обработки) в течение времени не более чем  $t^*$ , то по истечении времени  $t^*$  заготовка не поступает.

Введем операторы:

$F_{41}$  — формирование максимального времени ожидания  $\Delta t$  заготовки;  $\Delta t$  равно максимальному значению  $(t^r - t^n)$ ;

$P_{42}$  — проверка условия  $\Delta t < t^*$ ;

$K_{43}$  — подсчет количества не загруженных в станок заготовок по причине  $\Delta t < t^*$ ;

$K_{44}$  — совпадает с  $K_{33}$ ;

$P_{45}$  совпадает с  $P_3$ .

В этом случае подалгоритм учета ограниченного ожидания имеет вид (рис. 2)

$${}^{5,38,45}F_{41} P_{42}^{\uparrow} {}^6K_{43} K_{44} P_{45}^{\uparrow} {}^{41} \downarrow 1. \quad (2)$$

Подстановка подалгоритма (2) в алгоритм (1) дает выражение

$$\begin{aligned} & {}^{34,36,37,45}\Phi_1 P_2^{\uparrow} {}^{45}P_3 \downarrow {}^6K_4 A_5^{41,3,35,42} F_6 F_7 P_8 \downarrow {}^{39}\Phi_9 \\ & A_{10} \Phi_{11} P_{12} \downarrow {}^{18}P_{13}^{\uparrow} {}^{15}\Phi_{14}^{16,13} \Phi_{15}^{14,15} A_{16} \Phi_{17}^{12,17} A_{18} \\ & P_{19}^{22} \Phi_{20} \Phi_{21}^{24,19} \Phi_{22} A_{23}^{21,23} A_{24} P_{25} \downarrow {}^{29}\Phi_{26} \Phi_{27} A_{28}^{31} \\ & \Phi_{29} K_{30}^{32,28} K_{31}^{30,31} F_{32} K_{33} P_{34}^{\uparrow} {}^1P_{35} \downarrow {}^6F_{36} K_4^6 A_9^6 \\ & P_{37}^{\uparrow} {}^1F_{38}^{41,8} A_{35}^5 \gamma_{40}^{5,38,45} F_{41}^{\uparrow} P_{42}^{\uparrow} {}^6K_{13} K_{14} P_{45}^{\uparrow} {}^{41} \downarrow 1. \end{aligned}$$

Аналогично строят моделирующие алгоритмы для других видов учета отклонений загрузочно-транспортных операций.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Батин И. В., Рыков Е. Н. Загрузочное устройство для круглых криволинейных деталей. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1972, № 3, с. 136—140. [2]. Бусленко Н. П. Моделирование сложных систем. — М.: Наука, 1978, с. 475. [3]. Рыков Е. Н. К теоретическим исследованиям загрузочного устройства для круглых и конических деталей с прямолинейной осью. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1979, № 4, с. 107—113.

## ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 630\*643(470.34)

## К ВОПРОСУ РАЗВИТИЯ ТИПОВ ЛЕСНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Т. С. ЛОБОВИКОВ, В. А. БЕРЕСЛАВСКАЯ, В. Л. ПОЗДЕЕВ

Ленинградская лесотехническая академия

В ходе долголетнего существования лесные предприятия проходят сложный путь развития, характеризующийся существенным изменением объемов и структуры производства, масштабов работ, техники и технологии производства, форм организации предприятий. Эффективное управление этим процессом требует должного внимания к своеобразию типов лесных предприятий. На основе изучения процессов развития предприятий возможно раскрытие основных тенденций и объективных закономерностей их трансформации.

В данной статье рассматривается развитие типов лесных предприятий системы Гослесхоза СССР в Волго-Вятском экономическом районе. В основу типизации положена классификация типов лесных предприятий, предложенная нами, типобразующими факторами которой являются: А — комплексы условий деятельности предприятий, характеризующие степень развитости инфраструктуры, состоянием лесных ресурсов, целевым направлением хозяйства, формой концентрации лесопользования. Эти комплексы обычно удовлетворительно отражаются в принятом делении лесов на группы (I, II, III) и категории; Б — характер внешних транспортных связей предприятий; В — формы централизации управления и внутриотраслевой специализации; Г — формы стадийного развития предприятий; Д — формы концентрации производства; Е — специализация подразделений; Ж — формы комбинирования производств; З — виды транспорта на вывозке леса.

В совокупности 106 предприятий системы Гослесхоза СССР в рассматриваемом регионе сложился 21 тип предприятий. Разнообразие форм действующих предприятий является результатом процесса их развития, трансформации типов экстенсивных форм хозяйствования в формы интенсивные. Наличие в Волго-Вятском экономическом районе многолесных и малолесных районов позволяет проследить этот путь.

Первый тип сложился в многолесных районах Кировской области. Эти предприятия составляют 6 % всей совокупности, функционируют в условиях слабо развитой инфраструктуры (протяженность дорог в среднем 1,7 км на 1000 га площади), высокой лесистости, с преобладанием спелых и перестойных насаждений в составе лесного фонда, с эксплуатационным направлением хозяйства экстенсивного характера, с развитым концентрированным лесопользованием (в эксплуатационных лесах III группы), являются припотребительскими, базируются на автомобильном транспорте, комбинируют лесное хозяйство с переработкой некондиционной древесины. Определяющее значение деятельности этих предприятий — обеспечение лесной промышленности лесосечным фондом и контроль за деятельностью лесозаготовителей. Средний размер главного пользования достигает 811 тыс. м<sup>3</sup> на одно предприятие, или 3 м<sup>3</sup> на 1 га лесопокрытой площади. Рубки главного пользования составляют 98,6 % в общем размере отпуска леса, из них лишь 2 % заготавливается силами лесхозов. Объемы лесохозяйственных работ, в

условиях высокой лесистости и значительных запасов спелых и перестойных насаждений, относительно невелики (0,87 р./га), это в основном мероприятия по отводу лесосек и защите леса. Рубки ухода дают в среднем 0,05 м<sup>3</sup> с 1 га лесопокрытой площади, эта древесина используется лишь на собственную переработку (товары народного потребления).

Длительное извлечение запасов спелого леса приводит к их ограниченности и влечет переход к следующему типу. Эти предприятия сохраняют аналогичные характеристики по большинству факторов, но закончили экстенсивный этап развития и вступили в период некоторого снижения отпуска леса, т. е. в переходную стадию от экстенсивных форм ведения хозяйства к интенсивным. Они расположены также в Кировской области и составляют 10 % общего количества предприятий региона. Средний размер главного пользования здесь составляет 2,7 м<sup>3</sup> с 1 га покрытой лесом площади, или 690 тыс. м<sup>3</sup> на одно предприятие; доля рубок главного пользования 97,5 % в общем размере отпуска леса. Большая протяженность дорог (3,3 км на 1000 га общей площади), наряду с повышением доли неспелых лесов в составе лесопокрытой площади, позволяет увеличить затраты на лесохозяйственное производство в среднем до 1,25 р. на 1 га общей площади. Увеличивается размер рубок промежуточного пользования (0,1 м<sup>3</sup> с 1 га площади), древесина от которого поступает в цехи ширпотреба лесхозов.

Предприятия третьего типа расположены во всех областях и республиках Волго-Вятского экономического района (10 % от общего их числа) и характеризуются более высоким развитием инфраструктуры (транспортная сеть на территории лесного фонда в среднем 6 км на 1000 га площади), но меньшей площадью спелых насаждений, эксплуатационным направлением хозяйства среднего уровня интенсивности и ограниченной концентрацией лесопользования (II группа лесов). Это предприятия припотребительские, на базе автомобильного транспорта, комбинированные (с переработкой некондиционной древесины). Система лесного хозяйства здесь направлена на активное обеспечение быстрого воспроизводства леса с укреплением всех его полезных свойств. Объем главного пользования в среднем на одно предприятие составляет 160 тыс. м<sup>3</sup> (2,5 м<sup>3</sup> на 1 га лесопокрытой площади) и 84 % в общем объеме отпуска леса (5—7 % заготавливают лесхозы). Затраты на лесное хозяйство достигают 1,91 р./га. Заготовленная силами лесхозов древесина от рубок главного и промежуточного пользования (в среднем 0,5 м<sup>3</sup> на 1 га покрытой лесом площади) поступает в переработку в цехах лесхозов\*.

Предприятия четвертого типа (Кировская область, 11 % от общего числа предприятий) отличаются от третьего более высокой интенсивностью хозяйства. Хотя доля рубок главного пользования в данном типе и достигает 76 % отпуска леса (1,8 м<sup>3</sup> с 1 га площади), но в среднем на одно предприятие размер главного пользования составляет лишь 90 тыс. м<sup>3</sup> в год (7—10 % заготавливают лесхозы). Протяженность дорог достигает 6,1 км на 1000 га площади. Рубки промежуточного пользования дают 0,53 м<sup>3</sup> с 1 га покрытой лесом площади, затра-

\* В условиях ограниченно-концентрированного лесопользования, наряду с основным типом, только что охарактеризованным выше, функционируют еще три типа предприятий, весьма близких к данному, но отличающихся от него и различающихся между собой либо формой комбинирования (переработка кондиционных материалов), либо характером транспортных связей (приречное примыкание), либо видом транспорта на вывозке леса (тракторный). Совокупность предприятий этих четырех типов составляет уже 28 % от общего числа предприятий.

ты на лесное хозяйство в среднем равны 3,68 р. на 1 га общей площади. Предприятия этого типа перерабатывают частично кондиционные лесоматериалы (производство пиломатериалов, тары, клепок и др.) и низкокачественную древесину.

Предприятия пятого типа расположены в зоне малой лесистости, с недостаточными ресурсами спелой древесины и интенсивным лесным хозяйством защитного направления в условиях развитой инфраструктуры (леса I группы, Марийская и Чувашская АССР, 15 % в общей совокупности предприятий). Главное место в их деятельности принадлежит лесохозяйственному производству. Здесь установлен наиболее строгий режим лесопользования, направленный на сохранение лесов, улучшения их защитных функций; большая роль отводится реконструкции насаждений, уходу за лесом и другим лесоводственным мероприятиям. Лесопользование здесь осуществляется в таких размерах и такими способами, при которых обеспечивается соблюдение неперенных требований сохранения и усиления особо полезных свойств леса. Заготовка леса невелика по масштабам и в значительной степени децентрализована. Объем рубок главного пользования составляет в среднем 1,6 м<sup>3</sup> на 1 га покрытой лесом площади; доля их в общем объеме отпуска леса 69 %. Рубки главного пользования выполняются силами лесхозов в среднем в размере 16 % от общего их объема. Это предопределяет реализацию лесопроductии преимущественно местным (не крупным) потребителям или собственную переработку. Относительно развитая сеть путей сообщения (в среднем 4 км на 1000 га общей площади) при наличии больших площадей молодняков и средневозрастных насаждений открывает возможности промежуточного пользования в значительных масштабах. Объем рубок ухода в среднем по типу достигает 0,7 м<sup>3</sup> на 1 га покрытой лесом площади. Однако главная масса этой продукции — тонкомерный материал и некачественная древесина. Это обуславливает комбинирование лесохозяйственного производства с переработкой некондиционной древесины и древесной зелени. Выпускается преимущественно ивовое корье, древесный уголь. Производство пиломатериалов фактически отсутствует, налажен выпуск товаров народного потребления. Транспортное освоение территории осуществляется автомобильным транспортом.

По условиям деятельности данному типу аналогичен следующий тип, представленный комплексными лесными предприятиями — лесокосбинатами (Марийская и Чувашская АССР, 10 % в общем количестве предприятий). Лесокосбинаты вывозят древесину к линии железной дороги и пунктам потребления, производят пиломатериалы, тир, клепок, перерабатывают значительную часть некондиционной древесины; они выполняют все виды лесохозяйственных работ; на вывозке леса используют преимущественно автомобильный транспорт. Объем главного пользования составляет в среднем 2,7 м<sup>3</sup> на 1 га лесопокрытой площади и 80 % в общем размере отпуска леса. Затраты на лесное хозяйство достигают в среднем 6,5 р. на 1 га общей площади.

Охарактеризованные 9 типов объединяют 80 % предприятий, что позволяет не описывать 12 остальных типов, каждый из которых представлен одним-двумя предприятиями. Однако нельзя вовсе игнорировать эти 12 типов, поскольку их существование подчеркивает сложность и многообразие условий деятельности предприятий, вызывающие существенные различия в их организации. Наличие еще 12 типов предприятий свидетельствует, что жизнь не допускает шаблонной организации предприятий в различающихся условиях, а требует и достигает своеобразных решений проблемы.

Общие характеристики рассмотренных выше 6 основных типов представлены в таблице.

Тип	Представленность в общей совокупности предприятий, %	Группа леса	Протяженность дорог, км/1000 га территории	Главное пользование, м <sup>3</sup> /га	Доля рубок главного пользования в общем размере отпуска леса, %	Затраты в лесное хозяйство, р./га общей площади	Промежуточное пользование, м <sup>3</sup> /га
1	6	III	1,7	3	98,6	0,87	0,05
2	10	III	3,3	2,7	97,5	1,25	0,10
3	10*	II	6,0	2,5	84,0	1,91	0,50
4	11	II	6,1	1,8	76,0	3,68	0,53
5	15	I	8,0	1,6	69,0	Нет данных	0,70
6	10	I	8,0	2,7	80,0	6,5	Нет данных

\* См. сноску на с. 118.

