

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

---

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ  
ЗАВЕДЕНИЙ

---

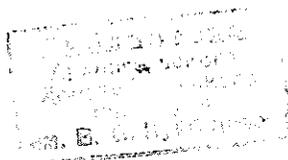
*Лесной журнал*

Журнал основан в 1957 году

2

1982

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, проф. 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, инженеров лесного хозяйства и лесной промышленности, преподавателей вузов и техникумов, студентов старших курсов лесотехнических институтов.

© ИВУЗ, «Лесной журнал», 1982.

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

---

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ  
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 2

---

Сдан в набор 1/II 1982 г. Подписан к печати 10/VI 1982 г.  
Форм. бум. 70×108<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Печать высокая. Усл. печ л. 12,95. Уч.-изд. л. 15,1  
Сл. 00023. Тираж 1490 экз. Заказ 674. Цена I двуб. 40 коп  
Типография им. Склепина издательства Архангельского обкома КПСС,  
г. Архангельск, пр. Новгородский, 32.

## ОСВАИВАТЬ И ВНЕДРЯТЬ ПЕРЕДОВОЙ ОПЫТ

ЦК КПСС рассмотрел вопрос об опыте работы коллективов Котласского и Соликамского целлюлозно-бумажных комбинатов по экономному и рациональному использованию древесного сырья, топливно-энергетических и других материальных ресурсов. В принятом постановлении отмечается, что коллективы комбинатов, претворяя в жизнь директивы XXV и XXVI съездов партии, решения Пленумов ЦК КПСС и указания Генерального секретаря ЦК КПСС товарища Л. И. Брежнева, накопили большой положительный опыт в повышении эффективности производства, экономии сырья и топливно-энергетических ресурсов.

В результате целеустремленной работы по осуществлению технического перевооружения производства, внедрения передовой технологии, автоматизации производственных процессов, частичной модернизации оборудования на Котласском комбинате за последние пять лет выпуск целлюлозы увеличился в 1,5 раза, бумаги для печати — в 2,5 раза, весь прирост продукции получен за счет повышения производительности труда. Затраты на 1 р. товарной продукции ниже среднеотраслевых на 25 %.

Коллектив комбината одним из первых в отрасли стал применять для производства древесноволокнистых плит листовенную древесину, доведя ее ежегодное потребление до 2 млн. м<sup>3</sup>. Достигнут самый низкий в отрасли расход древесины на 1 т целлюлозы. Из побочных продуктов химической переработки древесного сырья Котласский комбинат ежегодно выпускает 4,7 тыс. т кормовых дрожжей, около 3 тыс. т жирных кислот, 4 тыс. т канифоли. На предприятии практически полностью используются вторичные горючие энергоресурсы. Благодаря продуманной организации труда, механизации и автоматизации производственных процессов, совмещению профессий, расширению зон обслуживания, высвобождено 2300 человек.

Замечательных успехов добился и коллектив Соликамского целлюлозно-бумажного комбината — одного из ведущих в стране поставщиков газетной бумаги. На основе снижения массоемкости продукции коллектив комбината добился значительного повышения эффективности использования древесного сырья. В 1981 г. масса 1 м<sup>2</sup> газетной бумаги снижена на 0,6 г. За счет этого выпуск бумаги увеличен на 72 млн. м<sup>2</sup>, сэкономлено 15 тыс. м<sup>3</sup> древесины и 1,5 млн. кВт·ч электроэнергии.

ЦК КПСС высоко оценил и одобрил опыт работы двух гигантов лесохимии.

Пример Котласского и Соликамского комбинатов поучителен, прежде всего, нацеленностью на экономию и бережливость, точным расчетом, постоянным поиском и максимальным использованием имеющихся

возможностей для ускорения научно-технического прогресса, роста производительности труда, увеличения выпуска и повышения качества продукции. Здесь смело и решительно внедряют новшества в практику. На предприятиях созданы творческие группы, отлажена система инженерного обеспечения рационализаторской и изобретательской мысли. Ценность опыта отмеченных коллективов заключается в доступности, возможности повторить его на любом предприятии.

Отличительная черта котласских и соликамских бумажников — постоянная связь с научно-исследовательскими учреждениями отрасли и высшими учебными заведениями Москвы, Ленинграда, Архангельска, Перми и многих других городов. На предприятиях действуют базовые кафедры лесных вузов, что позволяет намного улучшить подготовку специалистов, более тесно увязать учебно-научную работу кафедр с материальным производством.

Проблемные и отраслевые лаборатории и кафедры лесотехнических вузов немало сделали для ускорения научно-технического прогресса в целлюлозно-бумажной промышленности. Большие планы научного сотрудничества приняты и на XI пятилетку. Постановление ЦК КПСС об опыте Котласского и Соликамского комбинатов обязывает еще более широко развернуть научные исследования, придать им комплексный характер, повысить отдачу.

Одобренный партией опыт целлюлозно-бумажных предприятий выходит далеко за рамки отрасли и имеет народнохозяйственное значение. В лесотехнических вузах он должен быть внимательно изучен и использован в преподавании и научно-исследовательской работе на всех факультетах и специальностях, стать важным звеном в деле дальнейшей интеграции высшего образования, науки и производства.

---

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 630\*566

СПОСОБ ВЫРАВНИВАНИЯ ГУСТОТЫ ДРЕВОСТОЕВ  
ПРИ ИЗУЧЕНИИ ИХ ХОДА РОСТА

Ю. И. СУХОРУКИХ, И. В. ТРЕЩЕВСКИЙ, В. В. УСПЕНСКИЙ

Воронежский лесотехнический институт

При составлении таблиц хода роста древостоев экспериментальные данные выравнивают аналитически или графически. В соответствии с методикой ЦНИИЛХа [4], для выравнивания таксационных элементов используют линейные уравнения. Преимущества и недостатки этого метода неоднократно отмечались в литературе [1—3].

П. В. Воропанов [2], изучая общую продуктивность насаждений, пришел к выводу, что во всех графических и аналитических исследованиях роста насаждений основная роль должна быть отведена числу и размерам деревьев, а не их производным: сумме площадей сечений и запасу.

Действительно, применение при выравнивании таких показателей, как число деревьев ( $N$ ), средний диаметр ( $D$ ) и средняя высота ( $H$ ) древостоя, определяемых в натуре с высокой точностью ( $\pm 2-5\%$ ) и поэтому наиболее близких к истинным средним значениям, повысит качество выравнивания.

Применительно к этому целесообразно густоту древостоя выравнивать по значениям  $N$ . Однако из-за значительного варьирования этой величины (до 65%) в одном и том же возрасте в насаждениях с различной густотой точность подобного выравнивания будет низкой.

Известно, что конкретные значения  $D$ ,  $H$ ,  $N$  отличаются от выравненных. В их различии прослеживается определенная закономерность, суть которой заключается в том, что в нормальном насаждении с увеличением числа деревьев их диаметр и высота уменьшаются. При этом, если конкретные значения  $N$  отличаются от выравненных со знаком плюс, то  $H$  и  $D$ , как правило, со знаком минус. Проведенные расчеты с таблицами хода роста сосновых насаждений А. В. Тюрина и исходными пятью таблицами, положенными в их основу, подтвердили это положение.

Наличие закономерности, при которой значения  $D$ ,  $H$  и  $N$  имеют ошибки с противоположными знаками, навело на мысль использовать синтетический показатель, который включал бы в себя алгебраическую сумму ошибок  $D$ ,  $H$ ,  $N$ . При этом общая ошибка, в соответствии с ранее указанной закономерностью, уменьшалась бы, а значение показателя приближалось бы к его истинной величине. Таким показателем может быть произведение  $HDN$ .

Наличие в  $HDN$  величины  $N$ , незначительный коэффициент варьирования ( $C = 5,2\%$ , табл. 1) при различной густоте древостоев, объединение размеров и числа деревьев, определяемых с высокой точностью при перече на пробах, делают пригодным сочетание  $HDN$  для расчета значений  $N$  по данным проб в насаждениях с различной густотой. При этом  $N$  может быть определено по формуле: 
$$N = \frac{HDN}{HD}$$

Таблица 1

Параметры	Среднее значение признака	Основная ошибка	Основное отклонение	Точность опыта, %	Коэффициент варьирования, %
<i>N</i>	573	26,23	58,65	4,58	10,2
<i>HN</i>	14 898	637,03	1424,4	4,28	9,6
<i>HD</i>	7,7	0,2093	0,468	2,72	6,1
<i>HDN</i>	4410	102,94	230,17	2,33	5,2

Определение густоты древостоев *N* по этой формуле при графическом выравнивании дает высокую точность (табл. 1). Кроме того, значения *HDN* и *HD* характеризуются слабым варьированием, что снижает субъективный фактор при выравнивании.

Для проверки пригодности предлагаемого метода была выравнена густота по показателям пробных площадей, заложенных в древостоях сосны с различной густотой в Центрально-Черноземном районе. Исходные данные для сосны Iа класса бонитета (тип лесорастительных условий С<sub>2</sub>) приведены в табл. 2. Полученные значения густоты (*N*) и результаты сравнения их с данными всеобщих таблиц хода роста, составленных А. В. Тюриным, даны в табл. 3.

Таблица 2

Возраст, лет	Средняя высота <i>H</i> , м	Средний диаметр <i>D</i> , см	Число стволов на 1 га <i>N</i> , шт.	<i>HD</i>	<i>HDN</i>	Коэффициент формы ствола $q_2$
16	7,9	8,2	5480	0,6478	3549,9	0,70
37	18,1	16,6	1649	3,0046	4954,6	0,70
42	19,8	15,7	1856	3,1086	5769,6	0,71
43	20,6	20,3	1320	4,1818	5519,98	0,64
54	22,2	20,7	1125	4,5954	5169,8	0,68
53	24,0	24,5	846	5,88	4974,5	0,64
57	27,2	25,4	920	6,9088	6356,1	0,68
61	27,3	29,3	620	7,9989	4959,3	0,68
62	24,4	22,8	1035	5,5632	5757,9	0,68
62	24,1	24,4	770	5,8804	4527,9	0,66
63	24,1	21,8	1040	5,2538	5463,95	0,68
78	27,2	27,2	673	7,3984	4979,1	0,67
83	30,9	32,0	597	9,888	5903,1	—
98	32,0	36,4	412	11,648	4798,98	—
100	34,3	42,5	333	14,5775	4854,3	0,65
100	30,7	40,3	329	12,3721	4070,4	0,62

Таблица 3

Возраст, лет	Выравненные значения		Густота, шт./га		Отклонение вычисленных значений от табличных, %
	<i>HDN</i>	<i>HD</i>	вычисленная	табличная	
20	3825	1,1	3477	3330	+4,4
30	4350	2,3	1891	2050	-7,8
40	4825	3,4	1419	1430	-0,8
50	5150	4,7	1096	1055	+3,9
60	5400	6,2	871	820	+6,2
70	5400	7,8	692	670	+3,3
80	5250	9,3	565	562	+0,5
90	4900	11,5	426	483	-11,8
			10437	10400	-2,1

Средняя густота сосняков по таблицам А. В. Тюрина в исследуемых вариантах составляет 1300 шт./га, расчетная густота по данным проб — 1305. Отклонение вычисленного числа стволов от табличного составило 0,4 %, что свидетельствует о высокой точности выравнивания по данному способу.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Анучин П. Н. Лесная таксация. — М.: Лесн. пром-сть, 1977. — 512 с. [2]. Воробанов П. В. Метод расчета общей продуктивности насаждений при построении таблиц хода роста. — М.: Лесн. пром-сть, 1966. — 128 с. [3]. Загреев В. В. Географические закономерности роста и продуктивности древостоев. — М.: Лесн. пром-сть, 1978. — 240 с. [4]. Курбатский Н. П., Мокеев Г. А. Методика исследования хода роста древостоев, установления пригодности существующих и составления новых таблиц хода роста. — В кн.: Сб. трудов ЦНИИЛХ. Л.: Гослесбумиздат, 1937, с. 26—37.

Поступила 14 октября 1981 г.

УДК 630\*81

### О ВЗАИМОСВЯЗИ ВЛАЖНОСТИ И ПЛОТНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ РАСТУЩИХ ДЕРЕВЬЕВ

О. И. ПОЛУБОЯРИНОВ, Г. Н. НЕКРАСОВА, Р. Б. ФЕДОРОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Факторы, определяющие изменчивость влажности и плотности древесины растущих деревьев, исследованы довольно широко [2—4, 8—10, 12, 14—16]. Изучено влияние сезона года, времени суток, условий местопроизрастания на влажность дерева. Имеются данные об изменчивости влажности древесины в продольном и поперечном направлениях. Очень скудны и мало достоверны данные об изменчивости влажности древесины внутри насаждений. Между тем такие данные вместе со сведениями об изменчивости плотности древесины внутри насаждений могут быть использованы при определении содержания сухого вещества в древесном сырье, при оценке способности древесины к сплаву и в других чисто практических целях.

В своем исследовании мы поставили цель путем параллельного изучения влажности и плотности древесины растущих деревьев ответить на вопрос, не является ли условная плотность древесины одним из внутренних факторов, определяющих среднюю влажность дерева. Положительный ответ на этот вопрос в значительной степени расширил бы представления о биологической роли плотности древесины, являющейся, как известно, важнейшим показателем качества древесного сырья.

Исследование проводили в Лисинском учебно-опытном лесхозе (Ленинградская область), в средневозрастных насаждениях III класса бонитета. По каждой из исследуемых пород была заложена пробная площадь. Модельные деревья (ели — 15, сосны — 11; березы — 15 и осины — 15 шт.) срубили в последних числах июня. Модельные деревья после обрубki сучьев разделяли на 10 секций, с каждой из которых были выпилены шайбы, а затем выколоты образцы в виде секторов (рис. 1). По каждой секции определяли условную плотность древесины ( $\rho_{усл}$ ) и абсолютную влажность, т. е. влагосодержание по отношению к сухой массе древесины ( $W$ ). Оба показателя определяли на одних и тех же образцах.

Влажность древесины находили весовым методом, а условную плотность древесины — методом измерения выталкивающей силы образца, погруженного в воду [12]. Затем по каждой модели рассчитывали среднюю взвешенную (по объему древесины каждой секции) влажность и условную плотность древесины.

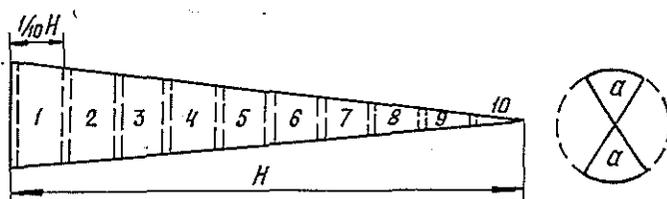


Рис. 1. Схема отбора образцов для определения плотности и влажности древесины.

1, 2, 3 ... 10 — секции ствола. Пунктиром показаны места взятия образцов (шайбы); а — сектора, выкальываемые из шайб.

Результаты исследования представлены в таблице, а также на рис. 2—3.

Порода	Влажность древесины, %				Плотность древесины, кг/м <sup>3</sup>			
	средняя	минимальная	максимальная	Коэффициент изменчивости, %	средняя	минимальная	максимальная	Коэффициент изменчивости, %
Ель	129	96	166	15,19	335	300	372	5,53
Сосна	138	113	156	9,66	367	341	417	6,33
Береза	87	79	94	4,83	440	397	478	4,08
Осина	74	63	81	7,13	386	353	414	2,96

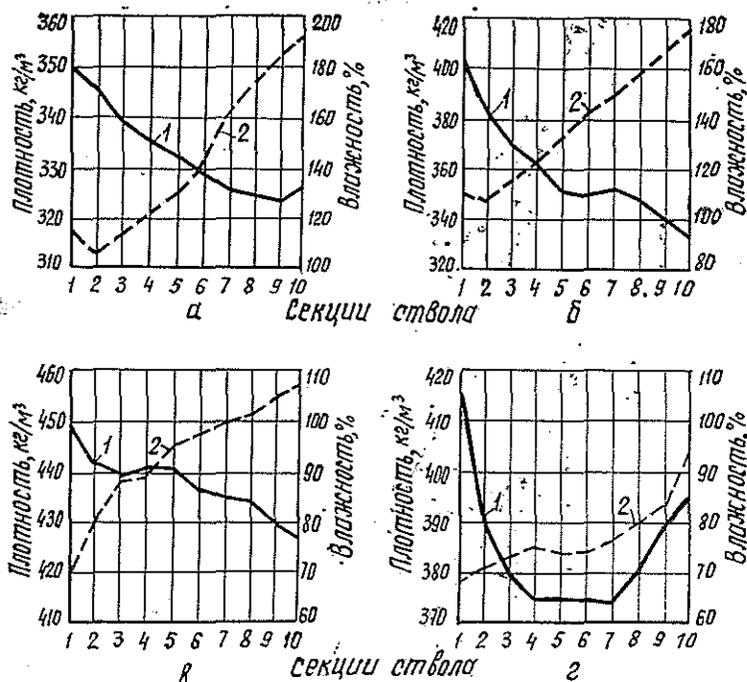


Рис. 2. Изменение условной плотности (1) и влажности (2) древесины в продольном направлении ствола.

а — ели; б — сосны; в — березы; г — осины. Обобщенные данные по всем модельным деревьям.

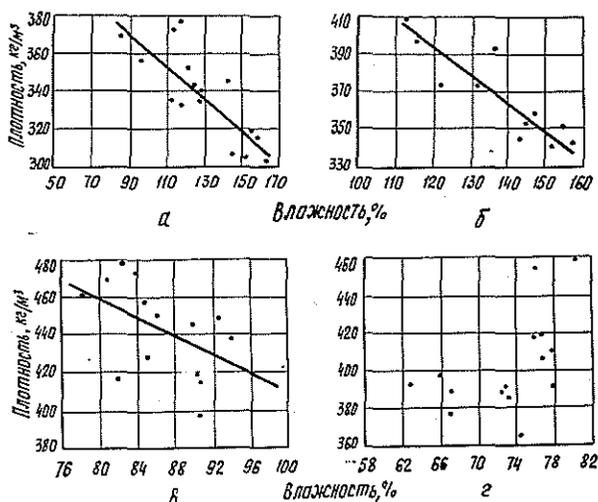


Рис. 3. Связь условной плотности и влажности древесины в стволах.

а — ели; б — сосны; в — березы; г — осины.

Полученные данные позволяют рассчитать число модельных деревьев, которые необходимо срубить, чтобы вычислить средние значения  $\rho_{\text{усл}}$  и  $W$  с точностью 5 % при вероятности получаемого результата 0,95. Это число моделей для определения влажности составляет (с округлением): ели — 35, сосны — 14, березы — 4, осины — 7; для определения плотности соответственно 6, 7, 4 и 3.

Наши данные об изменчивости плотности древесины оказались несколько ниже ранее полученных [12]. Однако, несмотря на это, можно констатировать большую изменчивость влажности древесины в насаждениях по сравнению с изменчивостью плотности.

Сравнение изменчивости влажности и плотности древесины показывает, что из двух способов определения содержания сухого вещества в древесном сырье, из которых один основан на данных о влажности и весе (массе), а другой — на данных об условной плотности древесины и ее объеме [13], предпочтителен второй способ, связанный с измерением менее изменчивого показателя — условной плотности древесины.

Проанализируем изменчивость плотности и влажности древесины в продольном направлении (рис. 2). Полученные данные в целом соответствуют прежним представлениям об изменчивости этих показателей, за исключением картины изменчивости плотности древесины ели, для которой характерно большее, чем было установлено в настоящем исследовании, возрастание плотности древесины в вершинной части ствола. Это отклонение от типичного для ели распределения плотности древесины может быть объяснено тем, что еловые модели были срублены в насаждении с преобладанием осины и березы и характеризовались сравнительно слабо развитыми кронами. Из прежних исследований [11—12] известно, что чем слабее крона ели, тем меньше возрастание плотности древесины в вершинной части ствола.

Рассмотренные совместно графики изменения влажности и плотности древесины в продольном направлении ствола ели, сосны, березы напоминают очертания греческой буквы  $\chi$ , что свидетельствует о противоположной направленности изменения изученных признаков. И только

у осины наблюдается резкое отклонение от общей закономерности. Предполагаемая причина такого отклонения рассмотрена ниже.

На основе представленных на рис. 3 данных о соотношении средней влажности и условной плотности древесины исследованных модельных деревьев были рассчитаны уравнения связи между названными показателями для ели, сосны и березы. Уравнения имеют следующий вид и соответствующие коэффициенты корреляции:

для ели

$$\rho_{\text{усл}} = 443,36 - 0,84W; r = -0,814 \pm 0,087;$$

для сосны

$$\rho_{\text{усл}} = 575,24 - 1,51W; r = -0,890 \pm 0,060;$$

для березы

$$\rho_{\text{усл}} = 667,94 - 2,62W; r = -0,520 \pm 0,190.$$

Таким образом, для хвойных пород установлена сильная, а для березы — средняя теснота связи между изученными показателями свойств древесины. Из данных, представленных на рис. 3, следует, что для осины связь между  $\rho_{\text{усл}}$  и  $W$  отсутствует. Это объясняется, по-видимому, биологическими особенностями породы, повсеместно поражаемой ядровой гнилью. Хотя в опыте были использованы модельные деревья без видимых признаков заболевания, не исключается, что имела место первоначальная скрытая стадия поражения. Известно, что в начальной стадии загнивания влажность древесины, как правило, повышается. По данным С. Б. Кочановского [5], осиновый трутовик, вызывающий ядровую гниль осины, при своем развитии влияет не только на влажность спелой древесины, но и на содержание воды в заболони растущих деревьев. По А. Т. Вакину [1], соотношения показателей различных свойств древесины во все большей степени отклоняются от «нормы» по мере развития процессов грибного поражения древесины. Хотя этот вывод был сделан на основании изучения срубленной древесины, есть все основания применить его и к древесине растущего дерева, пораженного ядровой гнилью.

На основании проведенного исследования можно утверждать, что у ели, сосны и березы имеется обратная зависимость между влажностью и условной плотностью древесины растущих деревьев. Учитывая, что наиболее крупные (с наибольшим содержанием сухого вещества) деревья в насаждении характеризуются статистически меньшей средней плотностью древесины, с соответствующей вероятностью можно ожидать повышенную влажность их древесины. Этот вывод соответствует положениям физиологии древесных растений, касающимся водного режима дерева [6, 7].

Найденная в настоящей работе связь между влажностью и условной плотностью древесины расширяет представления о биологической роли плотности древесины. Установленные зависимости могут быть использованы при разработке методов весовой таксации леса.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Вакин А. Т. Хранение круглого леса. — М.: Лесн. пром-сть, 1969. — 416 с.  
 [2]. Гордиенко М. И. Влажность древесины сосны обыкновенной. — Науч. тр./УСХА, 1973, вып. 219, с. 13—18. [3]. Иванов Л. А. Влажность древесины ствола в связи с водообменом в дереве. — Науч. тр./Ин-т физиологии растений АН СССР, 1948, вып. 1, с. 9—44. [4]. Исаева Л. Н. Влажность и плотность древесины основ-

ных лесообразующих пород Сибири: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. — Красноярск, 1970. — 30 с. [5]. Кочановский С. Б. Сердцевинная гниль осины. — Минск: Ураджай, 1976. — 208 с. [6]. Крамер П., Козловский Т. Физиология древесных растений. — М.: Гослесбумиздат, 1963. — 627 с. [7]. Лир Х., Польстер Г., Фидлер Г. Физиология древесных растений. — М.: Лесн. пром-сть, 1974. — 424 с. [8]. Лобжанидзе Э. Д., Гоциридзе Л. А. Особенности распределения влаги в стволах ели восточной в связи с условиями местопрорастания. — Сообщ. АН ГрузССР, 1966, т. 41, № 1, с. 155—156. [9]. Николов С., Енчев Е. Влажность на дървесината. — София: Земиздат, 1967. — 169 с. [10]. Пятакин В. И. Проблема обезвоживания и сохранения плавучести древесины: Автореф. дис. ... докт. техн. наук. — Л., 1979. — 38 с. [11]. Полубояринов О. И. Качество древесины еловых насаждений, произрастающих на избыточно увлажненных площадях. — В кн.: Лесоводство, лесные культуры и почвоведение. Л., 1974, вып. 3, с. 50—61. [12]. Полубояринов О. И. Плотность древесины. — М.: Лесн. пром-сть, 1976. — 160 с. [13]. Полубояринов О. И. Квалиметрия древесного сырья в процессе лесовыращивания: Автореф. дис. ... докт. с.-х. наук. — Л., 1976. — 46 с. [14]. Редько Г. И. Изменение влажности древесины некоторых пород в течение года. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1968, № 3, с. 165—166. [15]. Синькович А. Л., Емельянова Л. А. О влажности древесины прикарпатского бука. — В кн.: Лесоводство, лесные культуры и почвоведение. Л., 1974, вып. 3, с. 70—73. [16]. Götz H., Schütze-Dewit G. Ein Querschnitt der Arbeiten auf dem Gebiet der Holzforschung in der DDR. — Beiträge f. d. Forstwirtschaft, 1973, H. 2, S. 89—92.