Рассмотрение различных типов предприятий подсказывает мысль об их генетической связанности. Предприятия высших типов (6, 5, 4 и т. д.), вероятно, являются продуктом последовательного развития лесного хозяйства и лесной промышленности в районе, трансформации первого типа во второй, второго в третий и т. д. Возможно, что такой переход имеет место не во всех случаях, могут быть отклонения, но общий характер процесса проявляется достаточно отчетливо.

Также наглядно прослеживается мысль о последовательном пространственно-географическом расположении типов в регионе. Предприятия, прошедшие путь долголетнего развития и ведущие хозяйство в интенсивных формах (типы 5 и 6), расположены в Марийской и Чувашской АССР. Типы предприятий 3 и 4 представлены в южной части Кировской области и других областях и республиках региона. Более «молодые» типы предприятий с экстенсивными формами хозяйствования (типы 1 и 2) функционируют в центральной части и на севере Кировской области.

Это позволяет утверждать, что трансформация предприятий — явление реальное и закономерное и что каждому предприятию предстоит пройти свой путь развития и трансформации. Очевидно, что таким процессом следует управлять, предотвращая его стихийный ход. В этом плане подтверждается справедливость концепции стадийного развития и возможность использования ее для предвидения и управления процессом развития и трансформации лесных предприятий.

Поступила 16 марта 1981 г.

УДК 331.04

## ЭКОНОМИКО-СТАТИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ ПРОДУКЦИИ ЛЕСОЗАГОТОВОК

И. С. ОЛЬШАНСКИЙ, Е. С. ЛОГИНОВА

Московский лесотехнический институт<sup>1</sup>

В связи с намечаемым переходом лесной промышленности на планирование по нормативно-чистой продукции, а также с введением нормативного метода планирования фонда заработной платы возрастает

значение правильного определения трудоемкости продукции лесозаготовок. Круг факторов, влияющих на качественные показатели работы лесозаготовительных предприятий, изучен достаточно хорошо. В задаче данного исследования входит отбор из всей их совокупности именно тех, которые оказывают наибольшее влияние на трудоемкость лесопродукции.

В результате теоретического анализа были отобраны следующие факторы:  $x_1$  — запас древесины на 1 га, м<sup>3</sup>;  $x_2$  — средний объем хлыста, м<sup>3</sup>;  $x_3$  — годовой объем вывозки, тыс. м<sup>3</sup>;  $x_4$  — среднее расстояние вывозки, км;  $x_5$  — доля вывозки на верхние рюмы, %;  $x_6$  — сезонный запас на 1 января, тыс. м<sup>3</sup>;  $x_7$  — доля вывозки автотранспортом, %;  $x_8$  — техническая вооруженность рабочих, р./чел.;  $x_9$  — фондоотдача на лесозаготовках, м<sup>3</sup>/100 р.;  $x_{10}$  — средний процент механизации работ;  $x_{11}$  — уровень ручного труда, %;  $x_{12}$  — коэффициент изношенности основных фондов, десятые доли единицы;  $x_{13}$  — доля вывозки по грунтовым, лежневым дорогам и тракторами, %;  $x_{14}$  — доля заготовки лиственной древесины, %;  $x_{15}$  — выход деловых круглых лесоматериалов, %;  $x_{16}$  — доля вспомогательных работ в общих затратах труда, %;  $x_{17}$  — выполнение норм выработки на лесозаготовках, %;  $x_{18}$  — доля рабочих, оплачиваемых сдельно, %;  $x_{19}$  — доля заготовки леса укрупненными бригадами от общего объема заготовки, %;  $x_{20}$  — коэффициент обновления рабочих кадров;  $x_{21}$  — коэффициент сезонности вывозки древесины, единицы;  $x_{22}$  — выплаты за выслугу лет на одного рабочего лесозаготовок, р.

Для отбора факторов-аргументов, существенно влияющих на изучаемый показатель, теоретические исследования дополняются методами корреляционного анализа.

По анализу матрицы коэффициентов парной корреляции между отобранными факторами, а также факторами и исследуемым показателем выявлена тесная связь трудоемкости с факторами  $x_1, x_2, x_3, x_5, x_7, x_8, x_{12}, x_{18}, x_{21}, x_{22}$ . Практически нет связи с факторами  $x_4, x_6, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{13}, x_{14}, x_{15}, x_{16}, x_{17}, x_{20}$ .

В дополнение к анализу коэффициентов парной корреляции факторы-аргументы можно отобрать путем построения пробных моделей. Первоначально мы строили экономико-статистическую модель (ЭСМ) на базе факторов, показавших высокие коэффициенты парной корреляции с трудоемкостью заготовки 1000 м<sup>3</sup>, постепенно добавляя факторы, которые не показали высокой парной корреляции, но, по нашему мнению, существенны. Дополнительные факторы включают в ЭСМ, если они улучшают ее статистические характеристики (остаточную дисперсию, коэффициент корреляции).

При построении ЭСМ особенно важен выбор формы связи между зависимой переменной и факторами. В перебор включали следующие виды зависимостей: полином первой и второй степени, гиперболическую, степенную, линейную. В результате математической обработки при имеющемся диапазоне колебаний значений факторов ( $x_{max} - x_{min}$ ) выбран линейный характер зависимости. Параметры ЭСМ определены по методу наименьших квадратов на ЭВМ «Минск-22».

В результате отсева малоинформативных факторов получена следующая модель трудоемкости продукции лесозаготовок:

$$y = 840,495 - 0,366x_1 - 0,083x_3 - 0,722x_5 + 0,352x_6 - 0,631x_7 - \\ - 0,015x_8 - 7,145x_9 + 51,652x_{12} + 0,955x_{13} + 2,582x_{16} - 1,603x_{17} + \\ + 6,395x_{21} - 0,353x_{22}.$$

Статистические характеристики модели: остаточная дисперсия  $S_{\text{ост}} = 592,6$ ; расчетный критерий Фишера  $F = 5,17$ ; табличный  $F_{\text{табл}} = 1,42$ ;  $F > F_{\text{табл}}$ ; коэффициент множественной корреляции  $R = 0,918$ ; средняя квадратичная ошибка коэффициента множественной корреляции  $\sigma_R = 0,018$ ; оценка существенности коэффициента корреляции:  $t$ -критерий расчетный  $t_R = 50,7$ ; табличный  $t_{\text{табл}} = 1,98$ ;  $t_R > t_{\text{табл}}$ .

Статистический анализ уравнения множественной регрессии показал, что модель значима. Факторы, отобранные в модель, определяют около 83 % варьирования исследуемого показателя.

Значения коэффициентов регрессии в натуральном масштабе зависят от принятых единиц измерения  $x$  и  $y$ . Поэтому для оценки влияния факторов на исследуемый показатель целесообразно пользоваться коэффициентами эластичности и  $\beta$ -коэффициентами. Анализируя их, можно выделить группу факторов, оказывающих решающее влияние на трудоемкость продукции лесозаготовок, и, планомерно изменяя их, воздействовать на ее уровень.

В результате анализа коэффициентов регрессии получены данные, приведенные в таблице. Как видно, по абсолютному приросту наибольшее влияние на уровень трудоемкости лесозаготовок оказывают факторы  $x_9$ ,  $x_{12}$ ,  $x_{16}$ ,  $x_{17}$ ,  $x_{21}$ .

Влияние факторов-аргументов  
на трудоемкость продукции лесозаготовок

Факторы	Измене- ние, чел.-дп.	Коэффи- циент эластич- ности	$\beta$ -коэффи- циент	Коэффи- циент вариации $\sigma$
$x_1$	0,37	0,17	0,24	0,18
$x_3$	0,08	0,10	0,30	0,39
$x_5$	0,72	0,11	0,48	0,57
$x_6$	0,35	0,05	0,19	0,53
$x_7$	0,63	0,10	0,33	0,33
$x_8$	0,02	0,12	0,22	0,21
$x_9$	7,14	0,12	0,28	0,28
$x_{12}$	5,16	0,06	0,11	0,20
$x_{13}$	0,10	0,04	0,37	1,22
$x_{16}$	2,58	0,24	0,28	0,13
$x_{17}$	1,60	0,39	0,13	0,04
$x_{21}$	6,40	0,04	0,20	0,68
$x_{22}$	0,35	0,20	0,21	0,12

Анализ коэффициентов эластичности свидетельствует, что наиболее существенно влияют на трудоемкость факторы  $x_{17}$ ,  $x_{16}$ ,  $x_{22}$ .

С учетом уровня колеблемости показателей по предприятиям на первый план выходят такие факторы, как  $x_5$ ,  $x_{13}$ ,  $x_7$ ,  $x_3$ ,  $x_{16}$ ,  $x_{22}$ .

По материалам 23 леспромхозов Вологдалеспрома проведен сравнительный анализ точности определения показателя трудоемкости 1000 м<sup>3</sup> древесины традиционным методом и с применением ЭСМ. В результате оказалось, что точность аппроксимации фактического и планового показателей, рассчитанных традиционным методом, составила 7,8 %, с применением ЭСМ — 4,5 %.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 630\*176.322.6+630\*176.232.3

СОСТОЯНИЕ ДУБА И ОСИНЫ ПРИ СОВМЕСТНОМ ПРОИЗРАСТАНИИ

А. М. ИЛЬИН

Воронежский лесотехнический институт

Состояние дуба и осины мы изучали на пробных площадях, заложенных в Грибановском лесничестве Теллермановского мехлесхоза (Воронежская область), в насаждениях с различным участием этих пород. В лесничестве из 866 га насаждений с участием осины чистые осинники составляют 156 га (18,0 %), насаждения с участием осины в смеси с другими породами, но без дуба — 44 га (5,1 %), дуба с осиной — 76,9 %, или 666 га, в том числе 407 га, или более 61 %, насаждения дуба с примесью осины от трех до одной единицы в составе.

Обработанные данные перечетов на пробных площадях (см. табл.) показывают, что с возрастанием доли осины в смешанном осиново-дубовом древостое ухудшается качественное состояние как осины, так и дуба. При господстве осины создаются условия для массового появления спор гриба ложного осинового трутовика и большего поражения деревьев гнилью. Деревья дуба также испытывают значительное отрицательное воздействие со стороны осины. При меньшем участии осины значительно улучшается состояние и дуба, и осины: дуб меньше угнетается осиной, а осина, произрастая изолированными корнеотпрысковыми клонами, меньше поражается гнилью. Угнетение дуба наблюдается на периферии осинового клона, а сам клон в сформировавшемся древостое не расширяет своих границ и не создает угрозы дубу.

Состояние дуба и осины при совместном их произрастании (данные в переводе на 1 га)

Номер пробной площади	Состав насаждений	Класс возраста	Дуб				Осина		
			Деловая	Полуделовая	Дровяная	Итого	Без плодовых тел	С плодовыми телами	Итого
1	4Д6Ос	III	10	70	170	250	372	58	430
			4,0	28,0	68,0	100	86,5	13,5	100
2	9Д1Ос	III	55	265	205	525	55	—	55
			10,5	50,5	39,0	100	100	—	100
3	4Д6Ос	IV	10	65	150	225	320	70	390
			4,4	28,9	66,7	100	82,0	18,0	100
4	9Д1Ос	IV	280	145	75	500	40	—	40
			56,0	29,0	15,0	100	100	—	100
5	8Ос2Д	V	10	55	110	175	195	230	425
			6,0	20,0	74,0	100	45,9	54,1	100
6	7Д3Ос	V	70	130	210	410	115	15	130
			17,1	31,7	51,2	100	88,5	11,5	100
В среднем по пробным площадям № 1, 3, 5 (больше осины)			4,8	25,7	69,5		71,5	28,5	
В среднем по пробным площадям № 2, 4, 6 (меньше осины)			27,9	37,1	35,0		96,2	3,8	

Примечание. В числителе число стволов, шт.; в знаменателе — %.

Материалы наших исследований дают основание считать, что значительные площади дубрав с малым участием осины (от трех до одной единицы в составе) и куртинным ее расположением не должны вызывать особой тревоги в период роста древостоя. Такие насаждения не только находятся в хорошем санитарном состоянии, но и более ценны в рекреационном отношении. В связи с этим нет необходимости в подобных насаждениях рубками ухода искоренять осину к возрасту главной рубки. Но к этому времени нужно принять меры к подавлению корнеотпрысковой способности осины методом кольцевания за 2—4 года до сплошной рубки или же провести инъекцию в стволы осины 10 %-ного раствора в дизельном топливе бутилового эфира 2,4-D за год до рубки\*.

УДК 621.316 : 658.26

## НОРМИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ ПО УДЕЛЬНОЙ РАБОТЕ РЕЗАНИЯ

В. И. ПЕТРОВ, П. И. ПОТЕРЯЕВ

Архангельский лесотехнический институт

Одна из качественных характеристик промышленного производства — уровень удельного расхода энергоресурсов на производство той или иной продукции. Именно эта характеристика позволяет судить и о культуре промышленного производства, и о соответствии его современному состоянию развития техники, поэтому, согласно действующему Положению [2], все промышленные и приравненные к ним предприятия должны иметь утвержденные в установленном порядке нормы расхода электроэнергии на единицу выпускаемой продукции.

Индивидуальные нормы, применяемые в практике нормирования электроэнергии на предприятиях, подразделяются на технологические, общецеховые и общезаводские и различаются между собой по структуре. Эта структура норм удельного расхода устанавливается исходя из организации и технологии производства, характера и назначения норм, условий полного охвата всех статей расхода электроэнергии, связанных с производством продукции.