Поступила 3 ноября 1981 г.

УДК 630\*237.2 : 630\*233

## ВЛИЯНИЕ ГИДРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИИ И ПОЧВ НА РОСТ КУЛЬТУР СОСНЫ В БЕЛОРУССКОМ ПОЛЕСЬЕ

И. К. БЛИНЦОВ

Белорусский технологический институт

Вопросы лесокультурного освоения осушенных земель еще недостаточно изучены. Поэтому анализ роста и состояния культур, их объективная оценка имеют важное значение при разработке мероприятий по выращиванию леса на мелиорированных землях.

Объект наших исследований — осушенное низинное болото в Посталовском лесничестве Любанского лесхоза Минской области. Территория осушена сетью открытых каналов, расстояние между ними 150 м, уклон дна 0,0003, глубина канала 1,2 м, ширина по дну 0,4 м, коэффициент откоса 0,5.

На этом объекте в двух смежных кварталах было заложено три серии из пяти пробных площадей: № 1 на расстоянии 10 м и № 2 — 100 м от гидрологического собирателя С—1—1а на минеральной почве в условиях сосняка мшистого (I серия); № 3 — между каналами С—1—3 и С—1—4 на торфяной почве в 75 м от них в сосняке разнотравно-осоковом (II серия); № 4 — в 50 м и № 5 — в 150 м от транспортирующего собирателя в долгомошно-осоковом сосняке на торфянисто-глеевой почве (III серия). Размеры собирателя: ширина поверху 5,3 м, по низу 1,1 м, глубина 2,1 м.

Почвы на пробных площадях № 1 и 2 дерново-подзолисто-глееватые на супеси, подстилаемой песком рыхлым. Содержание физической глины (частиц менее 0,01 мм) колеблется в верхней толще около 11 %. При этом вблизи канала (пробная площадь № 1) толща супеси в 1,5 раза больше, чем на более отдаленной пробной площади № 2. Результаты изучения агрохимического анализа этих почв показали, что содержание гумуса в них невелико (около 2 %), они бедны подвижными элементами питания, особенно фосфором; содержание кальция и магния примерно одинаково — около 15 мг экв на 100 г почвы; активная кислотность почв (сверху вниз) изменяется от 4,2 до 6,6 рН (Н<sub>2</sub>O), гидролитическая кислотность максимальна в верхних гумусовых горизонтах (51—85 мг экв на 100 г почвы) и резко снижается (до 6—7 мг экв/100 г) в подстилаемой песчаной породе. Степень насыщенности почв основаниями колеблется от 40 (в верхней толще) до 80 % (в нижних горизонтах почв).

На этой территории осенью 1966 г. в плужные борозды, нарезанные плугом ПЛН-35 в сцепе с трактором «Беларусь», произведена под меч Колесова посадка одностебельных сеянцев сосны обыкновенной с размещением 0,5×2,0 м. Приживаемость культур (по данным лесхоза) 96,2 %.

Пробная площадь № 3 заложена на торфяной среднемощной низинной почве. Изучение ботанического состава торфа показало, что до глубины 40 см залегает осоково-древесный торф с небольшой примесью тростника. Затем идет небольшая (10 см) прослойка из слаборазложившейся (10—12 %) пушицы (60 %) с примесью осок (10 %) и древесных остатков (30 %), далее залегает тот же осоково-древесный торф, но с большей примесью тростника (до 15—25 %). Степень разложения торфа в верхних горизонтах 35 %, в нижележащих до 70 %. Зольность торфа максимальна в верхней толще (12,3 %), в нижних горизонтах заметно снижается (до 5—7 %).

Анализ агрохимических данных показал, что почва имеет слабокислую реакцию (рН в  $H_2O$  около 6,5), содержание Са и Mg достигает 15—18 мг·экв/100 г почвы, подвижной  $P_2O_5$  не более 2,5 мг/100 г, количество обменного калия (по А. Д. Масловой) колеблется от 15 (горизонт  $T_1$ ) до 4 мг/100 г (горизонт  $T_3$ ). Содержание подвижного фосфора и калия снижается до нуля в горизонте с пушицевой прослойкой.

На этой территории осенью 1966 г. были проведены полосы трактором С-80 с корчевателем. Весной следующего года произведена посадка семян сосны обыкновенной под меч Колесова. Приживаемость культур 95 %.

Пробные площади № 4 и 5 располагаются на торфянисто-глеевой почве, в которой сверху (до 25 см) залегает торфяной горизонт, состоящий из древесных остатков (70 %) и осок (30 %), под ним находится слабогумусированный перегнойный легко-супесчаный горизонт, сменяющийся илловально-гумусным, далее идет оглеенная песчаная порода. Зольность торфа около 5 %. Агрохимические данные показали, что почва слабокислая (рН в  $H_2O$  равно 4,8—6,2); содержание кальция изменяется от 7,3 (в верхнем горизонте) до 18,4 мг·экв (в нижних горизонтах); количество магния более стабильно — около 12 мг·экв/100 г почвы; содержание подвижных элементов невелико, и почвы остро нуждаются в фосфорных удобрениях; степень насыщенности основаниями изменяется от 15 (горизонт  $T_1$ ) до 85 % (подстилаящая порода).

На пробной площади № 4 осенью 1966 г. выполнена сплошная раскорчевка трактором С-80 с корчевателем и проведены борозды трактором Т-40А. Весной посажена сосна, размещение 0,5×2,0 м, приживаемость 95,5 %. На пробной площади № 5 осенью были подготовлены вручную мотыгами площадки 0,4×0,4 м. Весной здесь произведена посадка однолеток сосны. Приживаемость культур 95 %.

Таблица 1

Номер пробной площади	Расстояние от канала, м	Возраст, лет	Состав	Сохранность, %	Средние		Полнота	Число деревьев, шт./га	Площадь сечений, м <sup>2</sup> /га	Запас м <sup>3</sup> /га
					D см	H м				
1	10	12	10С	73,3	5,2	4,81	1,0	7333	15,2	49
2	100	12	10С	69,3	5,1	4,67	0,9	6933	14,0	42
3	75	12	10С	64,6	4,4	3,67	0,6	6466	9,7	22
4	50	12	10С	74,3	5,4	4,82	1,0	7433	15,2	50
5	150	12	10С	71,0	5,2	4,69	0,9	7100	15,1	48

Лесотаксационная характеристика (табл. 1) показывает, что лучший рост культур сосны и более высокая их продуктивность наблюдается на торфянисто-глеевых почвах III серии (пробные площади № 4 и 5), худшие — на торфяных почвах II серии (пробная площадь № 3) что, возможно, связано с наличием в почве пушицевой прослойки.

Анализ средних статистических данных замеров диаметров и высот культур сосны (табл. 2) показал, что на торфяных низинных почвах (пробная площадь № 3) диаметр стволиков ниже на 15—20 %, чем на торфянисто-глеевых (пробные площади № 4 и 5) и минеральных (пробные площади № 1 и 2).

Высота сосенок на торфяных почвах примерно на 1 м и на один класс бонитета ниже, чем на минеральных и торфянисто-глеевых почвах. При этом диаметр и высота несколько больше у культур сосны, находящихся ближе к осушителю, где лучше условия аэрации и увлажнения. Показатели различия по высоте и диаметру сосенок в сравнении с пробной площадью № 3 существенны ( $t > 3$ ).

Сравнение по годам хода роста деревьев по высоте (табл. 3) показывает, что в годовом приросте сосенок в пределах одной и той же

Таблица 2

Номер пробной площади	Расстояние от канала, м	$M \pm m$	$\sigma$	$V$	$P$	$t$
Диаметр						
1	10	$5,2 \pm 0,1$	1,8	34,6	1,5	7,5
2	100	$5,1 \pm 0,1$	1,7	33,5	2,0	5,9
3	75	$4,4 \pm 0,1$	1,4	32,0	1,6	0,0
4	50	$5,4 \pm 0,1$	1,9	35,4	2,0	7,6
5	150	$5,2 \pm 0,1$	1,8	34,6	1,5	7,5
Высота						
1	10	$4,81 \pm 0,27$	0,7	14,5	5,6	3,4
2	100	$4,67 \pm 0,15$	0,9	19,3	3,2	4,0
3	75	$3,67 \pm 0,20$	0,8	21,8	5,4	0,0
4	50	$4,82 \pm 0,08$	0,9	18,7	3,7	4,2
5	150	$4,63 \pm 0,14$	0,9	19,4	3,0	4,0

Таблица 3

Номер пробной площади	Средние		Средний прирост по годам, см					Средний
	$D$ см	$H$ м	1974	1975	1976	1977	1978	
1	5,2	4,81	32	35	33	34	34	33
2	5,1	4,67	30	32	30	29	30	30
3	4,4	3,67	26	27	25	25	26	26
4	5,4	4,82	33	36	33	34	35	34
5	5,2	4,63	29	31	31	30	29	30

Таблица 4

Статистические показатели хвои	Значение показателей для пробных площадей				
	1	2	3	4	5
Абс. сухая масса 100 хвоинок, г	0,37	0,31	0,38	0,42	0,43
Длина					
$M \pm m$ мм	$36,9 \pm 0,2$	$34,6 \pm 0,7$	$40,0 \pm 1,1$	$48,1 \pm 1,1$	$43,1 \pm 1,9$
$\sigma$ мм	0,6	2,2	3,5	3,5	5,0
$V$ %	1,6	6,4	8,8	7,3	11,6
$P$ %	0,2	2,0	2,8	2,3	4,4
$t$	3,2	0	4,2	10,5	4,2
Ширина					
$M \pm m$ мм	$1,36 \pm 0,02$	$1,14 \pm 0,03$	$1,22 \pm 0,02$	$1,31 \pm 0,05$	$1,38 \pm 0,05$
$\sigma$ мм	0,08	0,09	0,06	0,16	0,16
$V$ %	4,4	7,9	4,9	12,2	11,6
$P$ %	1,5	2,6	1,6	3,8	3,6
$t$	6,7	0	2,2	2,6	4,1
Толщина					
$M \pm m$ мм	$0,46 \pm 0,10$	$0,38 \pm 0,09$	$0,37 \pm 0,07$	$0,38 \pm 0,10$	$0,39 \pm 0,10$
$\sigma$ мм	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3
$V$ %	65,2	78,9	54,1	78,9	76,9
$P$ %	21,7	23,7	18,9	26,3	25,6
$t$	0,7	0,08	0	0,08	0,2
Поверхность (по Тирену)					
$M \pm m$ мм <sup>2</sup>	$82,6 \pm 3,5$	$67,5 \pm 3,3$	$80,0 \pm 3,4$	$98,0 \pm 3,4$	$96,6 \pm 3,8$
$\sigma$ мм <sup>2</sup>	11,0	10,5	10,7	10,7	12,0
$V$ %	13,3	15,6	13,4	10,9	12,5
$P$ %	4,2	4,9	4,3	3,5	4,0
$t$	3,0	0	2,6	4,2	3,7

площади большой разницы не наблюдается. Наиболее слабо растут в высоту деревья на пробной площади № 3. Здесь средний годичный прирост почти в 1,5 раза ниже, чем в культурах на остальных пробных площадях.

В конце сентября 1978 г. на каждой пробной площади из верхних мутовок 10 деревьев взяли по 100 хвоннок сосны. Измерили длину, ширину и толщину хвон и по формуле Тирена вычислили их поверхность. Затем хвою высушили и взвесили. Полученные материалы обработали статистически (табл. 4).

Вычисления показали, что наименьшую массу имеет хвоя, взятая из сосенок на минеральных заболоченных почвах. Худшие параметры (по ширине и длине) характерны для хвои деревьев, растущих на минеральной почве, имеющей небольшую прослойку супеси, и расположенных в 100 м от канала (пробная площадь № 2). Лучше всего растет хвоя на деревьях III серии, располагающихся на торфянисто-глеевых почвах (пробные площади № 4 и 5).

Проведенные исследования позволяют считать, что торфяно-болотные низинные и минеральные супесчаные мелиорированные почвы Белорусского Полесья вполне пригодны для лесокультурного освоения и выращивания культур сосны.

Поступила 17 ноября 1981 г.

УДК 581.174.1

## **ВНУТРИПОПУЛЯЦИОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ СОДЕРЖАНИЯ ХЛОРОФИЛЛА И ТЕРМОСТОЙКОСТИ ХЛОРОФИЛЛО-БЕЛКОВОГО КОМПЛЕКСА В ХВОЕ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ**

*М. М. КОТОВ*

Марийский политехнический институт

Широко известна высокая засухоустойчивость сосны обыкновенной. Тем не менее даже в районах достаточного увлажнения периодически повторяющиеся засухи приносят существенный вред соснякам. В связи с этим становится актуальной селекция сосны на засухоустойчивость в районах неустойчивого увлажнения.

Проведенные в Среднем Поволжье исследования показывают, что по степени засухоустойчивости деревья внутри одного выдела, а также в культурах могут существенно различаться [3—6, 8, 9]. Засухоустойчивые деревья характеризуются более высокой водоудерживающей способностью тканей и ровным водным режимом [5], устойчивым ростом в высоту и крупными размерами ствола [4]. Таким образом, естественный полиморфизм сосновых популяций по засухоустойчивости является биологической основой для селекции.

В связи с этим представляет интерес вопрос о термостойкости хлорофилло-белкового комплекса в хвое деревьев разных форм. Познания в этой области могли бы расширить представления о природе засухоустойчивости сосны и послужить отправным моментом при разработке тестов для отбора предпочтительных форм деревьев без смены поколений. В настоящем сообщении рассматриваются данные о термостойкости хлорофилло-белкового комплекса, оцененной по содержанию хлорофилла до и после термообработки хвои.

Объектами исследования служили 50-летние деревья сосны в сосняке беломошном (популяция № 1) и 40-летние в сосняке черничном (популяция № 2). Оба древостоя чистые, естественные. Первый из них — послепожарного происхождения в условиях

А<sub>1</sub>, редкий. На базе второго древостоя 20 лет назад начато формирование постоянного семенного участка. Вырублены деревья и раскорчеваны пни коридорами. На 1 га оставлено от 200 до 252 деревьев.

На обоих участках оценен уровень засухоустойчивости деревьев по [8]. У деревьев различного уровня засухоустойчивости изучали содержание хлорофилла по [2]. Хлорофилл экстрагировали ацетоном и этиловым спиртом. Плотность вытяжки после двойной фильтрации определяли с помощью ФЭКН-57; содержание хлорофилла выражали в мг % от сырой и сухой массы образца. В параллельных пробах весовым способом определяли влажность хвои. В опыте были следующие варианты: 1 — первый контроль — хвоя только собрана с растущих деревьев; 2 — второй контроль — свежесобранная хвоя выдержана в течение 3 сут в воде при комнатной температуре; 3, 4, 5 — хвоя выдержана в течение 20 мин в горячей воде при температуре 45, 50 и 55 °С, а затем 3 сут в воде при комнатной температуре. Данные обработаны статистически [7].

Содержание хлорофилла зависит от соотношения между массой сухого вещества и воды в образце (табл. 1).

Таблица 1

Компонент	Единица измерения	Вариант опыта			
		1	2	4	5
Сухое вещество	мг % от сырой массы	44,7	35,8	34,6	36,0
Вода	мг % от сырой массы	55,3	64,2	65,4	64,0
Хлорофилл	мг % от сырой массы	74,6	71,1	60,5	42,8
	% от варианта 1	100	95,3	81,1	57,4
	% > 2	—	100	86,3	60,0
	мг % от сухой массы	169,2	198,1	175,0	118,9
	% от варианта 1	100	117,1	103,4	70,3
	% > 2	—	100	88,3	60,0

Поэтому при анализе устойчивости хлорофилло-белкового комплекса к термообработке в качестве контроля взято содержание хлорофилла при полном насыщении хвои водой (вариант 2). В этом случае в сравниваемых вариантах опыта (2, 4, 5) соотношение между массой сухого вещества и воды одинаково. При одной и той же влажности хвои показатели содержания хлорофилла, выраженные в мг % от сухой и сырой массы и отнесенные к контролю (вариант 2), в пределах одного варианта равны (строчки 5 и 8 табл. 1). Это позволяет обходиться одним из двух показателей.

Содержание хлорофилла в хвое разных деревьев в пределах одной популяции не одинаково (табл. 2). Коэффициент изменчивости  $V$  составляет 18—20 %.

Таблица 2

Вариант опыта	$\bar{x}$	$s_{\bar{x}}$	$\sigma$	$V$	$t$ от варианта 2
	мг %				
2	70,59	3,30	13,60	19,3	—
4	60,50	3,98	16,00	26,7	2,3
5	43,40	2,36	9,73	22,4	6,7

Например, в популяции № 1 в декабре 1979 г. содержание хлорофилла в хвое текущего года после полного насыщения водой варьировало от 55,62 до 98,72 мг % от сырой массы. Среднее содержание составило  $70,59 \pm 3,30$  мг %.

При термообработке хвои содержание хлорофилла уменьшается. Чем выше температура обработки, тем больше снижение содержания хлорофилла. Так, воздействие температуры 50 °С в течение 20 мин при-

водит к уменьшению содержания хлорофилла на 14 %, а температуры 55 °С — на 38 %.

Термостойкость разных деревьев неодинакова. В описанной выше популяции при обработке хвои водой при температуре 55 °С содержание хлорофилла снизилось до 43,4 мг % от сырой массы. Различия между контролем (вариант 2) и обработкой (вариант 5) достоверны ( $t = 6,7$ ). Минимальное содержание хлорофилла составило 26,85, а максимальное 70,38 мг %. Не прибегая к индивидуальному анализу образцов хвои, уже при сравнении лимитов содержания хлорофилла в контроле (55,62—98,72 мг %) и варианте 5 (26,85—70,38 мг %) можно видеть, что устойчивость хлорофилло-белкового комплекса в хвое разных деревьев популяции неодинакова.

Содержание хлорофилла варьирует в зависимости от возраста хвои и времени года. Оно увеличивается к концу лета у хвои всех возрастов. Сезонная динамика наиболее контрастна у молодой хвои.

Термостойкость хлорофилло-белкового комплекса также варьирует в связи с возрастом хвои и временем года. Она выше у хвои более старшего возраста, а также летом у хвои всех возрастов. Такая динамика устойчивости хлорофилло-белкового комплекса может быть обусловлена двумя причинами: во-первых, меньшим повреждением горячей водой хлоропластов в старой хвое из-за сравнительно медленного проникновения воды в хвою, у которой покровные ткани толще и глубина дифференциации тканей больше; во-вторых, меньшей повреждаемостью летних хлоропластов вследствие эффекта закалки [1].

Обращают на себя внимание данные о содержании хлорофилла после обработки хвои водой при температуре 45 °С. В большинстве опытов она оказывается выше контроля, а в остальных остается на уровне контрольных образцов.

Сравнение контрастных по засухоустойчивости деревьев показало, что во всех опытах устойчивость хлорофилла была выше у более засухоустойчивого дерева (причем с меньшими сезонными колебаниями), чем у чувствительного к засухе.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Генкель П. А. Диагностика засухоустойчивости культурных растений и способы ее повышения. — М.: АН СССР, 1956. — 71 с. [2]. Годнев Т. Н. Хлорофилл: Его строение и образование в растении. — Минск: АН БССР, 1963. — 318 с. [3]. Данилов М. Д., Патрикеев Е. И. Дефицит влаги в почве и его влияние на особенности ростовых процессов сосны обыкновенной в период засухи 1972—1973 гг. в условиях Марийского и Чувашского левобережья Волги. — В кн.: Лесоводство, лесные культуры и почвоведение. Л.: ЛТА, 1976, вып. 5, с. 48—53. [4]. Котов М. М. Засухоустойчивость и быстрота роста сосны в Среднем Поволжье. — Лесн. хоз-во, 1981, № 2, с. 46—49. [5]. Котов М. М., Забиякина Л. А., Полушина Г. И. Оценка засухоустойчивости и жаростойкости сосны обыкновенной. — Изв. АН СССР, сер. биол., 1981, № 2, с. 266—275. [6]. Котов М. М., Котова Л. И., Молотова Л. М. К вопросу о причинах усыхания сосны в молодых культурах в Марийской АССР. — В кн.: Лесоводство, лесные культуры и почвоведение. Л.: ЛТА, 1976, вып. 5, с. 75—79. [7]. Котов М. М., Лебедева Э. П. Применение биометрических методов в лесной селекции. — Горький: ГГУ, 1977. — 120 с. [8]. Котов М. М., Нефедьев А. А. Оценка семенных деревьев сосны при создании ПЛСУ. — М.: ЦБНТИлесхоз, 1980, № 5. — 20 с. [9]. Кудрявцев К. А. Влияние количества выпадающих осадков на рост сосняков в Марийской АССР. — Лесн. хоз-во, 1949, № 9, с. 40—44.

Поступила 22 сентября 1981 г.

УДК 630\*531

## СПОСОБ УЧЕТА РЕСУРСОВ ВЕТВЕЙ В СОСНОВЫХ ЛЕСАХ

В. В. УСПЕНСКИЙ

Воронежский лесотехнический институт

Рациональное, комплексное использование древесного сырья должно идти по пути утилизации всех частей дерева. Уже в XI пятилетке и листья, и ветви, и пни все шире будут использоваться в качестве сырья.

В задачу настоящей статьи входит разработка способа таксации ветвей как дополнительного резерва сырья при производстве хвойно-витаминной муки (ГОСТ 21769—76), технологической щепы (ТУ 13—396—77), дров-топорника (ТУ 56,39—71). Только в 1977 г. предприятиями лесного хозяйства выработано 361 тыс. м<sup>3</sup> технологической щепы из отходов [5]. В то же время значительные материальные средства затрачиваются на сжигание ветвей и сучьев при очистке лесосек после рубок.

В литературе имеются весьма скромные сведения о способах учета и прогнозирования запасов ветвей и сучьев. Так, еще в таблицах объема и сбega стволов [11] приводится процент сучьев. Практические предложения по учету элементов кроны, в том числе и ветвей, даны в трудах ряда авторов [2—4, 6, 9]. Тем не менее пока нет единой общепринятой методики учета. Неправильная стереометрическая форма ветвей и сучьев, их сложное пространственное распространение и сочетание в кроне дерева свидетельствуют о необходимости своеобразного подхода при таксации.

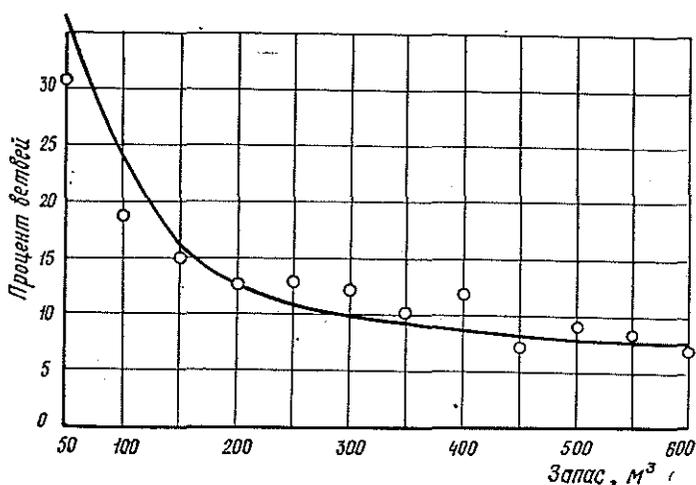
При определении биологической продуктивности лесов в процессе выполнения программы МБП и ЧиБ ученые использовали физические способы учета, в частности взвешивание. На пробных площадях, заложенных в сосновых древостоях в различных районах страны, по модельным деревьям определена абс. сухая масса стволовой древесины, ветвей, хвои, корней, а также фитомасса подроста, подлеска и напочвенного покрова. Накоплен значительный фактический материал, получивший отражение в трудах работников академических и отраслевых научно-исследовательских институтов [3, 7—10, 13, 14]. Кроме этого, использованы данные 27 пробных площадей, заложенных нами в культурах сосны Центрально-Черноземного района. Общее число проб составило 148. Этот материал подвергли систематизации и последующей обработке.

Ранее нами установлено [12], что элементы фитомассы дерева (хвоя, ветви, корни) находятся в тесной корреляционной связи с массой стволовой древесины. Последнее справедливо как для отдельных деревьев, так и целых древостоев. При этом массу ветвей выражали в процентах от массы стволовой древесины ( $\eta = 0,66 - 0,69 \pm 0,07 - 0,05$ ). Затем отыскивали такой таксационный показатель, который наиболее тесно коррелирует с массой ветвей. Статистический анализ показал, что в отличие от хвои, масса ветвей наиболее тесно связана не с высотой, а с запасом стволовой древесины и средним диаметром древостоя (см. табл.).