На современном деревообрабатывающем предприятии при производстве пиломатериалов в общем случае получают три вида конечной продукции: доску, технологическую щепу и опилки; поэтому, по нашему мнению, и расход электроэнергии можно (и должно) нормировать на конечную продукцию. Однако в настоящее время в лесопильной промышленности норма расхода энергоресурсов устанавливается обычно на обезличенный кубометр пиломатериалов. Расчетную норму  $\delta$  получают по соотношениям типа [1]

$$\delta = \frac{W_T}{P};$$

$$W_T = K_n P_n T_r \alpha,$$

где  $W_T$  — годовое электропотребление на технологические цели;

$P$  — годовой объем полезной промышленной продукции;

$K_n$  — средний коэффициент использования по активной нагрузке установленной мощности электрооборудования;

$P_n$  — установленная (номинальная) мощность электрооборудования;

$T_r$  — годовой фонд рабочего времени;

$\alpha$  — коэффициент несовпадения максимумов, принимаемый [1] равным 0,85.

Введение в формулу коэффициента  $\alpha$  в принципе не оправдано, так как и норма, и отражающий ее коэффициент использования  $K_n$  — величины средние; следовательно, введение коэффициента, характеризующего максимальные нагрузки, малоубедительно.

Однако главный недостаток принятого методического подхода к нормированию энергоресурсов [1] в том, что коэффициенты использования, по существу, — величины статистические со всеми вытекающими из этого последствиями, например, закрепление

\* Ильин А. М. Инъекция бутилового эфира 2,4-D — эффективный метод борьбы с возобновлением осины. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1964, № 6, с. 41—43.

в нормах «вчерашнего» уровня организации производства. Кроме того, эти коэффициенты статичны. Их пересмотр практически может быть осуществлен через десятилетия (как это бывает на практике), поэтому действующие нормы зачастую не отражают ни условий конкретного производства, ни объективных физико-энергетических процессов в производстве продукции.

В теории резания древесины при определении энергозатрат в условиях проектно-конструкторских разработок технологического оборудования широко используют понятие удельной работы резания, которая представляет собой не что иное, как расход энергоресурса на «производство» единицы объема опилок или стружек. И это не только верно, но и достаточно удобно, так как выход технологических опилок (либо стружек) может быть учтен и теоретически, и практически (хотя бы путем обмера).

В основу расчетных соотношений теории резания древесины положена удельная работа резания, или удельная сила резания, определяемая экспериментальным путем и измеряемая в килограмм-силах на квадратный миллиметр ( $\text{кгс}/\text{мм}^2$ ). Необходимо отметить, что удельная работа резания в справочной литературе приведена в килограмм-силах на квадратный миллиметр ( $\text{кгс}/\text{мм}^2$ ), так как работа, затрачиваемая на отделение стружки, измеряется в килограмм-силах-метрах ( $\text{кгс} \cdot \text{м}$ ), а объем — в кубических сантиметрах ( $\text{см}^3$ ), тогда:  $\text{кгс} \cdot \text{м}/\text{см}^3 = \text{кгс} \cdot 1000 \text{ мм}/10^3 \text{ мм}^3 = \text{кгс}/\text{мм}^2$ .

Итак, удельная работа резания — это работа, затрачиваемая на то, чтобы отделить один кубический сантиметр стружки от перерабатываемого сырого материала. Если секундный объем отделяемой стружки обозначить через  $Q$ ,  $\text{см}^3/\text{с}$ , то работа  $A$  за это время выражается в виде:

$$A = KO \text{ кгс} \cdot \text{м}/\text{с},$$

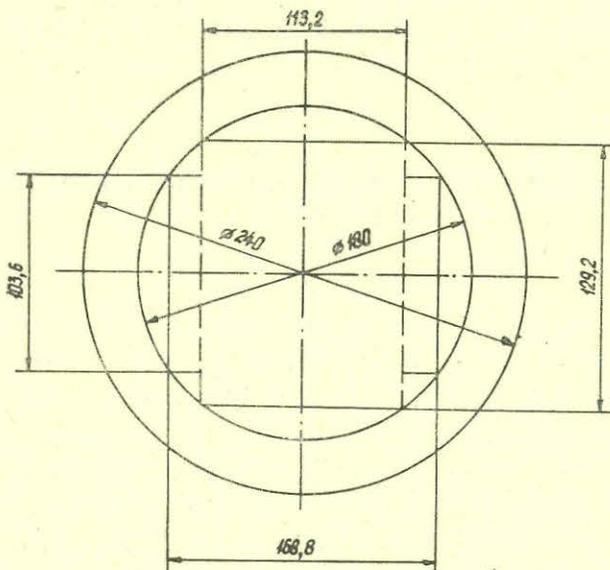
где  $K$  — удельная работа резания,  $\text{кгс} \cdot \text{м}/\text{см}^3$ .

Так как в системе МКГСС единица мощности — килограмм-сила-метр в секунду ( $\text{кгс} \cdot \text{м}/\text{с}$ ), а в системе СИ — ватт (Вт), то для получения мощности в системе СИ можно воспользоваться формулой:

$$P = KO/102 \text{ кВт}.$$

Приводим расчет нормы удельного расхода электроэнергии на производство пиломатериалов для линии агрегатной переработки бревен модели ЛАПБ.

Пусть бревно диаметром 18 см и длиной 6 м распиливается на пиломатериалы сечением  $125 \times 50$  (2 шт.) и  $100 \times 22$  (2 шт.) с одновременной выработкой технологической щепы и опилок (см. рис.). Из бревна объемом  $0,194 \text{ м}^3$  получается следующий выход: фигурного бруса —  $0,122313 \text{ м}^3$ , бруса сечением  $125 \times 50$  —  $0,075 \text{ м}^3$ , бруса сечением  $100 \times 22$  —  $0,0264 \text{ м}^3$ , технологической щепы —  $0,071687 \text{ м}^3$  и опилок —  $0,020913 \text{ м}^3$ .



Принимаем по данным работы [3] удельную работу резания для щепы —  $0,7 \text{ кгс} \cdot \text{см}^3$ , а для опилок —  $3,8 \text{ кгс} \cdot \text{см}^3$ . При скорости подачи  $0,6 \text{ м/с}$  секундный объем щепы и опилок  $O$  составит соответственно  $7168,7$  и  $2091,3 \text{ см}^3/\text{с}$ , тогда мощность  $P$ , затрачиваемая на производство фигурного бруса, равна  $49,2 \text{ кВт}$ , на пиломатериалы —  $77,2 \text{ кВт}$ , а суммарная мощность —  $127,1 \text{ кВт}$ . Часовой расход электроэнергии, равный  $127,1 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ , должен быть распределен между всеми составляющими конечной продукции: пиломатериалами, технологической щепой и опилками. Такое распределение можно произвести пропорционально их отпускной цене по прейскуранту № 07-04.

При принятой подаче  $0,6 \text{ м/с}$  за  $1 \text{ ч}$  работы ЛАПБ распиливается, с учетом межторцовых разрывов,  $50$  бревен общим объемом  $9,7 \text{ м}^3$ . Данные выхода продукции и норм удельного расхода электроэнергии приведены в таблице.

Таблица расчета технологических норм удельного расхода электроэнергии

Продукция	Цена по прейскуранту № 07-04 р./м <sup>3</sup>	Выход продукции		Расход электроэнергии, кВт · ч	Норма удельного расхода электроэнергии, кВт · ч/м <sup>3</sup>
		%	м <sup>3</sup>		
Доска 100×22	73	47	1,32	59,7	45,2
Доска 125×50	67	43	3,75	54,6	14,56
Технологическая щепа	14	8,8	3,58	11,18	3,12
Опилки	2	1,2	1,045	1,52	1,45
Всего		100	9,7	127,1	13,1

В заключение следует отметить, что аналогичные расчеты, базирующиеся на исходном параметре — понятии полезной работы, в частности работы резания, — можно выполнить для любого типа технологического оборудования. При этом норма всегда отражает физический процесс, связанный с преобразованием предметов труда в продукцию.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Временная инструкция по нормированию расхода тепловой и электрической энергии в производстве пиломатериалов. — М.: ВНИПИЭИлеспром, 1980. — 115 с.  
 [2]. Основные положения по нормированию расхода топлива, электрической и тепловой энергии. — М.: Атомиздат, 1980. — 15 с. [3]. Песецкий А. Н. Лесопильное производство. — М.: Лесн. пром-сть, 1970.

УДК 630\*861.15

## ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СОЛЕЙ НА СТАБИЛЬНОСТЬ САХАРОВ ПРИ СУЛЬФИТНЫХ ВАРКАХ

С. А. САПОТНИЦКИЙ

Ленинградская лесотехническая академия

Сульфитная варочная кислота содержит помимо сульфитов ряд других солей, уже присутствующих в воде или переходящих в раствор с зольными элементами древесины.

Мы приводим предварительные данные о влиянии некоторых солей на стабильность сахаров при модельных сульфитных варках.

В водные растворы  $\text{SO}_2$  (концентрация  $5,5 \%$ ), содержащие  $3,5 \%$  глюкозы, вводили в дозировке  $1 \%$  различные соли, после чего проводили трехчасовые варки в ампулах при температуре  $140 \text{ }^\circ\text{C}$ . В контрольной варке (без введения солей) количество глюкозы снизилось на  $12,5 \%$ .

Хлориды и сульфаты, содержащие катионы  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  и  $\text{NH}_4^+$ , не изменили стабильности глюкозы: ее содержание в процессе варки во всех случаях также снизилось на одинаковую величину —  $12,5 \%$ . В отличие от этих солей нитраты, фосфа-

Влияние солей на содержание  $\text{SO}_2$   
в модельных щелоках

Соль	Концентрация $\text{SO}_2$ , %			Израсходо- вано $\text{SO}_2$ на побочные реакции
	непосред- ственно титруемо- го	легкоот- щепляе- мого	Сумма	
$\text{CaSO}_4$	3,36	0,16	3,52	36,0
$\text{MgSO}_4$	3,17	0,18	3,35	39,0
$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	2,97	0,18	3,16	42,2
$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	2,94	0,19	3,13	42,5
$\text{CaCl}_2$	2,83	0,17	3,00	45,5
$\text{NiCl}_2$	2,72	0,16	2,88	48,0
$\text{NH}_4\text{NO}_3$	2,43	0,22	2,65	52,0
$\text{NaNO}_3$	2,29	0,21	2,50	55,0
$\text{Co}(\text{NO}_3)_2$	1,92	0,19	2,11	61,8
$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$	1,53	0,19	1,72	68,7

Примечание. Концентрация в варочной кислоте, %:  
 $\text{SO}_2$  — 5,5; солей — 1,0; глюкозы — 3,5.

ты, а также хлориды и сульфаты, содержащие поливалентные катионы, снижают стабильность сахара. При этом, как видно из таблицы, интенсифицируются окислительно-восстановительные реакции, в которые включаются  $\text{SO}_2$  и по альдегидной группе сахара, в результате чего в щелоке появляются карбонилбисульфитные соединения. Нитраты в этих условиях, кроме того, участвуют вместе с сахарами в других реакциях [1].

Из таблицы следует, что одновалентные анионы по сравнению с поливалентными в большей мере усиливают окислительно-восстановительные реакции, приводящие к снижению содержания  $\text{SO}_2$  в щелоке, и образуют следующий ряд активности в водном сахаросодержащем растворе  $\text{SO}_2$  в процессе термообработки:



Стабильность участвующей в этих реакциях глюкозы, как видно из рис. 1, находится практически в линейной зависимости от степени окисления  $\text{SO}_2$ , меняясь в широком диапазоне.

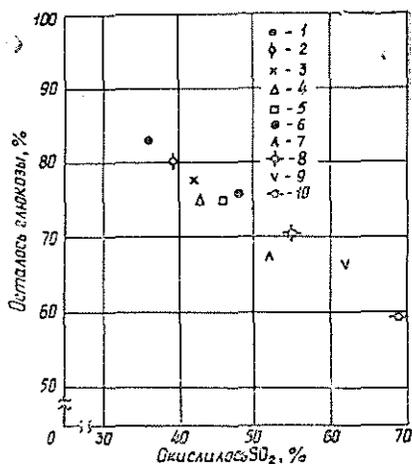


Рис. 1. Влияние солей на стабильность глюкозы при варке в водном растворе  $\text{SO}_2$ .

Сульфаты содержат следующие катионы:  $\text{Ca}^{2+}$  — 1;  $\text{Mg}^{2+}$  — 2;  
фосфаты:  $\text{Na}^+$  — 3;  $\text{NH}_4^+$  — 4;  
хлориды:  $\text{Ca}^{2+}$  — 5;  $\text{Ni}^{2+}$  — 6;  
нитраты:  $\text{NH}_4^+$  — 7;  $\text{Na}^+$  — 8;  
 $\text{Co}^{2+}$  — 9;  $\text{Mg}^{2+}$  — 10.

При одном и том же анионе активность соли в этих реакциях возрастает с повышением валентности катиона.

Проведены варки сахаров в нормальной варочной кислоте, содержащей всего  $\text{SO}_2$  — 6,0, связанного  $\text{SO}_2$  — 0,8 % при применении натриевого или кальциевого основания. Соответственно основанию в варочную кислоту в дозировке от 0,1 до 0,5 % вводили хлориды натрия или кальция.

Эти растворы при концентрации 3,5 % содержали глюкозу или ксилозу — моносахариды, обладающие наименьшей и наибольшей (после арабинозы) реакционной способностью среди сахаров, присутствующих в растворах растительного происхождения [2, с. 134]. Продолжительность варок 3 ч при температуре 140 °С.

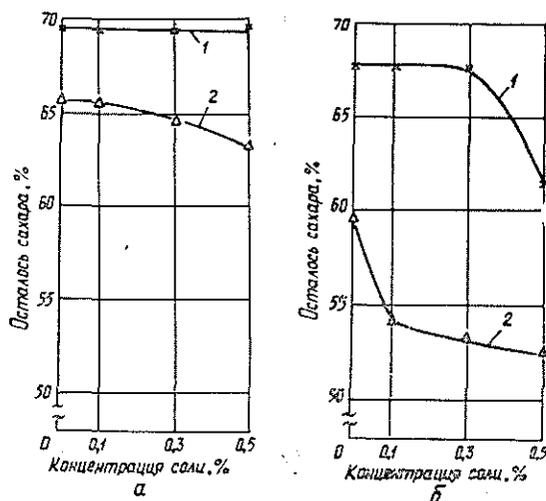


Рис. 2. Влияние хлоридов на стабильность сахаров при сульфитной варке.

1 — глюкоза; 2 — ксилулоза; катион основания и хлорида: Na<sup>+</sup> — а; Ca<sup>2+</sup> — б.

Как видно из рис. 2, общие зависимости сохраняются. В присутствии двухвалентного основания варочной кислоты, независимо от дозировки хлоридов, стабильность обоих сахаров снижается в большей мере, чем при одновалентном основании. Введение хлорида натрия в указанном диапазоне концентраций практически не изменило стабильности глюкозы, но уже при дозировке выше 0,3 % обнаружилась тенденция к снижению стабильности ксилулозы.

В то же время хлорид кальция привел к резкому снижению стабильности обоих сахаров. Различие состоит в том, что для глюкозы это проявилось лишь при концентрации соли выше 0,3 %, а для ксилулозы — при наименьшей концентрации — 0,1 %.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Сапотницкий С. А. Влияние нитратов на стабильность глюкозы в сернистокислых растворах в условиях термообработки. — Химия древесины, 1980, № 1, с. 75—77. [2]. Технология гидролизных производств / В. И. Шарков, С. А. Сапотницкий, О. Д. Дмитриева, И. Ф. Туманов. — М.: Лесн. пром-сть, 1973. — 408 с.

УДК 630\*72:330.115

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭВМ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ ЛЕСОЭКСПОРТНЫХ ПОСТАВОК\*

Г. А. ШМУЛЕВ

Брянский технологический институт

Решение задачи по оптимизации лесозажспортных поставок практически сводится к отысканию оптимального маршрута, при котором достигаются наименьшие транспортные затраты на перевозку данного товара. Начало пути следования находится

\* Статья написана по материалам научно-исследовательской работы 14-80 «Лесоэкспортное районирование территории СССР и рационализация поставок лесоматериалов на экспорт», научным руководителем и исполнителем которой был автор.

в месте производства и называется агрегатной базисной точкой данного района отправления, конец пути — на пограничной станции при железнодорожных поставках или в агрегатном порту назначения страны-импортера при морских поставках.

Базисную точку отправления лесозэкспортных товаров выбирают графически следующим образом: географические пункты размещения предприятий-поставщиков  $k$ -того экспортного товара в каждой области (крае) соединяют между собой по внешнему обводу, затем из вершины каждого из полученных углов проводят биссектрисы; центр пересечения биссектрис принимают в качестве районной базисной точки. Кратчайшая по прямой привязка базисной точки к пунктам отправления лесных товаров на экспорт дает районную точку отправления.

Необходимость и целесообразность использования агрегатных базисных точек вызваны тем, что в нашей стране потенциальное количество самостоятельных предприятий-поставщиков лесных товаров на экспорт, например деловой древесины, равно приблизительно 700, в то время как агрегатных базисных точек насчитывается около 30; при этом точность расчетов снижается лишь на 1—3 %.

В результате таких построений в качестве агрегатных базисных точек по поставкам на экспорт круглого леса приняты следующие железнодорожные станции: ст. Плесецк (Архангельсклеспром), ст. Вологда (Вологдалеспром), ст. Сегежа (Кареллеспром), ст. Ухта (Комплекспром) и т. д.

Подобным образом выбраны и агрегатные базисные порты в отдельных регионах Западной Европы. Таких портов в основных лесоимпортирующих районах мира (с учетом возможных новых стран-импортеров) насчитывается около 40. Следовательно, общий размер матрицы  $30 \times 40$ .

Накопленный отечественный опыт позволяет применить типовую методику решения транспортной задачи по лесозэкспортному районированию (с использованием ЭВМ второго и тем более третьего поколений), учитывая специфику внешнеторговых операций, где возможны два варианта задачи.

Первый вариант характерен для прямых железнодорожных поставок экспортного товара от поставщика до выходного погранпункта или для водных поставок на условиях фоб (т. е. до порта перевалки, включая расходы по перевалке). Второй вариант характерен для смешанных поставок (железнодорожных или водных) до порта перевалки и морским путем от порта перевалки до порта страны назначения.

В обоих вариантах «шапку» матрицы составляют: по горизонтали — пункты отправления (агрегатные базисные точки) соответствующего вида экспортного товара, по вертикали — в первом варианте — страны-импортеры (пограничные выходные станции или пункты), во втором — базисный порт назначения страны-импортера (группы стран), но с выходом через промежуточное звено — порт перевалки.

Основное содержание матрицы — затраты на перевозку единицы экспортного товара от  $i$ -того пункта отправления до  $j$ -того выходного пограничного пункта (порта) в первом случае ( $t_{ij}$ ) и  $l$ -того базисного порта назначения во втором; следовательно, затраты на перевозку единицы товара во втором случае состоят из затрат от пункта отправки до порта перевалки ( $t'_{ij}$ ) и от порта перевалки до порта назначения ( $t''_{ij}$ ). При этом мы придерживаемся той точки зрения, что транспортные расходы на перевозку лесных грузов, в том числе и экспортных, необходимо учитывать и по действующим тарифам (для определения хозрасчетной эффективности рационализации лесозэкспортных поставок), и по приведенным затратам (для определения народнохозяйственной эффективности). Тарифы на перевозку единицы товара (1 м<sup>3</sup>) принимают из соответствующих прейскурантов (ценников) в зависимости от вида транспорта и расстояния перевозки. Приведенные затраты на перевозку единицы лесных грузов рассчитывают по специальной методике.

Таким путем заполняют основное содержание матрицы. В нее остается внести лишь соответствующие объемы: ресурсы  $k$ -того товара в  $i$ -том районе производства и потребности в нем в  $j$ -той стране. Экспортные ресурсы лесных товаров определяют на уровне Госплана СССР путем составления соответствующих материальных балансов (районных, отраслевых и межотраслевых) по каждому экспортному товару. В данном исследовании в качестве экспортных ресурсов приняты объемы, выделяемые Госснабом СССР (экспортные фонды) в разрезе отдельных товаров и по районам (областям, краям) отправления.

При разработке прогноза лесного экспорта на перспективу учитывают возможные (потенциальные) новые районы — поставщики лесных товаров на экспорт по материалам генсхемы развития лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности страны (ВНИПИЭИлеспром).

Потребности стран-импортеров в  $k$ -том виде лесных товаров принимают на основе материалов (биолетелей, обзоров, информации) научно-исследовательского конъюнктурного института (НИКИ) и сектора экспорта лесных товаров ВНИПИЭИлеспрома.

Последующие этапы решения задачи по рационализации лесоэкспортных поставок с применением ЭВМ включают:

- 1) кодирование исходной информации;
- 2) использование (выбор) типовой программы решения задачи на одном из алгоритмических языков в зависимости от типа имеющейся ЭВМ;
- 3) выполнение расчетов на ЭВМ;
- 4) расшифровку полученных результатов и их анализ.

При этом информация, отражающая саму модель (принятый критерий оптимальности), записывается (кодируется) отдельно, так же как и информация, отражающая ограничения модели. Это позволит в последующем первую информацию (после переноса на перфокарты, а затем записи на магнитную ленту) многократно использовать при любом изменении сложившейся ситуации на международном лесном рынке, поскольку такие изменения найдут отражения лишь в ограничениях модели по соответствующему виду (группе) лесоэкспортных товаров, не затрагивая содержания информации по транспортным издержкам (разумеется, при условии, что такие изменения не касались мирового фрахтового рынка и пересмотра тарифов и приведенных затрат на перевозку внутри страны).

В качестве выходной информации ЭВМ дает оптимальную схему (план) движения лесоэкспортных грузов от районов производства до выходных погранпунктов (портов) или до базисных портов стран-импортеров. В информации содержится величина транспортных расходов на перевозку данного товара в каждом направлении и суммарная величина этих затрат (минимальная из всех возможных вариантов движения грузов).

Экономия на транспортных издержках определяется как разница между общей их величиной при сохранении действующей схемы движения грузопотоков лесных товаров и теми транспортными затратами, которые суммируются при использовании оптимального варианта (эта величина выдается машиной).

Однако такому заключительному расчету должен предшествовать анализ (после соответствующей расшифровки) выданных машинной материалов. Этот анализ предполагает сверку всех районов отправления и стран назначения в отношении их ресурсов и потребностей, соответствия общих ресурсов потребностям, а также полученных направлений грузопотоков здравому смыслу (необходимо помнить, что расчеты выполняет машина).

Апробация указанной методики осуществлена на примере определения оптимального плана распределения поставок деловой древесины на экспорт применительно к объемам 1978 г. Расчеты показали, что, например, из лесозаготовительных предприятий Архангельсклеспрома деловую древесину на экспорт целесообразно поставлять лишь по трем направлениям: морем из Маймаксанского лесного порта и железной дорогой на Ягодни (ГДР, Польша) и Чоп (Венгрия, Чехословакия) вместо существующих пяти направлений (Ягодни, Чоп, Лужайка, Рени и морем). Соответственно по объединению Вологдалеспром — по двум направлениям (Чоп, Ленинградский порт) вместо четырех действующих (Ягодни, Чоп, Лужайка, Ленинград) и т. д. Экономия на транспортных расходах в расчете на годовой объем экспорта деловой древесины в 1978 г. составила бы 2,5 млн. р.

Таким образом, использование ЭВМ второго и третьего поколений становится неотъемлемой составной частью управления лесоэкспортными операциями. При этом решение задачи возможно как по каждому сортименту (виду товара) в отдельности, так и по всем лесоэкспортным товарам вместе. Тем самым можно получить сводную (итоговую) оптимальную схему лесоэкспортного районирования внутри страны с привязкой основных лесоэкспортных потоков к конкретным потребителям (странам-импортерам).

## ИЗ ЖИЗНИ ВУЗОВ

## ИНФОРМАЦИЯ

В 1980 г. состоялся первый очередной конкурс на лучшие научные работы, выполненные в высших учебных заведениях страны, учрежденный Минвузом СССР и ЦК профсоюза работников просвещения, высшей школы и научных учреждений.

В конкурсе приняли участие работники из 229 вузов страны, представившие 938 научных работ по актуальным проблемам общественных, естественных, технических и гуманитарных наук, имеющих большое народнохозяйственное, научное и социально-экономическое значение.

По результатам конкурса трем работам присуждены первые премии по 2000 р., шестнадцати — вторые по 1000 р. и сорока шести работам — третьи премии по 500 р. 131 работа награждена Почетными грамотами Минвуза СССР.

Среди награжденных четыре работы лесотехнического профиля, в том числе монография Е. Ф. Морозова «Производство фурфурола» (вторая премия) и работа В. Т. Антонова «Устойчивость древесных растений к промышленным газам» (третья премия). Обе работы из Белорусского технологического института. Две работы, представленные Московским лесотехническим институтом: «Исследование влияния сучков на прочность натуральной и клееной древесины» (коллектив авторов, возглавляемый проф. В. И. Королевым) и «Влияние агротехнических приемов на рост и формирование саженцев с закрытой и обнаженной корневой системой» (коллектив авторов, возглавляемый доц. А. Р. Родиным) — награждены Почетными грамотами Министерства высшего и среднего специального образования СССР и ЦК профсоюза работников просвещения, высшей школы и научных учреждений.

В соответствии с положением и приказом-постановлением Минвуза СССР и Президиума ЦК профсоюза работников просвещения, высшей школы и научных учреждений от 31 декабря 1980 г. за № 1466, в 1982 г. состоится очередной (второй) конкурс на лучшие научные работы, выполненные в вузах, в том числе и по разделам науки в области лесного хозяйства, лесной, целлюлозно-бумажной, лесохимической и деревообрабатывающей промышленности.

На конкурс могут быть представлены научно-исследовательские работы, завершённые в 1980—1981 гг., а также завершённые в 1978—1979 гг. и не участвовавшие в конкурсе 1980 г. На конкурс не представляются работы, удостоенные Ленинской премии, Государственных премий СССР и союзных республик, премий Ленинского комсомола, премий АН СССР и АН союзных республик. Ректоры вузов обязаны провести отбор лучших научно-исследовательских работ, представляемых на конкурс 1982 г., и направить их в министерства и ведомства по подчиненности вуза до 15 января 1982 г.

Авторами (соавторами) представляемых на конкурс работ в соответствии с положением могут быть профессора, преподаватели, учебно-вспомогательный персонал, научные сотрудники, аспиранты, студенты и другие лица, принимавшие непосредственное участие в выполнении представленной на конкурс работы.