Характер этой корреляции нелинейный ( $\eta = 0,71 \pm 0,04$ ,  $\eta = 0,69 \pm 0,04$ ). Другие таксационные показатели (высота  $H$ , возраст  $A$ ) сла-

Изучаемая связь	Статистические показатели						
	$r$	$\pm m_r$	$t_r$	$\eta$	$\pm m_\eta$	$t_\eta$	$t_{\eta-r}$
Процент ветвей — $H$ м	-0,56	0,05	11,3	0,68	0,04	17,5	5,2
» » $D$ см	-0,49	0,06	8,2	0,69	0,04	17,2	6,2
» » $M$ м <sup>3</sup>	-0,51	0,06	8,4	0,71	0,04	17,3	6,0
» » $A$ лет	-0,52	0,05	10,4	0,67	0,04	16,8	5,5
Масса ветвей, ц/га — $M$ м <sup>3</sup>	0,44	0,10	4,4	0,66	0,07	9,4	3,9
» » $A$ лет	0,52	0,05	9,9	0,58	0,05	12,2	3,6

бее связаны с массой ветвей, выраженной в процентах от массы стволов. Сопоставляя связь возраста древостоя с массой ветвей в физических единицах (ц/га) и процентах (табл.), можно утверждать, что при учете ветвей в долях массы стволов связь проявляется сильнее:  $\eta = 0,67 \pm 0,04$  против  $\eta = 0,58 \pm 0,05$ . Показатель достоверности различия  $\eta$  и  $r$  ( $t_{\eta-r}$ ) подтверждает, что во всех случаях связь между массой ветвей и таксационными элементами нелинейная. В качестве меры связи целесообразно использовать корреляционное отношение ( $\eta$ ). Для выявления конкретного вида связи по данным 148 пробных площадей строили график зависимости условных средних значений процента ветвей от запаса стволов (см. рис.). Гиперболический характер кривой позволяет применять для выравнивания уравнение типа:  $y = \frac{a}{x} + b$ . В качестве аргумента использован запас стволовой древесины в десятках кубометров как элемент, имеющий наиболее тесную нелинейную корреляцию с функцией (процент ветвей): 8 — 80 м<sup>3</sup>; 13,4 — 134 м<sup>3</sup> и т. д.



Зависимость между процентом ветвей ( $y$ ) и запасом стволовой древесины ( $x$ ):  $y = \frac{160,4}{x} + 4,7$ ;  $\eta = 0,71 \pm 0,04$ .

Конкретное уравнение имеет вид:

$$y = \frac{160,4}{x} + 5,29$$

с систематической ошибкой  $+0,6\%$  и средней квадратичной  $\pm 2,35\%$ . Если исследовать связь между процентом ветвей и возрастом, то получим уравнение вида:

$$y = \frac{306,4}{x} + 6,1.$$

Однако в силу меньшей корреляции ( $\eta = 0,67$ ) ошибки несколько увеличиваются и составляют: систематическая  $+0,8\%$ , средняя квадратичная  $\pm 2,5\%$ . Для практических расчетов рекомендуется первое из ранее полученных уравнений с исключенной систематической ошибкой. Окончательный вид уравнения:

$$y = \frac{160,4}{x} + 4,7.$$

При прогнозировании необходимо знать массу стволовой древесины, чтобы установить массу ветвей. Для этого рекомендуется использовать следующее уравнение связи запаса ( $M$ ) и массы стволовой древесины ( $W$ ), полученное по данным пробных площадей:

$$W = 0,002M^2 + 8,32M + 4,01; \quad 20 < M < 800 \quad (\eta = 0,95 \pm 0,01).$$

Основная ошибка уравнения  $m = \pm 4,7\%$ . Запас ( $M$ ) подставляется в десятках кубометров.

Таким образом, зная запас стволовой древесины сосны на любой территории, можно определить дополнительные ресурсы сырья в виде ветвей. Например, в Горьковской области ежегодно в порядке главных сплошных и лесовосстановительных рубок заготавливается 1,5 млн. м<sup>3</sup> сосновой древесины [1]. Масса ее, вычисленная по уравнению, составит 1,3 млн. т. Средний запас на 1 га спелых сосняков равен 220 м<sup>3</sup>. Следовательно, доля ветвей от запаса составит:  $y = \frac{160,4}{22} + 4,7 = 12,0\%$ . Общая масса ветвей сосны на годичной лесосеке равна 0,15 млн. т. Потери ветвей в процессе заготовки, сбора и транспортировки достигают 30%. Тогда реальные ресурсы ветвей для освоения в области составят 0,1 млн. т в год.

Точность предлагаемого способа зависит от точности таксации общего запаса стволовой древесины (обычно  $\pm 10\%$ ), определения фитомассы ветвей на пробных площадях, послуживших основанием для разработки способа (по данным М. Г. Семечкиной [9], при 10 моделях этот показатель составляет около 8%) и разработанных нами уравнений (соответственно 2,3 и 4,7%). Отсюда общая ожидаемая ошибка

$$m = \sqrt{10^2 + 8^2 + 2,3^2 + 4,7^2} = \pm 13,8\%.$$

Учитывая сезонное изменение влажности ветвей, можно считать, что во всех случаях точность способа находится в пределах  $\pm 15\%$ , что достаточно для практики и вполне пригодно при прогностических расчетах.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Батрасов В. И., Благов А. П., Бондин В. В. Экономическая эффективность комплексного использования и промышленной переработки лесосырьевых ресурсов Горьковской области. — Горький: Волго-Вятское кн. изд-во, 1979. — 240 с. [2]. Ватковский О. С. Методы определения фитомассы ствола и кроны дуба. — Лесоведение, 1968, № 6, с. 58—64. [3]. Габеев В. Н. Биологическая продуктивность лесов Приобья. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1976. — 170 с. [4]. Голиков В. В., Фалалеев Э. Н. Закономерности строения ветвей сибирских дре-

весных пород. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1966, № 5, с. 30—32. [5]. Иванов А. И., Дрожжин Ю. Д. Основные направления комплексного использования лесных ресурсов: Лекции «Повышение эффективности производства на предприятиях лесного хозяйства». — М.: Лесн. пром-сть, 1979, с. 152—181. [6]. Иевинь И. К., Дикельсон Э. С. Масса крон осины, березы и ели в кисличниках Латвии. — Лесн. хоз-во, 1962, № 4, с. 20—23. [7]. Молчанов А. А. Продуктивность органической массы в лесах различных зон. — М.: Наука, 1971. — 275 с. [8]. Поздняков Л. К., Протопопов В. В., Горбатенко В. М. Биологическая продуктивность лесов Средней Сибири и Якутии. — Красноярск, 1969. — 155 с. [9]. Семечкина М. Г. Структура фитомассы сосняков. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1978. — 166 с. [10]. Смирнов В. В. Органическая масса в некоторых лесных фитоценозах европейской части СССР. — М.: Наука, 1971. — 362 с. [11]. Тюрин А. В., Науменко И. М., Воропанов П. В. Лесная вспомогательная книжка. — М.—Л.: Гослесбумиздат, 1956, с. 66—253. [12]. Успенский В. В. Способ таксации нестволовой части сосновых древостоев. — В кн. Лесная таксация и лесоустройство. Красноярск: КрасГУ, 1980, с. 60—66. [3]. Уткин А. И. Биологическая продуктивность лесов: Методы изучения и результаты. — В кн.: Лесоведение и лесоводство. Т. 1. М., 1975, с. 9—189. [14]. Юркевич И. Д., Ярошевич Э. П. Биологическая продуктивность типов и ассоциаций сосновых лесов. — Минск: Наука и техника, 1974. — 296 с.

Поступила 20 июля 1981 г.

УДК 630\*531

## ОСОБЕННОСТИ МОРФОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ПОЛОГА ДРЕВОСТОЕВ ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ

В. И. ДИТРИХ

ЛенНИИЛХ

На современном этапе лесохозяйственной науки вопросы морфологического строения насаждений приобретают актуальное значение. Комплексное изучение насаждений, в том числе особенностей морфологического строения их полога, позволяет наиболее полно характеризовать особенности развития отдельных древесных пород и той лесной обстановки и условий среды, в которых формируются эти древостои.

На пробных площадях измеряли различные показатели морфологического строения полога лиственничных древостоев. Сплошные замеры крон каждого дерева проведены на 7 пробных площадях. Кроме того, были измерены основные показатели крон на 29 пробных площадях у 605 учетных деревьев, расположенных на 10-метровой полосе. Всего на 36 пробных площадях измерено 2336 учетных деревьев. Пробные площадки были заложены в бассейне р. Илима и в верховьях бассейна р. Лены.

У каждой древесной породы строение крон имеет свои особенности. На характер формирования полога влияют биологические свойства пород, форма и размер крон в зависимости от возраста, полноты, типа леса и других таксационных показателей. Сомкнутость полога — важнейший таксационный показатель, который находится в тесной связи с полнотой древостоев, но не идентичен ей. Наличие определенных отклонений между полнотой насаждений и сомкнутостью полога подтверждается трудами М. М. Орлова [2], В. С. Моисеева [1] и др.

Горизонтальная сомкнутость полога насаждений определяется отношением суммы площадей сечений проекций крон, создающих полог без просветов, к общей площади участков, занятой данными насаждениями. Принято горизонтальную сомкнутость полога выражать, как и полноту насаждений, в долях единицы. Сомкнутость полога находится в тесной взаимосвязи с основными таксационными показателями насаждений и имеет важное практическое значение. Для целей дешиф-

рирования аэрофотоснимков важное значение имеет выявление связи между относительной полнотой и сомкнутостью полога насаждений. Пробные площади мы разбивали на квадраты размером  $10 \times 10$  м, на которых вычисляли сомкнутость полога.

В результате исследований выявлен большой коэффициент изменчивости сомкнутости полога (от 20,2 до 59,8 %). На его значение влияют средний возраст, средняя сомкнутость насаждения, биологические особенности роста преобладающей породы и т. д. Коэффициент корреляции между относительной полнотой и сомкнутостью полога значителен ( $r = 0,672$ ). Между полнотой и сомкнутостью полога в лиственничных насаждениях постоянно наблюдается определенное расхождение. Оно связано с появлением произвольных просветов, которые с повышением среднего возраста древостоя увеличиваются. В молодняках в возрасте от 40 лет просветы составляют 2—5 %, в возрасте 50—80 лет — 6—8 %, в 90—100 лет — 9—10 %, в 101—150 лет — 11—15 % и в 151—250 лет — 16—28 %.

К числу основных показателей форм кроны, определяющих строение полога, относят диаметр кроны  $D_k$ , ее длину  $l_k$  и высоту наибольшей ширины кроны  $h_{D_k}$  [3]. Используя математические методы, мы выявляли некоторые корреляционные зависимости между таксационной характеристикой древостоев и их кроной. Диаметры крон деревьев определяли как средние арифметические по замерам относительно стран света. Нами выявлены диаметры крон в зависимости от возраста, класса бонитета и типов леса (см. табл.).

С возрастом диаметры крон постоянно увеличиваются и в возрасте 100 лет составляют 0,7, а в 150 лет — до 0,9 от диаметров крон в возрасте 250 лет, условно принятых за единицу. Диаметры крон лиственницы сибирской почти равномерно увеличиваются до 150 лет, дальнейшее увеличение резко замедляется. Для определения различных таксационных показателей с помощью аэрофотоснимков важно знать их зависимость от диаметров крон ( $D_k$ ). Распределение числа деревьев по диаметрам крон в долях их среднего значения показывает, что ранг среднего дерева равен 60—65 %. Корреляционная связь диаметров на высоте груди с диаметром крон высокая ( $r = 0,765$ ).

Для практических целей представляет интерес отношение средних диаметров крон к средним диаметрам древостоев лиственницы  $d_{1,3}$  (см. табл.). Наибольшие изменения происходят в возрасте до 40 лет, затем они стабилизируются.