Президиум лесотехнической секции НТС  
Минвуза СССР

## НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

УДК 061.3:630\*12

IX СИМПОЗИУМ  
«БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СЕВЕРА»

2—5 июня 1981 г. в Сыктывкаре состоялся IX Всесоюзный симпозиум «Биологические проблемы Севера», проведенный АН СССР, ее филиалами в автономных республиках и областях Севера. В работе симпозиума приняли участие представители более 20 научно-исследовательских и производственных организаций, расположенных на территории от Мурманска до Магадана. О представительности симпозиума и широте обсуждаемых вопросов можно судить по названиям секций: ботаника; растениеводство и интродукция; лесоведение и лесоводство; почвоведение, мелиорация, агрохимия; физиология и биохимия растений; экология животных; физиология и биохимия человека и животных; охрана природы.

Наиболее интересными на пленарных заседаниях были доклады: В. П. Подоплелова «Современное состояние и перспективы развития Европейского Севера» (Коми филиал АН СССР), В. Л. Контримавичуса «Человек и биосфера на Севере» (Институт биологических проблем Севера ДВНЦ АН СССР), Н. М. Щербакова, В. Б. Ларина, М. Д. Некрасова, Л. А. Казакова, В. Г. Чертовского «Основные направления воспроизводства и охраны лесных ресурсов Европейского Севера» (Карельский, Кольский и Коми филиалы АН СССР, Институт леса и лесохимии, Архангельск), А. И. Коровина «Агроклиматические аспекты земледельческого освоения Севера» (ВИР, Ленинград), Е. Г. Боброва «Интрогрессивная гибридизация и геонсторические смены формаций таежной зоны» (БИН, Ленинград), И. Б. Арчеговой и др. «Продуктивность тундровых агрофитоценозов» (Коми филиал АН СССР, В. В. Крючкова «Современное состояние проблемы охраны природы Севера» (Кольский филиал АН СССР). Конкретное обсуждение затронутых вопросов проходило на всех восьми секциях. Здесь мы рассмотрим работу двух из них.

Основными направлениями тематических докладов секции лесоведения и лесоводства были: лесоводственное (А. В. Письмеров, А. В. Побединский; В. Г. Чертовской, Ф. П. Елизаров, В. А. Анисеева; П. А. Борильская, В. И. Ермаков; П. В. Стальская; Л. Н. Фролова, А. В. Веретенников; В. Ф. Цветков, М. В. Багаева), таксационно-лесоустроительное (И. И. Гусев; Н. Н. Свалов; О. А. Неволли; И. П. Кудиннов; А. И. Орлов; А. А. Бахтин; П. А. Тимофеев; Б. А. Семенов, В. С. Корняк и др.), экологическое (А. Д. Волков; С. С. Зябченко; К. С. Бабкова, Э. П. Голенко, Н. Я. Смоленцева, В. В. Тужилкина, А. И. Попов, С. Н. Сенькина; Е. Г. Петров; А. А. Листов; Е. М. Фильрозе; С. Г. Шиятов), репродуктивная деятельность хвойных и семеношение пород (Г. М. Козубов; В. А. Артемов; В. А. Басов; А. И. Барабин; Е. Н. Панкратов, Р. П. Панкратова и др.), лесокультурное (И. В. Ионин; М. Ф. Петров; Н. А. Бабич, В. П. Прохоров, П. А. Феклистов; Ф. А. Паутов), фито- и энтомологическое (Н. Ф. Чумак; Г. К. Андросов; Е. Г. Мозолевская, М. Н. Печенежская; М. М. Долгин; С. Н. Кивиниеми, В. И. Шубин). На всех заседаниях секции при обсуждении докладов были оживленные дискуссии. На заключительном заседании руководитель секции В. Б. Ларин отметил особо острые вопросы, волнующие лесоводов Севера. Это несоответствие масштабов лесомелиоративных работ и лесовосстановления на осушаемых площадях, вызывающая неоправданные расходы государственных средств. Это вопросы создания на научной и селекционной основе лесосеменной базы для выращивания еловых плантаций — сырья для ЦБК Севера, с оборотом рубки 40 лет. Это вопросы увеличения продуктивности лесов, включающих комплекс мероприятий, в том числе применение удобрений и ускорителей роста — фитогормонов.

Решения XXVI съезда КПСС обязывают лесоводов обратить особое внимание на изучение физиологических, биохимических, генетических и иммунологических процессов жизнедеятельности и найти новые стимуляторы роста. Поэтому не случайно, что впервые на секции физиологии и биохимии растений из 58 докладов, включенных в программу, 18 были посвящены вопросам физиологии и биохимии хвойных пород. Приятно отметить, что число научных и исследовательских институтов, занимающихся физиологией и биохимией хвойных, растет. На IX симпозиуме доклады были представлены: Институтом леса и древесины СО АН СССР (Н. Е. Судачкова, Н. Н. Кожевникова; А. Н. Федорова, С. Г. Прокушин, Л. Н. Каверзина; В. И. Осипов, Л. П. Александрова; Г. И. Гирс), Институтом леса Карельского филиала АН СССР (Ю. Е. Новицкая; Г. И. Софронова, П. Ф. Чикина, В. В. Габукова; М. Ф. Макаревский; Е. В. Гинюшкин; М. К. Ильинова, В. С. Родионов, Т. А. Шуляковская, Л. А. Сукко-нен, А. А. Степанов; Ю. И. Ивонис, В. Б. Литвинова, Л. В. Кялина; В. К. Болондинский, Н. Г. Большов, Л. К. Кайбиянен; Т. А. Сазонова, Б. М. Веселков, Л. К. Кайбиянен), Институтом биологии Коми филиала АН СССР (В. В. Тужилкина, А. В. Веретенников; Т. Л. Богданова, К. С. Бобкова, А. И. Патов; В. Б. Скупченко), Воронежским лесотехническим институтом (А. В. Веретенников), Архангельским лесотехническим институтом (П. Ф. Совершаев), Архангельским институтом леса и лесохимии (В. Н. Коновалов; Б. А. Молчанов; Т. А. Чечуева), Сибирским институтом физиологии и биохимии растений СО АН СССР (В. А. Воробьев).

На заключительном заседании симпозиума была принята резолюция, в которой подытожены достижения биологической науки и ее роль в освоении Севера.

Отмечено, что усилия научных учреждений недостаточно скоординированы и отстают от темпов промышленного развития Севера. Результаты научных исследований неполно используются в решении многих проблем освоения Севера. Симпозиум признал необходимым выработать долгосрочную программу по охране биологических ресурсов Северо-Запада СССР.

Четкая организация симпозиума позволила его участникам не только обсудить основные проблемы, но и ознакомиться с работой Института биологии Коми филиала АН СССР, побывать на экскурсиях в тайге и опытных станциях этого института.

IX симпозиум явился новым этапом в объединении усилий ученых различных специальностей для решения сложных проблем развития производительных сил Севера. Материалы симпозиума опубликованы Коми филиалом АН СССР.

П. Ф. Совершаев.

Архангельский лесотехнический институт.

УДК 630\*425 : 061.3

## СОВЕЩАНИЕ ПО МЕТОДАМ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ, ПОВРЕЖДЕННЫХ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ВЫБРОСАМИ

В период с 3 по 6 июня 1980 г. в ЧССР состоялось совещание стран членов СЭВ по вопросам воздействия промышленных выбросов на леса и рекультивации площадей на месте погибших насаждений. Были обсуждены доклады, представленные участниками совещания от различных стран. Основное внимание в работе совещания было уделено ознакомлению с проблемой воздействия промышленных выбросов на насаждения в ЧССР, а также с опытом чехословацких лесоводов по повышению устойчивости существующих насаждений и рекультивации погибших лесов. Организатором совещания являлся Институт лесного хозяйства и охотоведения Чехословакии, расположенный в г. Збраславе под Прагой. Возглавлял работу совещания Я. Матерна — руководитель проблемы в ЧССР.

Доклады, представленные совещанию, свидетельствуют, что проблема воздействия промышленных выбросов на леса актуальна практически во всех странах с интенсивно развитой промышленностью. Наибольшую остроту она приобрела в ЧССР, ГДР, ПНР, НРБ. Основным токсикантом для лесных насаждений в настоящее время является сернистый ангидрид, а главным источником выбросов — тепловые электростанции, работающие на угле.

Организаторы совещания всесторонне ознакомили участников с состоянием данной проблемы в ЧССР. Большой интерес представил осмотр наиболее интересных объектов в Западной и Северной Чехии, где лесные насаждения в течение длительного времени испытывают отрицательное воздействие промышленных выбросов.

По имеющимся данным, в Чехии практически все леса в той или иной степени испытывают отрицательное воздействие промышленных выбросов, а в некоторых районах, например в Рудных (Крушных) и Орлицких горах, поражения насаждений достигли катастрофических масштабов; насаждения хвойных пород погибли на значительных площадях или находятся в состоянии распада. В этой связи в ЧССР, как и в ряде других стран, перед лесным хозяйством встала проблема формирования особой отрасли лесоводства в промышленных районах со свойственными ему специфическими методами ведения хозяйства. Многие аспекты этой проблемы представляют интерес для нашей страны.

1. Катастрофическому распаду насаждений нередко предшествует их медленное ослабление под влиянием хронического воздействия промышленных выбросов. Конечными причинами таких явлений служит, как правило, воздействие неблагоприятных изменений природной среды (засухи, неблагоприятные зимы и др.) на ослабленные насаждения. Это свидетельствует о необходимости своевременного проведения соответствующих мероприятий по оздоровлению насаждений, несмотря на кажущееся их удовлетворительное состояние в латентном периоде воздействия выбросов.

2. Участники совещания единодушно признали, что в числе действенных мер по оздоровлению насаждений на первом месте стоит необходимость снижения выбросов до концентраций, близких к допустимым. Лесоводственно-биологические мероприятия способны лишь в какой-то мере снизить воздействие выбросов, не решая проблемы кардинально.

3. Несмотря на отсутствие узаконенных данных по предельно допустимым концентрациям (ПДК) отдельных выбросов для древесных пород (особенно хвойных) имеющиеся материалы однозначно свидетельствуют об их очень высокой чувствительности к загрязнениям. В ПДК выбросов, разработанные для человека и животных, необходимо вносить существенные изменения при использовании их для оценки воздействия на древесные растения. В то же время степень отрицательного воздействия загрязнителей различна в зависимости от экологических условий. Так, по данным исследований, выполняемых в ЧССР, в экстремальных условиях (бедные почвы, ветроударные склоны, верхние границы лесов в горах и т. п.) хвойные породы, особенно пихта, сильно повреждаются или погибают при концентрациях  $SO_2$   $0,05 \text{ мг/м}^3$ , в более благоприятных почвенных и метеорологических условиях такая же степень повреждения наблюдается при концентрации загрязнителя примерно в 2—2,5 раза большей. «Экологичность» воздействия выбросов — одна из причин, затрудняющих разработку их ПДК для растений.

4. Для исключения случаев катастрофического распада насаждений и связанных с ними потерь древесины ценны применяемые классификации насаждений не только по степени поражения, но и по выделению зон возможного (потенциального) поражения или угрозы. Выделяют, как правило, четыре зоны (А, В, С, D), для каждой разрабатывают специфические требования и методы ведения хозяйства. Например, в зоне А, относящейся к высшей степени угрозы поражения, возраст рубки хвойных пород ограничивается 20 годами. В каждой из последующих зон он увеличивается соответственно на 20 лет. Такая последовательность вводится в связи с тем, что опоздание с вырубкой насаждений приводит к полной или частичной потере имеющегося запаса древесины. Соответственно по зонам назначаются и другие лесохозяйственные мероприятия. Например, в зонах А и В рубки ухода признаются бесполезными или малоэффективными, в то время как в других зонах они дают некоторый положительный эффект. Соответственно в зоне А исключается целесообразность создания культур из хвойных пород, в зонах В и С они допустимы частично, как правило, в более благоприятных лесорастительных условиях.

5. Большое внимание уделяется испытанию и введению в культуры менее чувствительных к выбросам пород, особенно хвойных. Положительно зарекомендовала себя ель колючая (*Picea pungens* Engelm.), культуры которой создаются на значительных площадях. Определенным преимуществом перед местными хвойными породами характеризуются также *Picea mariana* Britt., *Picea omorica* Purk., *Pinus contorta* Dougl.

Из лиственных наиболее устойчивы береза и рябина. Последние используются часто как мелноративные предшественники для хвойных пород на площадях, подлежащих рекультивации. Получены определенные положительные результаты выращивания культур хвойных пород под защитой предварительно созданных полос лиственных насаждений.

6. Ослабление и гибель насаждений обычно сопровождается подкислением почв, их заболачиванием, ухудшением качества вод, формирующихся на водосборах, и другими неблагоприятными явлениями, что требует проведения соответствующих ме-

лиоративных мероприятий. Первые результаты опытов овидетельствуют, в частности, о положительном влиянии на рост культур внесения извести в почву, а также азотных удобрений. Посадка культур в холмики, создаваемые ковшом эконоаватора, в результате чего на поверхность выносятся незагрязненный грунт и уменьшается отрицательное воздействие избыточного увлажнения, также имеет преимущество перед другими способами. Ведутся поиски путей смягчения отрицательных последствий гибели хвойных лесов для водных ресурсов. В частности, изучается возможность замены их лиственными насаждениями и испытываются другие приемы мелнорации водосборных площадей. Рубки ухода, проводимые на начальных стадиях ослабления насаждений, способны в некоторой степени повысить устойчивость остающихся деревьев в результате улучшения условий питания и развития мощной кроны.

7. Большой интерес представляет опыт ЧССР по организации исследований в насаждениях, подвергающихся воздействию выбросов. Кроме использования довольно обширных сетевых наблюдений за состоянием атмосферного воздуха, организован ряд пунктов отбора и последующего анализа воздуха (в основном на содержание  $SO_2$ ) в системе научно-исследовательских учреждений лесного хозяйства. Это позволяет своевременно получать сведения не только о степени поражения насаждений, но и о возможных скрытых воздействиях и их последствиях. Такие материалы, в частности, используются для выделения отмеченных зон угрозы насаждениям и для обоснования мероприятий соответственно ожидаемым воздействиям выбросов.

Научно-исследовательские учреждения ЧССР располагают квалифицированными кадрами и хорошо оснащенными лабораториями. Например, в Чехии, где выбросы оказывают на лес наибольшее отрицательное воздействие, данная проблема решается под руководством крупного специалиста — эколога Я. Матерна. Кроме лаборатории в институте, проблеме воздействия выбросов на леса подчинены исследования специализированной опытной станции в Крушных горах (Устье над Лабой). Заслуживает изучения опыт тесной связи научных подразделений с производственными организациями, тщательность постановки опытов и внедрения разработанных рекомендаций. Заложённые к настоящему времени опытные объекты всесторонне характеризуют различные аспекты воздействия выбросов на леса и возможные пути снижения причиняемого ущерба. Они несомненно будут иметь долговременное значение.

Н. А. Воронков  
ВНИИЛМ

УДК 624.011.1 : 061.3

## ОБ ЭФФЕКТИВНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ДРЕВЕСИНЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В июне 1980 г. в Архангельске состоялось Всесоюзное совещание, посвященное вопросу эффективного использования древесины и древесных материалов в строительстве, организованное Центральным и Архангельским областными правлениями НТО Стройиндустрии совместно с Госстроем СССР, Минлесбумпромом СССР и Минпромстроем СССР.

В работе совещания приняли участие руководители министерств, ведомств и предприятий промышленности, специалисты конструкторских бюро и проектных институтов, ведущие ученые и специалисты научно-исследовательских институтов и вузов страны.

С докладом «Состояние производства клееных деревянных конструкций» выступил В. А. Звягин (Минлеспром СССР). Наряду с положительными сторонами, он отметил неудовлетворительное состояние производства деревянных клееных конструкций (ДКК), связанное с дефицитом специфицированных пиломатериалов и заготовок для склеивания, недостатком водостойких клеев.

Доклад «Основные направления экономного использования древесины в Минпромстрое СССР» представил А. М. Николаев (Минпромстрой СССР). Он осветил основные направления снижения расхода древесины путем создания рациональных конструкций, замены высококачественных пиломатериалов на ДВП, ДСП, фибролит, арболит и др.; максимального сокращения и переработки отходов, совершенствования технологии лесопиления и доревообработки, замены хвойных пород лиственными.

В докладе «Состояние и основные направления развития деревянных конструкций (ДК)» д-р техн. наук, проф. Я. Ф. Хлебной (ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко, Госстрой СССР) отметил, что научно-исследовательскими и проектными организациями разработаны и исследованы основные виды несущих и ограждающих конструкций, нормативные документы и руководства по проектированию, изготовлению и монтажу

ДК, серия ГОСТов и др. Опыт применения ДКК показал, что по сравнению с железобетонными они имеют значительные преимущества: в сельскохозяйственных зданиях расход стали снижается в 1,7—3 раза; вес здания в 2,4—2,9 раза; трудоемкость на монтаже до 2,5 раза; в гражданских зданиях расход стали уменьшается до 50 %; вес покрытия в 4—5 раз; трудоемкость монтажа до 20 %; в производственных зданиях с химически агрессивной средой срок службы увеличивается примерно в 5 раз.

Совещание рассмотрело проблемы и пути дальнейшего развития индустриального производства деревянных конструкций и деталей на основе отечественного и зарубежного опыта, области эффективного применения ДК, результаты научных исследований, вопросы проектирования конструкций из клееной древесины и материалов на ее основе, опыт эксплуатации зданий и сооружений в сельскохозяйственном, промышленном и гражданском строительстве.

Всего было заслушано 40 докладов и сообщений по различным проблемам и аспектам разработки, исследования и внедрения ДКК в строительстве. Участники совещания приветствовал заслуженный деятель науки и техники РСФСР, д-р техн. наук, проф. Г. Г. Карлсен.

Совещание констатировало, что в нашей стране создана новая отрасль строительной индустрии — массовое заводское изготовление деревянных клееных конструкций. В настоящее время введены в строй около 20 предприятий по производству ДКК. Построено более тысячи объектов различного назначения с применением ДКК. Существенные сдвиги произошли в применении ДК в малоэтажном домостроении: в 1979 г. произведено более 1 млн. м<sup>2</sup> деревянных панелей.

В результате комплексных работ организациями Госстроя СССР, Минлесбумпрома СССР, Минсельстроя СССР, Минхимпрома СССР, Минвуза СССР и др. достигнуты серьезные успехи в разработке, исследовании и освоении промышленного выпуска ДКК.

Наряду с успехами совещание отметило недостатки: не всегда рациональное использование древесины в строительстве; отставание объемов заводского изготовления ДК по сравнению с потребностью в них; недостаточно обоснованное размещение специализированных предприятий по производству ДКК по территории страны; наличие маломощных, неспециализированных цехов; проявление ведомственных интересов в обеспечении сырья; слабое внедрение на предприятиях ДКК комплексной переработки древесины и рационального использования отходов; низкое качество подготовки древесины к склеиванию, недостаток специфицированных пиломатериалов, малый ассортимент дешевых водостойких клеев; недостаточная обеспеченность необходимым оборудованием (сушильные камеры, прессы, режущий инструмент и др.); отсутствие пропиточных и защитных материалов комплексного действия; недостаток эффективных методов оценки прочности пиломатериалов и ДКК; неукomплектованность предприятий квалифицированным персоналом рабочих и ИТР; низкий технический уровень типовых проектов панельных домов; недостаток эффективных изоляционных и отделочных материалов для домостроения и др.

Оргкомитет опубликовал тезисы докладов и разработал рекомендации по эффективному использованию древесины в строительстве, обратившись с конкретными предложениями к соответствующим министерствам и ведомствам.

Участники совещания побывали на строительстве крытого катка и рынка, Соломбальском ЛДК, где познакомились с внедрением ДКК на объектах Главархангельскстроя и объединения Северолесоэкспорт, осмотрели отечественные технологические линии по производству ДКК на ЭПЗ «Красный Октябрь», разработанные сотрудниками ЦНИИМОДа. Деревянные конструкции прошлых веков были показаны участникам совещания в музее-заповеднике под открытым небом в Малых Корелах. Была организована выставка продукции заводов КК, панельного домостроения.

**Б. В. Лабудин**

Архангельский лесотехнический институт

## ЮБИЛЕИ

## ХАРИТОН АЛЕКСЕЕВИЧ ПИСАРЬКОВ

## К 85-летию со дня рождения

13 июля 1981 г. исполнилось 85 лет крупному специалисту в области гидротехнических мелиораций сельскохозяйственных и лесных земель, профессору, доктору технических наук Харитону Алексеевичу Писарькову.

Х. А. Писарьков родился в 1896 г. в д. Горбово Смоленской области в семье крестьянина. Высшее образование он получил на агрономическом факультете (отделение сельскохозяйственных мелиораций) Горьковского сельскохозяйственного института. С этих пор вся жизнь Х. А. Писарькова посвящена научной и педагогической деятельности в области мелиорации сельскохозяйственных и лесных земель.

Трудовой путь Х. А. Писарькова начался на кафедре осушения земель и инженерно-мелиоративных изысканий Горьковского сельскохозяйственного института, где он в течение четырех лет работал ассистентом под руководством видных специалистов в области мелиорации А. Д. Дубаха и Р. П. Спарро. С 1929 г. по 1931 г. Х. А. Писарьков работает научным сотрудником I разряда в Ленинградском научно-мелиорационном институте, а затем до 1947 г. — старшим научным сотрудником, заведующим сектором гидромелиорации и заместителем директора по научной части Северного научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации. В этот период он выполнил ряд крупных исследований, за которые ему в 1936 г. без защиты диссертации присуждена ученая степень кандидата сельскохозяйственных наук, а в 1940 г. после успешной защиты диссертации — ученая степень доктора технических наук.

С 1945 г. по настоящее время трудовая деятельность Х. А. Писарькова связана с лесохозяйственным факультетом Ленинградской лесотехнической академии.

Крупный специалист-гидротехник, неутомимый исследователь и талантливый педагог, Х. А. Писарьков внес неоценимый вклад в науку и в подготовку кадров научных и практических работников. Им написано около 100 научных работ, которые явились базой для широкого развития гидромелиоративных исследований на лесных землях и помогли создать стройную теорию гидромелиорации.

Под руководством Х. А. Писарькова выполнены крупные исследования, им подготовлено 25 кандидатов и несколько докторов наук. Обладая громадной научной эрудицией, он щедро делится научными идеями со своими учениками, умело направляет их исследования, результатом чего является решение многих вопросов гидротехнической мелиорации лесных земель.

Большой труд вложил Х. А. Писарьков в педагогическую и учебно-методическую работу, продолжающуюся уже более 50 лет. Он является автором нескольких учебников и учебных пособий по гидротехническим мелиорациям лесных земель, которые используются всеми высшими учебными заведениями страны при подготовке инженеров лесного хозяйства.

Многогранная трудовая деятельность Х. А. Писарькова получила высокую оценку. Он награжден четырьмя медалями и многочисленными грамотами.

Коллектив лесотехнической академии, научные и практические работники в области гидротехнической мелиорации земель и лесного хозяйства знают Харитона Алексеевича Писарькова как большого ученого, талантливого педагога, исключительно скромного, принципиального и трудолюбивого человека и желают ему крепкого здоровья, долгих лет жизни и дальнейших творческих успехов!

Коллектив лесохозяйственного факультета Ленинградской лесотехнической академии

## СОДЕРЖАНИЕ

### ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

А. З. Швиденко, А. А. Строчинский. Нормативы для оценки древостоев при обработке данных выборочно-измерительной таксации в еловых и буковых лесах Карпат . . . . .	3
А. С. Яковлев, Г. К. Незабудкин. Эффективность длительного влияния люпина многолетнего на рост лесных культур дуба . . . . .	6
Н. М. Карташова. Анатомическая структура листьев ольхи серой, культивируемой на промышленных отвалах Курской магнитной аномалии . . . . .	10
М. И. Калинин. Структура и пластичность корневой системы сосны обыкновенной . . . . .	13
Н. К. Чернышева, В. В. Князева, В. А. Дымович. Антибиотическая активность фитопатогенных грибов — возбудителей шютте хвой сосны и ели . . . . .	17
П. И. Войцаль, А. И. Барабин. Простой способ определения урожая ели . . . . .	19
В. В. Цыплаков, Ю. П. Назаров. К вопросу о фрезерной обработке лесной почвы и ее температурном режиме . . . . .	22
Ю. И. Колесников, Г. И. Ларин. Расчет сил сопротивления подрезанию почвенного пласта затупленным лезвием лемеха лесного плуга . . . . .	26

### ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

Л. В. Коротьев. Исследование релаксационных колебаний трелевочных и штабелевочных канатных установок . . . . .	30
Ф. А. Павлов, В. Н. Жданов, А. С. Вишняков. Эффект применения синтетического нетканого материала в основании колеяного покрытия из железобетонных плит . . . . .	38
В. К. Хегай. О некоторых вопросах динамики валочно-пакетирующих машин (ВПМ) при пакетировании деревьев . . . . .	43
В. Г. Кочегаров, Ю. А. Ширнин. Исследование некоторых параметров трелевочных машин . . . . .	47
Я. В. Слодкевич, А. И. Андреев-Твердов. Исследование влияния основных параметров лесосечных транспортных машин на эффективность их работы . . . . .	52
Б. А. Ильин. О размещении сети лесовозных дорог в лесных массивах . . . . .	56

### МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

О. П. Афанасьев. Критерии подобия и формулы пересчета при моделировании различных технологических процессов . . . . .	62
Б. П. Ерыхов, Н. В. Липцев, В. Е. Чибирев. Определение эффективного коэффициента диффузии с помощью динамического модуля сдвига . . . . .	70
А. Г. Сидельников, А. В. Александров, О. А. Терентьев. К вопросу о выборе толщины перфорированных плит потокораспределителей напорных ящиков бумагоделательных машин . . . . .	75
Р. Е. Калитеевский, И. А. Коноплева. Влияние системы поставок на дробность сортировки бревен при ограниченном числе выпиливаемых сечений пиломатериалов . . . . .	78
Ф. Т. Тюриков, Н. Р. Теплова. Резерв использования фанерного сырья . . . . .	80
М. Ю. Варакин. Боковая жесткость и колебания ленточных пил в зависимости от различных факторов . . . . .	82
В. Б. Снопков, Т. В. Сухая. Влияние некоторых факторов на эффективность применения сапронеля в производстве древесноволокнистых плит . . . . .	86
А. Р. Михайлова. О распределении напряжений во впадинах зубьев рамных пил . . . . .	90

### ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

А. И. Киприанов, Т. И. Прохорчук, Е. Н. Кибасова, Л. М. Митрофанова. Влияние процесса выпарки на состав органических веществ сульфатных щелоков. Групповой состав органических веществ черных щелоков листовного потока Котласского ЦБК . . . . .	95
---	----