На характер формирования полога большое влияние оказывает длина кроны, различная в зависимости от возраста и биологических особенностей преобладающей древесной породы. Длину кроны вычисляли по разности общей высоты дерева и высоты до первых живых сучьев, образующих непосредственно крону. Анализ собранных материалов позволил установить, что показатели крон имеют значительные коэффициенты изменчивости. Так, коэффициенты изменчивости диаметров крон  $D_k$  имеют пределы от 27,8 до 39,6 %. Коэффициенты изменчивости длины кроны в этих же древостоях колеблются от 24,7 до 40,7 %. Высокие коэффициенты изменчивости основных показателей кроны в древостоях лиственницы сибирской объясняются высоким светолюбием этой породы. Это также сказывается и на форме кроны лиственницы. В молодняках она имеет конусовидную форму с заостренной вершиной. В возрасте 60—80 лет рост в высоту несколько замедляется по сравнению с молодняками, а диаметр кроны продолжает увеличиваться с прежней интенсивностью. Это способствует образова-

Возраст, лет	Диаметр кроны, м				Отношение $D_k$ к $d_{1,3}$				Диаметр кроны, м				Протяжение кроны, % от общей высоты			
	Класс бонитета и тип леса															
	I-крт	II-рт	III-бр	IV-рт-бр	I-крт	II-рт	III-бр	IV-рт-бр	I-крт	II-рт	III-бр	IV-рт-бр	I-крт	II-рт	III-бр	IV-рт-бр
10	0,6	0,5	0,4	0,4	19	19	19	20	3,7	2,5	1,8	1,8	81	79	77	76
20	1,3	1,2	1,0	0,7	18	18	19	19	6,6	4,9	4,0	4,0	77	76	74	72
30	1,8	1,6	1,4	1,0	16	16	17	18	9,5	7,4	6,0	4,6	74	73	71	69
40	2,2	2,0	1,8	1,2	15	15	16	18	11,5	9,4	7,6	5,9	71	71	69	67
60	3,0	2,8	2,4	1,7	14	15	16	18	14,9	12,5	10,6	8,6	68	68	67	66
80	3,6	3,5	3,0	2,4	14	15	16	18	17,4	14,7	12,5	10,2	67	67	66	65
100	4,3	4,1	3,6	2,9	14	15	16	18	19,2	16,5	14,0	11,6	67	67	66	65
120	4,8	4,6	4,0	3,4	14	15	16	18	20,5	17,7	15,0	12,4	67	67	66	64
150	5,4	5,2	4,5	4,0	14	15	16	18	21,7	18,9	15,7	13,3	67	67	65	64
170	5,6	5,5	4,6	4,2	13	14	15	17	21,9	19,1	16,0	13,7	66	66	65	64
190	5,8	5,7	4,8	4,3	13	14	14	17	22,1	19,5	16,1	13,8	66	66	64	63
210	6,0	5,8	4,9	4,5	12	13	14	17	22,1	19,6	16,2	13,9	65	65	64	63
230	6,1	5,9	5,0	4,6	12	12	14	17	22,2	19,7	16,3	14,1	65	65	64	63
250	6,2	6,0	5,1	4,7	11	11	13	17	22,4	19,8	16,4	14,3	65	65	64	63

Примечание. Названия типов леса: крт — крупнотравный; рт — разнотравный; бр — брусничный; рт-бр — разнотравно-брусничный.

нию конусовидной кроны с более округлой вершиной. В спелых и перестойных древостоях прирост в высоту становится незначительным, а диаметр кроны деревьев продолжает увеличиваться. В этом возрасте кроны лиственницы дифференцируются на конусовидные, остро- и ту-

повершинные, яйцевидные и другие в зависимости от освещенности. В плановой проекции значительно преобладает вытянутая (эллипсовидная) форма кроны — 81 %, округлая форма составляет 12 %, звездчатая — 7 %. В задачу наших исследований входило выявить изменение размеров длины кроны с возрастом. Изменение длины кроны в зависимости от возраста, класса бонитета и типа леса приводится в таблице.

Приведенные данные показывают наличие закономерной связи длины кроны от возраста и других таксационных показателей. Корреляционная связь длины кроны с возрастом высокая ( $r = 0,882$ ), так же, как между длиной кроны и общей высотой ( $r = 0,832$ ). В возрасте 40 лет длина кроны составляет до 0,5, в 100 лет — до 0,85 и в 150 лет — до 0,95 от длины кроны в возрасте 250 лет, условно принятой за единицу. Относительная длина кроны в зависимости от основных таксационных показателей имеет важное значение. Данные относительной длины кроны приводятся в таблице.

Приведенные цифровые показатели подтверждают наличие закономерной связи между относительной длиной кроны, средним возрастом древостоев и другими таксационными показателями. Чем выше производительность лиственничных древостоев, тем больше относительное протяжение кроны. В молодняках относительная длина кроны наибольшая (0,8 средней высоты), с увеличением возраста древостоев уменьшается. В средневозрастных древостоях она стабилизируется, а в спелых и перестойных практически не изменяется и составляет 0,63—0,67 средней высоты.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Моисеев В. С. Применение измерительного дешифрирования в лесном хозяйстве. — М.—Л.: Гослесбумиздат, 1958, с. 1—29. [2]. Орлов М. М. Охтенская лесная дача. — Изв. Лесн. ин-та, 1907, вып. 16, с. 1—169. [3]. Самойлович Г. Г. Методика изучения насаждений для лесного дешифрирования аэроснимков и аэротаксации лесов. — Л.: ЛТА, 1956.

Поступила 4 мая 1981 г.

УДК 630\*181.65

### ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ БЕЛОРУССИИ НА ПРИРОСТ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ РАЗНОГО ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Л. П. СМОЛЯК, Е. Д. МАНЦЕВИЧ, М. И. БАРАНОВ

Белорусский технологический институт

Неоднородность экологических условий обширного ареала сосны обыкновенной обуславливает ее внутривидовое разнообразие по морфологическим, анатомическим и физиологическим признакам. Изменчивость признаков — результат адаптации сосны (в процессе естественного отбора) к определенной продолжительности светового дня и разным условиям произрастания [6]. Особенности роста также обусловлены определенной фотопериодической реакцией растений на долготу дня и климатическими условиями, о чем убедительно свидетельствуют опыты с семенами разного происхождения.

В настоящей работе исследуются особенности влияния годичных колебаний климатических факторов в центральной Белоруссии на абсо-

лютный годичный прирост по площади сечения сосны обыкновенной разного географического происхождения.

Исследования проведены в географических культурах сосны Негорельского учебно-опытного лесхоза Минской области, созданных в 1959 г. [3]. Изучали восемь климатипов сосны обыкновенной, естественно произрастающих в Волынской, Хмельницкой, Полтавской, Минской, Калининской, Псковской, Карельской и Архангельской областях в пределах четырех лесорастительных зон и четырех провинций [2]. Географические координаты мест произрастания климатипов возрастают с юго-запада на северо-восток в направлении увеличения континентальности климата.

Радиальные годичные приросты деревьев определяли по образцам древесины, взятым с северной и южной сторон ствола на высоте, соответствующей пятилетнему возрасту дерева, с точностью 0,1 мм. Средние значения абсолютных годичных приростов по площади сечения каждого климатипа рассчитаны по данным двадцати деревьев I и II классов роста [4]. Точность оценки средних значений годичных приростов около 5 % на 5 %-ном уровне значимости.

Общая тенденция изменения абсолютных годичных приростов исследуемых сосен — результат реализации их генотипов в новых экологических условиях, определяется в основном долготой дня в сочетании с климатическими факторами. Флуктуации приростов около средней многолетней нормы представляют собой реакцию растений на колебания климатических факторов, прежде всего, влажности и температуры. Сюда же относятся и ошибки измерений. Особенность реакции приростов изучаемых климатипов на годичные колебания климатических факторов в условиях Белоруссии определяли на основе степени взаимной сходимости рядов индексов прироста ( $i\%$ ) [1], оцениваемой методом корреляционного анализа. Преимущество корреляционного анализа перед другими [1], на наш взгляд, в том, что данный метод, наряду с направлением изменений индексов, учитывает и величину этих изменений. Недостаток метода, связанный с большим объемом вычислений, устранен путем проведения всех расчетов на ЭВМ «Мир-2».

Очевидно, что результат в определенной степени зависит от точности элиминирования тренда, относительно которого рассчитаны индексы прироста. Норму прироста определяли аналитически по квадратному многочлену  $y = a_0 + a_1x + a_2x^2$ . Адекватность моделей подтверждена статистически [5]. Результаты определения степени сходимости рядов индексов прироста изучаемых сосен представлены в табл. 1 (ввиду симметричности таблицы приводится только ее левая часть).

Таблица 1

Коэффициенты корреляции индексов прироста по площади сечения климатипов сосны обыкновенной за 1966—1980 гг.

Сосна	Архангельская	Карельская	Псковская	Калининская	Минская	Волынская	Хмельницкая	Полтавская
Архангельская	1	—	—	—	—	—	—	—
Карельская	0,860	1	—	—	—	—	—	—
Псковская	0,787	0,758	1	—	—	—	—	—
Калининская	0,717	0,681	0,931	1	—	—	—	—
Минская	0,723	0,754	0,913	0,926	1	—	—	—
Волынская	—	—	0,630	0,601	0,728	1	—	—
Хмельницкая	—	—	0,586	—	0,644	0,820	1	—
Полтавская	—	—	—	—	—	0,760	0,829	1

В таблицу внесены коэффициенты корреляции, значимые на 5 %-ном уровне. Значения коэффициентов, равные единице, условно обозначают связь индексов прироста одного и того же климатипа. Анализ результатов выявляет определенные закономерности во взаимосвязи между

индексами прироста. Сходимость рядов северных и южных сосен за исследуемый период на данном уровне значимости недостоверна. Наибольшими оказываются показатели связи, расположенные вдоль диагонали таблицы. Это свидетельствует, что лучшее сходство в реакции на колебания климатических факторов имеют климатипы, места происхождения которых незначительно удалены друг от друга. Заметна тенденция увеличения коэффициентов корреляции к центру таблицы, что указывает на большее сходство индексов прироста сосен, незначительно удаленных от места проведения опыта. Выявленные особенности взаимной корреляции индексов дают основание предположить, что изучаемые климатипы по-разному реагируют на колебания климатических факторов в условиях Белоруссии. Эти различия обусловлены приспособленностью растений к существованию в определенных экологических условиях и возрастают по мере увеличения расстояния между климатипами в направлении изменения континентальности климата.

Для выявления характера изменений в реакции изучаемых сосен на климатические условия места проведения опыта в связи с возрастом рассчитаны коэффициенты корреляции по периодам с 1966 г. по 1973 г. и с 1973 г. по 1980 г. в отдельности. Анализ выявил различия в зависимости прироста климатипов от климатических факторов в исследуемые периоды и разные тенденции в изменении реакции прироста с возрастом. Сходство индексов прироста северных климатипов, а также северных и южных в раннем возрасте характеризуется незначимыми коэффициентами корреляции от  $\pm 0,2$  до  $\pm 0,4$ . Показатели тесноты связи индексов полтавской, хмельницкой, волынской и минской сосен изменяются от 0,8 до 0,9 и значимы при  $p = 0,95$ . Сходство индексов в этот период уменьшается от южных к северным климатипам. Во второй период коэффициенты корреляции индексов прироста архангельской, карельской, псковской, калининской и минской сосен изменяются от 0,7 до 0,95 и достоверны на 5 %-ном уровне. Показатели тесноты связи волынской, хмельницкой и северных сосен также увеличились, оставаясь незначимыми. Корреляция индексов полтавской сосны с другими уменьшилась. Взаимное сходство рядов индексов прироста южных и местного климатипов также уменьшилось, лишь у волынской и хмельницкой сосен наблюдается увеличение коэффициента корреляции от 0,8 до 0,9. Значимыми коэффициентами в данный период характеризуется связь индексов только соседних по происхождению сосен: минской и волынской, волынской и хмельницкой, хмельницкой и полтавской (табл. 2).

Таблица 2

Коэффициенты корреляции индексов прироста по площади сечения климатипов сосны обыкновенной за 1973—1980 гг.

Сосна	Архангельская	Карельская	Псковская	Калининская	Минская	Волынская	Хмельницкая	Полтавская
Архангельская	1	—	—	—	—	—	—	—
Карельская	0,888	1	—	—	—	—	—	—
Псковская	0,818	0,908	1	—	—	—	—	—
Калининская	0,727	0,801	0,967	1	—	—	—	—
Минская	0,746	0,846	0,955	0,951	1	—	—	—
Волынская	—	—	—	—	0,768	1	—	—
Хмельницкая	—	—	—	—	—	0,892	1	—
Полтавская	—	—	—	—	—	—	0,736	1

Выявленная тенденция изменения тесноты связи между индексами северных и местного климатипов с возрастом указывает на процесс постепенного сглаживания различий в реакции их прироста на климатические условия Белоруссии. В реакции прироста южных сосен, за исключением полтавской, также наметилась тенденция сближения с северными. Более определенное заключение о направлении изменения связи между индексами северных и южных сосен сделать в настоящее время затруднительно из-за кратковременности наблюдений. Уменьшение взаимной сходимости рядов индексов южных и местного климатипов указывает на усиление специфичности в связи данных сосен со средой.