<i>Н. И. Богданович, Е. Д. Гельфанд, Н. А. Парфентьева.</i> Исследование взаимодействия гидролизного лигнина в твердой фазе с газообразным серным ангидридом . . . . .	98
<i>Н. Г. Цмыг, П. Ф. Валендо.</i> Использование полимерного коагулянта катионного типа в производстве водостойкого картона . . . . .	103
<i>В. Я. Полуянович, Ю. П. Клюев.</i> Использование модифицированного таллового масла для пластификации наполненного полиэтилена . . . . .	105

#### КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

<i>Н. В. Мурашкин, Ю. И. Архипов, Е. Т. Тюрин.</i> О научной организации техобслуживания и ремонта трелевочных тракторов . . . . .	109
<i>Е. Н. Рыков.</i> Составление моделирующего алгоритма для процесса загрузки заготовок на автоматизированном загрузочном устройстве . . . . .	111

#### ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

<i>Т. С. Лобовиков, В. А. Береславская, В. Л. Поздеев.</i> К вопросу развития типов лесных предприятий . . . . .	117
<i>И. С. Ольшанский, Е. С. Логинова.</i> Экономико-статистическое моделирование трудоемкости продукции лесозаготовок . . . . .	120

#### КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

<i>А. М. Ильин.</i> Состояние дуба и осины при совместном произрастании . . . . .	123
<i>В. И. Петров, П. И. Потеряев.</i> Нормирование электропотребления на производстве пиломатериалов по удельной работе резания . . . . .	124
<i>С. А. Сапотницкий.</i> Влияние различных солей на стабильность сахаров при сульфитных варках . . . . .	126
<i>Г. А. Шмудев.</i> Использование ЭВМ при оптимизации лесозаготовочных поставок . . . . .	128

#### ИЗ ЖИЗНИ ВУЗОВ

<i>Президиум лесотехнической секции НТС Минвуза СССР.</i> Информация . . . . .	131
--	-----

#### НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

<i>П. Ф. Совершаев.</i> IX симпозиум «Биологические проблемы Севера» . . . . .	132
<i>Н. А. Воронков.</i> Совещание по методам рекультивации лесных насаждений, поврежденных промышленными выбросами . . . . .	133
<i>Б. В. Лабудин.</i> Об эффективном использовании древесины в строительстве . . . . .	135

#### ЮБИЛЕИ

<i>Коллектив лесохозяйственного факультета Ленинградской лесотехнической академии.</i> Харитон Алексеевич Писарьков. К 85-летию со дня рождения . . . . .	136
Рефераты . . . . .	142

#### К сведению читателей

С января 1982 года цена за экземпляр нашего журнала устанавливается в размере 1 руб. 40 коп.

Это связано с увеличением стоимости бумаги для печати, затрат на полиграфическое исполнение и доставку журнала подписчикам.

Стоимость годовой подписки 8 руб. 40 коп.

## CONTENTS

### FORESTRY

<i>A. Z. Shvidenko, A. A. Stochinsky.</i> The mathematical models for the stand volume measurement in spruce and beech stands of Karpathians . . . . .	3
<i>A. S. Yakovlev, [G. K. Nezabudkin].</i> Efficiency of <i>Lupinus pelyphyllus</i> lengthy influence on the growth of oakforest cultures . . . . .	6
<i>N. M. Kartashova.</i> The anatomical structure of the leaves of specked alder cultivated on the industrial dumps of the KMA . . . . .	10
<i>N. I. Kaltin.</i> The structure and plasticity of common pine root system . . . . .	13
<i>N. K. Chernysheva, V. V. Knyazeva, V. A. Dymovich.</i> Antibiotic activity of phytopathogene fungi stimulating shutter in the needles of pine and spruce . . . . .	17
<i>P. I. Voichal, A. I. Barabin.</i> Simple method for determination the crop of spruce . . . . .	19
<i>V. V. Tsyplakov, Yu. P. Nazarov.</i> On the question of tilling forest soil with a cutter and its temperature regime . . . . .	22
<i>Yu. I. Kolesnikov, G. I. Larin.</i> Calculation of the resistance strengths when cutting the soil lauer with the blunt forest plough blade . . . . .	26

### FOREST EXPLOITATION

<i>L. V. Korotyayev.</i> Investigation of relaxation oscillations of skidding and piling cable installations . . . . .	30
<i>F. A. Pavlov, B. N. Zhdanov, A. S. Vishnyakov.</i> Effect of application of synthetic unwoven material in the foundation of reinforced—concrete track . . . . .	38
<i>V. K. Hegay.</i> On some questions of dynamics of felling-bunching machines in the process of bunching trees . . . . .	43
<i>V. G. Kochegarov, I. A. Shirnin.</i> Investigation of some parameters of skidding machines . . . . .	47
<i>Ya. V. Slodkevich, A. I. Andreev-Tverdov.</i> Investigation of the influence of main parameters of transport machines in wood-cutting area on the effectiveness of their work . . . . .	52
<i>B. A. Ilyin.</i> On placing the network of logging roads in forest stands . . . . .	56

### MECHANICAL TECHNOLOGY AND WOODSCIENCE

<i>O. P. Afanastev.</i> Criteria of similarity and formulas of evaluation when modelling different technological processes . . . . .	62
<i>B. P. Erykhov, N. V. Liptsev, V. E. Chibirev.</i> The use of dynamic modulus of shear for determination of effective coefficient of diffusion . . . . .	70
<i>A. G. Sidelnikov, A. V. Aleksandrov, O. A. Terentiev.</i> On the choice of thickness of the flow distributor perforated plates for the paper making machines' headboxes . . . . .	75
<i>R. E. Kaliteevsky, I. A. Konopleva.</i> Influence of the system of saw-bills on the group grading of logs with the limited number of sections of lumber sawn . . . . .	78
<i>F. T. Tyurikov, N. R. Teplova.</i> Reserve of utilizing veneer raw material . . . . .	80
<i>M. Yu. Varakin.</i> Side rigidity and vibrations of band-saws depending of different factors . . . . .	82
<i>V. B. Snopkov, T. V. Sukhaya.</i> Influence of some factors on the effectiveness of using sapropel in the fibreboards manufacture . . . . .	86
<i>A. R. Mikhailova.</i> On distribution of stresses in the gullets of gang saws . . . . .	90

### CHEMICAL WOODWORKING

<i>A. I. Kiprianov, T. I. Prokhorchuk, E. N. Kibasova, L. M. Mitrofanova.</i> Influence of evaporation process on the composition of organic substances in sulphate liquors. Group composition of black liquor organic components of deciduous flow of Kotlas cellulose and paper mill . . . . .	95
--	----

<i>N. I. Bogdanovich, E. D. Gelfand, N. A. Parfentjeva.</i> Investigating the interaction of solidphase hydrolysis lignin with gaseous sulphuric—acid anhydride . . . . .	98
<i>N. G. Tsmyg, P. F. Valendo.</i> Using polimeric coagulant of cationic type in the hidrophobic board production . . . . .	103
<i>V. Ya. Poluyanovich, Yu. P. Kluev.</i> On using modified tall oil for plastification of filled polyethylene . . . . .	105

#### COMPLEX MECHANIZATION AND AUTOMATION OF PRODUCTION PROCESSES

<i>N. V. Murashkin, Yu. I. Arkhipov, E. T. Tyurin.</i> On scientific organization of maintenance and repairs of skidding tractors . . . . .	109
<i>E. N. Rykov.</i> The making of modelling algorithim for the process of charging halffinished products at on automatic charging apparatus . . . . .	111

#### ECONOMICS AND ORGANIZATION OF PRODUCTION

<i>T. S. Lobovikov, V. A. Bereslavskaya, V. L. Pozdeev.</i> On the probleme of developing the types of forest enterprises . . . . .	117
<i>I. S. Olshansky, E. S. Loginova.</i> The economic-statistic modelling of the labour input of logging production . . . . .	120

#### SHORT REPORTS AND EXCHANGE OF EXPERIENCE

<i>A. M. Ityin.</i> The condition of oak and aspen when growing together . . . . .	123
<i>V. I. Petrov, P. I. Poteryaev.</i> Normalization of consumption of electric energy according to specific cutting work when making lumber . . . . .	124
<i>S. A. Sapotnitsky.</i> Influence of different salts on stability of sugars at sulphit cooking . . . . .	126
<i>G. A. Shmulev.</i> The use of electronic computer at optimization of timber-export supplies . . . . .	128

#### EROM VUSES LIFE

<i>Presidium of forest engineering section of scientific and technical council of the USSR Ministry of higher schools.</i> Information . . . . .	131
--	-----

#### SCIENTIFIC CONFERENCES AND DELIBERATIONS

<i>P. F. Sovershaev.</i> IX symposium „Biological problems of the North“ . . . . .	132
<i>N. A. Voronkov.</i> Conference on the methods of recultivation of forest plantations damaged with industrial escape . . . . .	133
<i>B. A. Labudin.</i> The conference on effective use of wood in construction . . . . .	136

#### JUBILEE

<i>The workers of the Faculty of forestry of Leningrad Forest Technical Academy.</i> Kh. A. Pisarkov the 85 <sup>th</sup> birthday . . . . .	137
Referates . . . . .	142

## РЕФЕРАТЫ

УДК 630\*5

Нормативы для оценки запаса древостоев при обработке данных выборочно-измерительной таксации в еловых и буковых лесах Карпат. ШВИДЕНКО А. З., СТРОЧИНСКИЙ А. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 4, с. 3.

Предложена методика разработки нормативов для оценки запаса при реласкопической таксации, базирующаяся на использовании закономерностей строения древостоев. Для еловых и буковых древостоев Карпат по указанной методике разработаны математические модели нормативов, использующие в качестве входов средние видовые числа, диаметры и высоты древостоев. Подтверждена достаточная точность нормативов и необходимость учета средних высоты и диаметра древостоев как формообразующих факторов. Ил. 2. Табл. 3. Библиогр. список: 7 назв.

УДК 630\*232:633.367

Эффективность длительного влияния люпина многолетнего на рост лесных культур дуба. ЯКОВЛЕВ А. С., НЕЗАБУДКИН Г. К. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 4, с. 6.

По данным изучения опытно-производственных культур дуба с люпином и без него, созданных на дерново-слабоподзолистой среднесуглинистой почве на покровных суглинках, анализируется рост и продуктивность дуба в 16- и 26-летних смешанных культурах с кленом ясенелистным и акацией желтой. Табл. 4. Библиогр. список: 15 назв.

УДК 581.845

Анатомическая структура листьев ольхи серой, культивируемой на промышленных отвалах Курской магнитной аномалии. КАРТАШОВА Н. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 4, с. 10.

Изложены результаты исследований анатомической структуры листьев ольхи серой, культивируемой на двух различных грунтосмесях одного из отвалов КМА. Сделан вывод, что в зависимости от условий почвенного питания на разных грунтосмесях одни параметры структуры в худших условиях увеличиваются, другие, напротив, уменьшаются. Табл. 3. Библиогр. список: 9 назв.

УДК 630\*181.36

Структура и пластичность корневой системы сосны обыкновенной. КАЛИНИН М. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 4, с. 13.

Дано определение и описание структуры корневых систем деревьев. Анализируются изменения их структуры под влиянием экологических и биотических факторов. Установлена степень проявления пластичности корневых систем под влиянием окружающей среды. Ил. 1. Табл. 4. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 630\*443:58.09

Антибиотическая активность фитопатогенных грибов — возбудителей шютте хвой сосны и ели. ЧЕРНЫШЕВА Н. К., КНЯЗЕВА В. В., ДЫМОВИЧ В. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 4, с. 17.

Приведены результаты исследования антибиотической активности фитопатогенных грибов *L. pinastri*, *L. macrosporum*, выделенных из хвой сосны и ели,

а также активности мицелия и культуральной жидкости различных штаммов *L. pinastri*. Показано, что изучаемые культуры грибов подавляют рост ряда граммотрицательных и грамположительных микроорганизмов, а также фитопатогенных грибов и бактерий. Табл. 2.

УДК 630\*232.31

Простой способ определения урожая ели. ВОЙЧАЛЬ П. И., БАРАВИН А. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 4, с. 19.

Между урожаем шишек на первых пяти мутовках дерева и их числом на всей кроне существует определенная статистическая связь. Деревья, дающие среднее количество шишек, имеют средний для ели или близкий к нему диаметр. Для практических целей достаточно подсчитать шишки на 10—20 деревьях. Даны формулы для определения переводного коэффициента и общего числа шишек на пробной площади. При хорошем и обильном урожае шишек следует использовать коэффициенты: при среднем диаметре ели 20 см — 4, при 24 см — 5, при 28 см — 9. Табл. 3. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 631.51:630\*116.13

К вопросу о фрезерной обработке лесной почвы и ее температурном режиме. ЦЫПЛАКОВ В. В., НАЗАРОВ Ю. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 4, с. 22.

Фрезерная обработка лесной почвы уменьшает амплитуду колебания ее температуры и в условиях Юго-Востока способствует хорошему росту всходов дуба черешчатого. Ил. 1. Табл. 1. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 631.512.001.2

Расчет сил сопротивления подрезанию почвенного пласта затупленным лезвием лемеха лесного плуга. КОЛЕСНИКОВ Ю. И., ЛАРИН Г. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 4, с. 26.