Согласно данным табл. 1 и 2, наиболее тесная корреляция индексов прироста по площади сечения присуща северным и минской соснам. Южные климатипы обнаруживают меньшую взаимосвязь индексов и больше склонны к своеобразию в отражении влияния колебаний факторов внешней среды.

Степень реакции прироста на изменения климатических факторов определяли на основе дисперсионного анализа моделей, описывающих изменение прироста во времени. Часть общей вариации прироста, обусловленная влиянием климатических факторов и ошибками измерений, составляет для архангельской сосны 23,0 %, карельской — 61,4 %, псковской — 15,2 %, калининской — 49,2 %, минской — 35,6 %; волынской — 51,1 %, хмельницкой — 51,7 %, полтавской — 19,0 %. Приведенные данные показывают, что изучаемые климатипы различаются по степени реакции прироста на воздействие климатических факторов Белоруссии.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Битвинская Т. Т. Дендроклиматические исследования. — Л.: Гидрометеоздат, 1974. [2]. Курнаев С. Ф. Лесорастительное районирование СССР. — М.: Наука, 1973. [3]. Мишнев В. Г., Манцевич Е. Д. Географические культуры сосны обыкновенной в БССР. — В кн.: Сб. ботан. работ. Мн.: Изд-во АН БССР, 1960, вып. 2. [4]. Молчанов А. А. Изменчивость ширины годичного кольца в связи с изменением солнечной активности. — В кн.: Формирование годичного кольца и накопление органической массы у деревьев. М.: Наука, 1970. [5]. Никитин К. Е., Швиденко А. З. Методы и техника обработки лесоводственной информации. — М.: Леспром-сть, 1978. [6]. Правдин Л. Ф. Сосна обыкновенная: Изменчивость, внутривидовая систематика и селекция. — М.: Наука, 1964.

Поступила 20 июля 1981 г.

УДК 630\*385.1 : 630\*114.122

### ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ХВОЙНЫХ ДРЕВОСТОЕВ В СВЯЗИ С ВОДНЫМ РЕЖИМОМ ПОЧВ НА ОБЪЕКТАХ СТАРОГО ОСУШЕНИЯ

В. В. ПАХУЧИЙ

Ленинградская лесотехническая академия

Изменение водно-физических характеристик верхних слоев осушенных торфяных почв с течением времени ведет к изменению водного режима почв и в конечном счете, очевидно, влияет на рост леса. Нами был изучен режим влажности почв в хвойных с преобладанием сосны древостоях, появившихся на участках, осушенных в 40-х годах прошлого столетия. Краткая характеристика объектов исследования приведена в табл. 1.

Таблица 1

Номер пробной площади	Показатели торфяной залежи			Таксационная характеристика древостоев				
	Мощность торфа, м	Степень разложения, %	Зольность, %	Состав I яруса	Средняя высота сосны, м	Средний диаметр сосны, м	Класс бонитета	Запас, м <sup>3</sup> /га
7	0,2	35	10,2	6С4Е	30,8	39	I	550
13	0,2	25	9,8	10С	30,5	37	I	410
15	0,2	28	11,1	10С	30,3	38	I	420
14	0,3	28	10,3	10С	28,7	38	II	410
4	0,5	35	5,4	7С3Е	29,0	34	II	320
5	0,6	35	6,1	6С2Е2Б	23,7	34	III	180
6	0,7	35	6,5	8С2Е	24,0	32	III	240

Возраст сосны на опытных участках — 130 лет. Подстилающие грунты — ленточные глины и валуновые суглинки. Расстояние между параллельными каналами — 200 м. Глубина каналов в настоящее время — 0,4 м.

Пробные площади закладывали согласно методическим указаниям по определению эффективности лесосушения [2]. Влажность почвы определяли методом сушки образцов в термостате [5]. Наблюдение за влажностью почвы проводили в 1976—1978 гг. в течение периода вегетации (май—сентябрь). Образцы почвы брали два раза в месяц до глубины 40 см. Повторность взятия образцов 5—7-кратная. Показатель

Таблица 2

Номер пробной площади	Мощность торфа, м	Глубина взятия образца, см	Средняя влажность, %	Средний запас влаги, мм	Средняя глубина ПГВ, см
7	0,2	0—5	33	171	30
		5—20	49		
		20—30	95		
		30—40	68		
13	0,2	0—5	42	177	20
		5—20	59		
		20—30	58		
		30—40	83		
15	0,2	0—5	60	207	28
		5—20	68		
		20—30	68		
		30—40	64		
14	0,3	0—5	43	218	15
		5—20	79		
		20—30	65		
		30—40	84		
4	0,5	0—5	30	241	32
		5—10	48		
		10—20	80		
		20—40	77		
5	0,6	0—5	29	283	36
		5—10	58		
		10—20	93		
		20—40	93		
6	0,7	0—5	38	271	37
		5—10	74		
		10—20	89		
		20—40	93		

точности опыта для различных сроков наблюдения и слоев почвы изменялся в пределах 1,9—7,8 %. На объектах исследования также проводили наблюдение за уровнями почвенно-грунтовых вод и стоком.

Данные о влажности почвы в процентах от полной влагоемкости, запасах влаги в слое 0—40 см и средней за период вегетации глубине почвенно-грунтовых вод в 1976—1978 гг. приведены в табл. 2.

При оценке послылой средней за период вегетации влажности почвы в древостоях производительности установили следующее. В условиях староосушенного переходного торфяника сосновые насаждения произрастают по I классу бонитета при влажности в слоях 0—5, 5—20, 20—40 см соответственно 33—60, 49—68 и 58—95 %. Для II класса бонитета эти величины равны: 30—43, 48—80 и 65—84 %, а для III — 29—38, 58—93 и 93 %.

Принимая верхний предел влажности, обеспечивающий нормальный рост растений, равным 80% от полной влагоемкости [4], можем сделать вывод, что послылой значения влажности в среднем за период вегетации до глубины 20 см были в пределах оптимальных для участков с древостоями I—II классов бонитета. Под древостоями III класса бонитета уже в слое 5—20 см влажность могла заметно превышать 80 %, хотя уровни почвенно-грунтовых вод здесь в среднем за период вегетации залегали на 4—22 см ниже, чем под древостоями I—II классов бонитета. Следует учитывать, что сравниваемые объекты по мощности торфяной залежи после осадки торфа могут быть отнесены к мелкозалежным торфяникам. В данных условиях под древостоями III класса бонитета мощность сильно разложившегося торфа 0,6—0,7 м. Почвенно-грунтовые воды здесь практически постоянно залегают в торфе. Вследствие высокой водоподъемной способности сильноразложившегося торфа в верхних слоях почвы поддерживается неблагоприятная для роста деревьев влажность. Под древостоями I класса бонитета, где мощность торфа 0,2 м, почвенно-грунтовые воды после весеннего паводка опускаются в тяжелый минеральный грунт. Здесь скорость капиллярного подъема влаги резко ослабевает, тогда как расход на суммарное испарение больше, чем в древостоях III класса бонитета. Поэтому в верхних слоях почвы поддерживается влажность, близкая к оптимальной для роста деревьев. Учитывая это, можно рекомендовать проводить ремонт осушительной сети в первую очередь на участках с торфяными почвами (мощность торфа более 0,5 м), а в последнюю — на участках с торфянистыми почвами. Это согласуется с литературными данными [3]. Показательно сравнение суммарных запасов влаги в слое 0—40 см под древостоями различной производительности. По данным 1976—1978 гг. средний запас влаги в слое 0—40 см под древостоями I класса бонитета составил 185 мм (с колебанием от 171 до 207 мм), под древостоями II класса бонитета — 230 мм (от 218 до 241 мм), III класса — 277 мм (от 271 до 283 мм). Меньший запас влаги под более продуктивными древостоями объясняется большим расходом влаги на транспирацию и на задержание осадков кронами.

Во всех горизонтах почвенного профиля влажность за время наблюдения не опускалась ниже критических значений для сосны на евтрофном торфе (13—18 % от объема [1]), т. е. была достаточной для нормального роста деревьев.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Вомперский С. Э. Научное обоснование оптимального лесосушения. — Лесн. хоз-во, 1972, № 6, с. 28—33. [2]. Елпатьевский М. П. Методика определения эффективности лесосушения. — Л.: ЛенНИИЛХ, 1971. — 19 с. [3]. Капустинская Т. К. Об искусственно созданных насаждениях на болотных почвах юго-

западной Прибалтики. — В кн.: Гидролесомелиоративные исследования. Рига: Зинатне, 1970, с. 213—230. [4]. Костяков А. Н. Основы мелiorации. — М.: Сельхозгиз, 1960. — 622 с. [5]. Роде А. А. Методы изучения водного режима почв. — М.: АН СССР, 1960. — 243 с.

Поступила 4 августа 1981 г.

УДК 632.151 : 630\*52

## ИЗМЕНЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ В УСЛОВИЯХ ЛОКАЛЬНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Э. Л. БАРТКЯВИЧЮС, А. П. ТЯБЕРА

Литовская сельскохозяйственная академия

Производительность древостоев обуславливается рядом факторов, в том числе уровнем загрязнения окружающей среды. Исследования процессов роста древостоев в условиях загрязненной окружающей среды представляют значительный интерес, так как на их основе можно разработать систему контроля и определить хозяйственный режим в целях уменьшения отрицательного воздействия вредных выбросов на производительность лесов. В Литовской ССР наиболее ярким примером изменений производительности древостоев под влиянием вредных выбросов могут служить леса, произрастающие поблизости Йонавского завода азотных удобрений (ЗАУ).

Мы исследовали влияние вредных промышленных выбросов Йонавского ЗАУ на производительность чистых, условно разновозрастных сосновых древостоев, произрастающих в типе лесорастительных условий В<sub>2</sub>. Моделирование изменений радиального текущего прироста за 1976—1980 гг. основано на экспериментальном материале 50 пробных древостоев (15 молодняков, 15 средневозрастных и 20 приспевающих). Пробные древостои подобраны по направлению господствующих ветров на расстоянии до 15 км от источника загрязнения. В каждом пробном древостое в среднем у 36 деревьев буровом Пресслера взяты керны прироста на высоте 1,3 м.

Мы исследовали связь между радиальным приростом и диаметром дерева, а также возрастом древостоя. Правильность подбора этих факторов подтверждается результатами исследований В. В. Антанайтиса и В. В. Загреева [1], согласно которым в конкретных сосновых древостоях наиболее тесная корреляционная связь существует между радиальным приростом и диаметром дерева на высоте 1,3 м. (В старшем возрасте древостоя эта связь несколько ослабевает).

Зависимость радиального прироста от диаметра дерева и возраста древостоя имеет местный характер, поэтому в условиях локального загрязнения окружающей среды ее нужно исследовать с учетом направления преобладающих ветров, расстояния до источника загрязнения и, конечно, лесорастительных условий.

На основе регрессионного анализа экспериментального материала получены данные, которые позволили разработать модели закономерностей изменения текущего радиального прироста в загрязненных сосновых древостоях. Зависимость текущего среднего периодического радиального прироста в сосновых древостоях от диаметра дерева и расстояния до источника загрязнения выражена следующими уравнениями множественной регрессии:  
для сосновых молодняков

$$\begin{aligned} \tilde{Z}_r = & 0,057 + 0,0471d - 0,05717l + 0,0192017dl + \\ & + 0,0037899l^2 - 0,000815dl^2; \end{aligned} \quad (1)$$

для средневозрастных насаждений

$$\begin{aligned} \tilde{Z}_r = & 0,153 + 0,01787d + 0,03128l + 0,00226852dl - \\ & - 0,0010199l^2 - 0,000155dl^2; \end{aligned} \quad (2)$$

для приспевающих насаждений

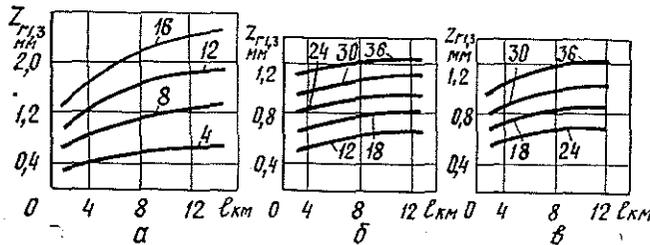
$$\begin{aligned} \tilde{Z}_r = & 0,167 + 0,01533d + 0,00596l + 0,002696dl - \\ & - 0,0008l^2 - 0,0001333dl^2, \end{aligned} \quad (3)$$

где  $Z_r$  — текущий средний периодический радиальный прирост деревьев сосны на высоте 1,3 м, мм;

$d$  — диаметр дерева на высоте 1,3 м, см;

$l$  — расстояние до источника загрязнения, км.