Приведены теоретические уравнения для расчета сил сопротивления подрезанию почвенного пласта затупленными лезвиями прямого и косоугольного клина-лемеха и результаты экспериментального исследования зависимости тягового сопротивления плуга ПКЛ-70 от радиуса затупления лезвия лемеха. Ил. 3. Табл. 1. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 630\*375.4

Исследование релаксационных колебаний трелевочных и штабелевочных канатных установок. КОРОТЯЕВ Л. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 4, с. 30.

Релаксационные колебания трелевочных и штабелевочных канатных установок вызывают большие по амплитуде переменные нагрузки на их узлы. Изложены результаты исследований этих колебаний. Дано решение дифференциального уравнения этих колебаний и определены их показатели. Ил. 1. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 625.874

Эффект применения синтетического нетканого материала в основании колеиного покрытия из железобетонных плит. ПАВЛОВ Ф. А., ЖДАНОВ В. Н., ВИШНЯКОВ А. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 4, с. 38.

Приведены результаты экспериментальных исследований полномасштабных моделей дорожных одежд из железобетонных плит при статическом и динамическом приложении нагрузки. Установлено, что применение синтетического нетканого материала способствует повышению прочности дорожной одежды; снижает полные осадки плит на 4—15%, уменьшает остаточные деформации на 17—62% и способствует более мягкому характеру деформирования подстилающих слоев — уменьшает скорость прогиба поверхности одежды на 24—26%. Ил. 4. Табл. 1. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 630\*32.001.24

О некоторых вопросах динамики валочно-панетрирующих машин (ВПМ) при пачетировании деревьев. ХЕГАЙ В. К. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 4, с. 43.

Рассматривается динамика ВПМ при валке дерева на машину. Для оценки динамики ВПМ используются коэффициенты передачи динамических нагрузок. Дается методика определения рациональных параметров жесткости подвесок приемного устройства и корпуса базовой машины. Ил. 3. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 630\*36

Исследование некоторых параметров трелевочных машин. КОЧЕГАРОВ В. Г., ШИРНИН Ю. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 4, с. 47.

Приведены методика расчета и номограмма, позволяющие установить зависимость производительности трелевочных машин от их веса, мощности двигателя, объема трелеваемой пачки и коэффициента сопротивления движению машины. Рассматривается целесообразность модернизации технологического оборудования трелевочных машин. Ил. 1. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 629.11.003.13

Исследование влияния основных параметров лесосечных транспортных машин на эффективность их работы. СЛОДКЕВИЧ Я. В., АНДРЕЕВ-ТВЕРДОВ А. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 4, с. 52.

Излагается методика расчета основных параметров проектируемых лесотранспортных машин, при которых применение новой техники в заданном районе эксплуатации обеспечит максимальный экономический эффект. Приведены результаты расчетов оптимальных параметров подборщика-транспортровщика пачек деревьев и трелевочного трактора, оснащенного чокерным оборудованием. Ил. 1.

УДК 625.721.006.8

О размещении сети лесовозных дорог в лесных массивах. ИЛЬИН Б. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 4, с. 56.

Изложены основы метода размещения лесовозных путей в лесных массивах, основанного на применении дорог с современной стоимостью постройки и содержания 1 км в зависимости от величины осваиваемого лесного грузопотока и обеспечивающего лучшее использование затрат на строительство лесовозных путей и уменьшение расстояния трелевки. Ил. 3. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 531.3.001.57

Критерии подобия и формулы пересчета при моделировании различных технологических процессов. АФАНАСЬЕВ О. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 4, с. 62.

Применительно к процессам тепломассопереноса в сушильных камерах и к динамике транспортных средств выбраны критерии подобия, теоретически обоснованы приемы физического моделирования и получены необходимые формулы пересчета натуральных параметров на модельные и обратно. Показана доступность экспериментальных исследований на моделях. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 630\*812

Определение эффективного коэффициента диффузии с помощью динамического модуля сдвига. ЕРЫХОВ Б. П., ЛИПЦЕВ Н. В., ЧИБИРЕВ В. Е. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 4, с. 70.

Исследовано влияние продолжительности гидротермической обработки при различных температурах на вязко-упругие свойства сосновой и березовой древесины. Показана возможность использования динамического модуля сдвига для определения характеристик диффузионных процессов, происходящих при гидротермической обработке. Ил. 4. Табл. 1. Библиогр. список: 8 назв.

УДК 676.2.056.15

К вопросу о выборе толщины перфорированных плит потокораспределителей напорных ящиков бумагоделательных машин. СИДЕЛЬНИКОВ А. Г., АЛЕКСАНДРОВ А. В., ТЕРЕНТЬЕВ О. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 4, с. 75.

В статье рассматривается движение волокнистой суспензии через отверстия перфорированных плит и предлагается формула для расчета необходимой толщины этих плит. Ил. 1. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 674.09-791.8.001.5

Влияние системы поставов на дробность сортировки бревен при ограниченном числе выпиливаемых сечений пиломатериалов. КАЛИТЕВСКИЙ Р. Е., КОНОПЛЕВА И. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 4, с. 78.

Рассмотрен вопрос выбора системы рациональных поставов с помощью электронно-вычислительной машины при выпиливании ограниченного числа спецификационных сечений пиломатериалов. Рациональная система поставов определяет дробность сортировки сырья и позволяет не увеличивать количество размерных групп бревен. Ил. 1.

УДК 674.093.26.03.003

Резерв использования фанерного сырья. ТЮРИКОВ Ф. Т., ТЕПЛОВА Н. Р. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 4, с. 80.

В статье рассматривается вопрос рационального использования сбеговой зоны фанерных чураков. Приводятся результаты теоретических исследований по выходу шпона из сбеговой зоны чураков при их различных размерах и разных толщинах шпона. На основании теоретических расчетов построены графики выхода шпона в зависимости от длины и толщины чураков и толщины шпона. Ил. 2.

УДК 621.935

Боковая жесткость и колебания ленточных пил в зависимости от различных факторов. БАРАКИН М. Ю. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 4, с. 82.

Приведены результаты экспериментальных исследований по изучению боковой жесткости и колебаний пил для распиловки древесины в зависимости от ряда факторов. Даны рекомендации по

повышению работоспособности данного вида дереворежущего инструмента. Ил. 3. Табл. 1. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 674.048:674.817-41

**Влияние некоторых факторов на эффективность применения сапропеля в производстве древесноволокнистых плит.** СНОПКОВ В. Б., СУХАЯ Т. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 4, с. 86.

При проклейке древесноволокнистых плит сапропелем последний следует вводить в количестве 0,8—1,0% к волокну, а осаждение проводить при рН, равном 3,5—5,0. Кислотность и наличие в дисперсионной среде минеральных солей и продуктов деструкции древесины в пределах, характерных для производства древесноволокнистых плит, не вызывают коагуляции сапропеля, хотя и приводят к увеличению его частиц. Ил. 2. Табл. 3. Библиогр. список: 10 назв.

УДК 674.053

**О распределении напряжений во впадинах зубьев рамных пил.** МИХАЙЛОВА А. Р. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 4, с. 90.

Исследовано напряженное состояние впадины зуба рамной пилы. Построены эпюры контурных напряжений во впадине зуба от совместного действия сил резания и натяжения полотна. Получен коэффициент концентрации напряжений в основании зуба при действии на пилу силы натяжения полотна и сил резания. Приведена зависимость коэффициента концентрации от радиуса закругления. Расчет произведен методом конечных элементов. Ил. 4. Табл. 2. Библиогр. список: 9 назв.

УДК 676.11.082.1

**Влияние процесса выпарки на состав органических веществ сульфатных щелоков.** КИПРИАНОВ А. И., ПРОХОРЧУК Т. И., КИВАСОВА Е. Н., МИТРОФАНОВА Л. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 4, с. 95.

Исследован количественный групповой состав органических веществ сульфатных щелоков листовенного потона Котласского ЦБК. Показано, что в процессе выпарки черных щелоков происходит изменение количественных соотношений основных групп органических веществ. Табл. 3.

УДК 661.183.12

**Исследование взаимодействия гидролизного лигнина в твердой фазе с газообразным серным ангидридом.** БОГДАНОВИЧ Н. И., ГЕЛЬФАНД Е. Д., ПАРФЕНТЬЕВА Н. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 4, с. 98.

Описана лабораторная установка по обработке сухого лигнина газообразным серным ангидридом, изложены методики проведения экспериментов и оценки качества продукта. Ил. 5. Библиогр. список: 9 назв.

УДК 676.6.02

**Использование полимерного коагулянта катионного типа в производстве водостойкого картона.** ИМБИГ Н. Г., ВАЛЕНДО П. Ф. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 4, с. 103.

Исследована возможность использования сополимера на основе метакриламида и аминоэфиров метакриловой кислоты в качестве коагулянта при гидрофобизации листовых волокнистых материалов парафиновыми дисперсиями. Предложен механизм взаимодействия компонентов системы волокнистая масса — таллово-парафиновая дисперсия в

присутствии полимерного катионного коагулянта. Ил. 1. Табл. 1. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 658.581:630\*377.44

**О научной организации техобслуживания и ремонта трелевочных тракторов.** МУРАШКИН Н. В., АРХИПОВ Ю. И., ТЮРИН Е. Т. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 4, с. 109.

Рассмотрены три рода закономерностей, характеризующих процесс изменения технического состояния тракторов. Приведены законы распределения случайных событий в парке тракторов ТДТ-75 и определена полная трудоемкость техобслуживания в зависимости от значения параметра потока отказов и среднего времени их восстановления. Табл. 1.

УДК 62-229.6

**Составление моделирующего алгоритма для процесса загрузки заготовок на автоматизированном загрузочном устройстве.** РЫКОВ Е. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 4, с. 111.

Приведена методика составления моделирующего алгоритма для процесса загрузки заготовок на автоматизированном загрузочном устройстве при механической обработке заготовок в технологическом оборудовании. Исследуется движение заготовки из начального (исходного) положения до загрузки в накопитель (магазин) или в станок методом математического моделирования, а также отклонения от положения ориентирования и загрузки (сбои в работе) при занятости ориентирующего механизма и накопителя. Приведены необходимые для построения алгоритма операторы, из которых и составляется моделирующий алгоритм, рассматривают его части. Составляют подалгоритм, учитывающий отклонения от составленного алгоритма, и подставляют в выражение основного алгоритма. Ил. 2. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 630\*643 (470.34)

**К вопросу развития типов лесных предприятий.** ЛОБОВИКОВ Т. С., БЕРЕСЛАВСКАЯ В. А., ПОЗДЕВ В. Л. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 4, с. 117.

Выделены и охарактеризованы наиболее распространенные типы лесных предприятий Волго-Вятского экономического района. Установлены пространственно-географическое расположение типов предприятий региона, последовательность их трансформации в процессе развития. Табл. 1.

УДК 331.04

**Экономико-статистическое моделирование трудоемкости продукции лесозаготовок.** ОЛЬШАНСКИЙ И. Е., ЛОГИНОВА Е. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 4, с. 120.

Построена ЭСМ трудоемкости производства 1000 м<sup>3</sup> древесины. Определен характер и степень воздействия факторов на трудоемкость продукции лесозаготовок. Табл. 1.

УДК 630\*176.322.6+630\*176.232.3

**Состояние дуба и осины при совместном произрастании.** ИЛЬИН А. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 4, с. 123.

Установлено, что на значительных площадях дубравной зоны совместно произрастают дуб и осина. Незначительная примесь осины в виде корнеотпрысковых клонов не оказывает отрицательного влияния на рост и качество

дуба, а при большей примеси угнетается дуб и повышается фаунистность обеих пород. Табл. 1.

УДК 621.316:658.26

**Нормирование электропотребления при производстве пиломатериалов по удельной работе резания.** ПЕТРОВ В. И., ПОТЕРЯЕВ П. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 4, с. 124.

При конструкторских расчетах, связанных с проектированием силовой части деревообрабатывающего оборудования, широко используется понятие удельной работы резания, определяемой количеством расходуемой энергии на единицу отделяемых от исходного сырья стружки и опилок. В статье предлагается использовать этот показатель в качестве исходного для определения норм удельных расходов электрической энергии на выработку пиломатериалов и другой продукции. Ил. 1. Табл. 1. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 630\*861.15

**Влияние различных солей на стабильность сахаров при сульфитных варках.** САПОТНИЦКИЙ С. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 4, с. 126.

При термообработке глюкозы в водном растворе  $SO_2$  введение нитратов, фосфатов, а также хлоридов и сульфатов, содержащих поливалентные катионы, снижает стабильность сахара и интенсифицирует окислительно-восстановительные реакции  $SO_2$ . Одновалентные анионы в этих процессах проявляют по сравнению с поливалентными анио-

нами повышенную активность. При одном и том же анионе активность соли возрастает с повышением валентности катиона. Ил. 2. Табл. 1. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 630\*72:330.115

**Использование ЭВМ при оптимизации лесоэкспортных поставок.** ШМУЛЕВ Г. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 4, с. 128.

В работе изложены возможности использования современных ЭВМ при решении задач по рационализации лесоэкспортных поставок, что позволяет снизить затраты на транспортировку лесоэкспортных грузов, а значит, повысить эффективность лесного экспорта.

УДК 061.3:630\*12

**IX симпозиум «Биологические проблемы Севера».** СОВЕРШАЕВ П. Ф. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 4, с. 132.

УДК 630\*425:061.3

**Совещание по методам рекультивации лесных насаждений, поврежденных промышленными выбросами.** ВОРОНКОВ Н. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 4, с. 133.

УДК 624.011.1:061.3

**Об эффективном использовании древесины в строительстве.** ЛАБУДИН В. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 4, с. 135.