Среднее квадратичное отклонение экспериментальных данных от выравненных составляет: для молодняков  $Z_r = \tilde{Z}_r \pm 23\%$ , для средневозрастных сосняков  $Z_r = \tilde{Z}_r \pm 23\%$  и для приспевающих насаждений  $Z_r = \tilde{Z}_r \pm 24\%$ .



Зависимость среднего периодического годового прироста ( $Z_r$ ) за период 1976—1980 гг. от диаметра деревьев ( $d$ ) и расстояния до источника загрязнения ( $l$ ) в ЮЗ направлении.

Цифры у кривых указывают диаметр деревьев ( $d$ ); а — сосновые молодняки; б — средневозрастные сосняки; в — приспевающие сосняки.

Обобщая полученные результаты, следует отметить, что во всех исследуемых группах возраста древостоев отмечается резкое уменьшение текущего радиального прироста в сосняках, произрастающих поблизости (до 8 км) Ионавского ЗАУ (см. рис.). Наибольшее уменьшение радиального прироста наблюдается у тонкомерных деревьев. В сосновых молодняках, произрастающих на расстоянии 3 км от источника загрязнения, радиальный прирост тонкомерных деревьев составляет 43% прироста деревьев, растущих на расстоянии 15 км от ЗАУ. Для крупномерных деревьев этот показатель составляет 52%. Средневозрастные и приспевающие сосновые древостои более устойчивы к воздействию вредных выбросов по сравнению с молодняками. Радиальный прирост тонкомерных деревьев средневозрастных и приспевающих сосняков, произрастающих в 3 км от завода, на 16—22% меньше, чем прирост таких же деревьев, произрастающих в 10—11 км. Уменьшение радиального прироста крупномерных деревьев составляет 13—16%.

Снижение текущего прироста деревьев сосны в зоне воздействия вредных выбросов ЗАУ влечет изменение других таксационных пока-

зателей исследуемых древостоев, в частности суммы площадей сечений. Для определения изменений сумм площадей сечений древостоев, произрастающих в зоне локального загрязнения окружающей среды, следует сопоставить этот локационный показатель с данными нормативов производительности древостоев, произрастающих в условиях фонового загрязнения окружающей среды. Такими контрольными нормативами лучше всего служат модели производительности древостоев разной густоты, так как последние наилучшим образом отражают имеющееся в природе разнообразие процессов роста древостоев.

Для оценки влияния вредных выбросов ЗАУ на сумму площадей сечений использованы данные 18 пробных площадей, заложенных в чистых сосняках (класс бонитета—II) по направлению преобладающих ветров на расстоянии до 13—14 км от ЗАУ. Пробные древостои последние 7—10 лет не подвергались хозяйственным мероприятиям. Определена их густота и сумма площадей сечений, которые сопоставлены со соответствующими показателями сосновых древостоев фонового загрязнения [3]. В результате вычислена относительная сумма площадей сечений поврежденных сосняков  $\Sigma g_{л}^0$ . Этот показатель определен по формуле

$$\Sigma g_{л}^0 = \frac{\Sigma g_{лij}}{\Sigma g_{фij}} \cdot 100, \quad (4)$$

где  $\Sigma g_{лij}$  — сумма площадей сечений древостоев  $i$ -того возраста,  $j$ -той густоты при локальном загрязнении окружающей среды, м<sup>2</sup>/га;

$\Sigma g_{фij}$  — сумма площадей сечений древостоев  $i$ -того возраста,  $j$ -той густоты при фоновом загрязнении окружающей среды, м<sup>2</sup>/га.

Полученные данные приведены в таблице.

Возраст, лет	Густота, шт./га	Сумма площадей сечений, м <sup>2</sup> /га, при загрязнении окружающей среды		Относительная сумма площадей сечений при локальном загрязнении окружающей среды, %
		локальном	фоновом	
39	2272	20,3	25,6	79,3
50	1206	31,2	33,2	93,4
60	592	27,8	29,7	93,6
70	794	32,0	37,1	86,3
80	402	27,2	32,1	84,7

Анализ данных, приведенных в таблице, позволяет заключить, что в условиях воздействия вредных выбросов Йонавского ЗАУ производительность чистых сосновых древостоев II класса бонитета уменьшилась на 10—20%. Наибольший ущерб причинен более молодым древостоям, так как они наибольшую часть своего существования находились под воздействием вредных веществ. Более устойчивы в условиях локального загрязнения окружающей среды средневозрастные и приспевающие древостои. Такой же вывод отмечается в некоторых литературных источниках [2].

Полученные выводы о значительном уменьшении текущего прироста и производительности сосновых древостоев, а также ухудшении их санитарного состояния указывают на то, что сосняки в условиях загрязнения окружающей среды выбросами Йонавского завода азотных удобрений не перспективны. Возникает необходимость в ближайшее время разработать рекомендации по рациональному использованию су-

ществующих древостоев и определению целевых насаждений для условий локального загрязнения окружающей среды.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Антанайтис В. В., Загребев В. В. Прирост леса. — М.: Лесн. пром-сть, 1969. [2]. Клейнхоф А. Э. Влияние загрязнения окружающей среды на лесные насаждения. — Экспресс-информ., 1979, № 3. [3]. Тябера А. П. Моделирование производительности и товарности сосновых древостоев разной густоты в условиях Литовской ССР: Автореф. дис. ...канд. с.-х. наук. — Брянск, 1980.

Поступила 6 апреля 1981 г.

УДК 630\*5.001.5

### НОВАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ФУНКЦИЯ РОСТА

Я. А. ЮДИЦКИЙ

Украинская сельскохозяйственная академия

Современное моделирование роста деревьев и древостоев характеризуется широким применением математических методов и ЭВМ.

Разные авторы предлагали много видов функций роста [1, 3, 7]. Однако общепринятых аналитических выражений для этой цели пока нет, некоторые получены чисто эмпирически, и их параметрам трудно дать содержательную трактовку.

Сформулируем основные требования к модели изменения таксационного признака во времени, называемой в дальнейшем функцией роста (ФР): 1) уравнение должно реализовать некоторую гипотезу, отражающую закономерности роста; 2) параметры формулы должны иметь содержательную интерпретацию; 3) область применения модели должна быть достаточно широка. Исходя из приведенных условий, построим ФР нового типа.

Обозначим исследуемый таксационный признак через  $y$ , а возраст через  $t$ . Тогда  $y = f(t, a_1, a_2, \dots)$ , где  $a_1, a_2, \dots$  — параметры. Рассмотрим период активного роста насаждений от смыкания до возраста естественной спелости. При этой предпосылке можно считать, что такие таксационные показатели, как средняя высота, средний диаметр, запас, вообще говоря, возрастают. Поэтому сразу  $y' > 0$ . Общеизвестным является биологический принцип, согласно которому кривая роста имеет S-образную форму [1]. Для начального периода жизни древостоя она вогнута ( $y'' > 0$ ), имеет точку перегиба ( $y'' = 0$ ), а затем становится выпуклой ( $y'' < 0$ ), все более приближаясь к прямой ( $y'' \rightarrow 0$ ). Кроме того, очевидно, что для больших  $t$  возрастание  $y$  замедляется ( $y' \rightarrow 0$ ). Нетрудно видеть, что решение дифференциального уравнения

$$y'' = y' (at + \beta) \quad (1)$$

обладает всеми перечисленными свойствами. Анализ многочисленных таблиц хода роста и эмпирических кривых, отражающих динамику таксационных показателей во времени, подтверждает гипотезу, что отношение скорости изменения прироста ( $y''$ ) к приросту ( $y'$ ) — величина, достаточно хорошо аппроксимирующаяся линейным уравнением, что и выражается соотношением (1). Решение (1) имеет вид

$$y = \bar{a}_1 \int_0^{a_2 t + a_3} e^{-u^2} du + a_4, \quad (2)$$

где  $a_1, a_2, a_3, a_4$  — числовые параметры.

## Функция

$$\Phi_M(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-u^2} du \quad (3)$$

известна как функция Маркова [2] (отличается от функции Гаусса—Лапласа нижним пределом интегрирования и числовыми коэффициентами). Используя обозначение (3), нетрудно решение (2) записать в виде:

$$y = a_1 \Phi_M(a_2 t + a_3) + a_4. \quad (4)$$

Коэффициенты (1) легко выражаются через параметры  $a_2$  и  $a_3$ :

$$\alpha = -2 a_2^2; \quad \beta = -2 a_2 a_3.$$

Исследуя функцию (4) и ее производные, можно убедиться, что она удовлетворяет всем сформулированным закономерностям роста. Дадим трактовку параметров, входящих в уравнение (4).  $a_2$  — коэффициент, показывающий, насколько быстро меняется с возрастом рассматриваемый признак, т. е. характеризует интенсивность роста и должен быть постоянным для идентичных условий произрастания;  $a_1 + a_4$  — максимальное значение, которое может принять  $y$ ; отношение  $\left(-\frac{a_3}{a_2}\right)$  — точка, в которой текущий прирост достигает наибольшего значения, а первое слагаемое обращается в нуль;  $a_4$  — значение таксационного признака  $y$  в точке максимального текущего прироста.

Для проверки предлагаемой ФР выравнивали (в зависимости от возраста) среднюю высоту, средний диаметр и запас оставляемой части насаждений, взятые из различных таблиц хода роста. Уравнение (4) использовали для аппроксимации закономерности роста для возрастов более 20 лет, поэтому все дальнейшие формулы справедливы при  $t \geq 20$ .

Наряду с предлагаемой ФР (4), испытывали другие наиболее распространенные уравнения (всего 18), в том числе функции Дракина и Вуевского, Коллера, Корсуна, Бакмана [1]. Был применен так называемый «поиск по деформируемому многограннику» [6], отличающийся высокой скоростью сходимости и позволяющий с хорошей точностью определять одновременно все параметры ФР. Однако его применение без использования ЭВМ практически невозможно из-за весьма большого объема вычислений.

В качестве исходных данных были взяты различные таксационные признаки насаждений по таблицам хода роста сосновых насаждений А. В. Тюрина [5], А. О. Тшука [4] и Ю. Н. Савича [4]. Сравнение полученных результатов показало, что уравнение (4) аппроксимирует закономерности изменения таксационных признаков на таком же уровне приближения, как и лучшие существующие ФР (сравнивались средние квадратичные отклонения вычисленных показателей от исходных), а для некоторых бонитетов степень приближения оказывалась даже выше. Кроме того, существующие ФР плохо выражают зависимость параметров от бонитета. Из примеров, приводимых ниже, видно, что в уравнении (4) отмеченная трудность отсутствует, что дает возможность применять единую формулу для всех бонитетов.

При выравнивании по уравнению (4) средней высоты и среднего диаметра, взятых из таблиц хода роста сомкнутых сосновых насаждений (А. В. Тюрина [5]), получены соответственно формулы:

$$h = (37,4 - 3,8b) \Phi_M(0,0111t) + (0,7 - 0,38b); \quad (5)$$

$$d = (54 - 6,1b) \Phi_M(0,0079t) + (0,1 - 0,2b), \quad (6)$$

где  $t$  — возраст, лет;

$b$  — порядковый номер класса бонитета: для Ia  $b = 0$ , для I  $b = 1$ , для II  $b = 2$  и т. д.

Из анализа формул (5) и (6) следует, что параметры  $a_2$  и  $a_3$  постоянны, а  $a_1$  и  $a_4$  линейно зависят от бонитета. Как указывалось ранее,  $t \geq 20$  (поэтому, например,  $h \neq 0$  при  $t = 0$ ). По моделируемым таблицам максимум текущего прироста высоты и диаметра лежит левее точки  $t = 20$  лет, и при выравнивании значения  $a_3$  получались малыми по сравнению с  $a_2$ , поэтому, не допуская большой погрешности, можно положить  $a_3 = 0$ .

Динамику запаса насаждения ФР (4) аппроксимирует хуже, однако точность остается достаточно высокой. Кроме того, параметр  $a_1$  удовлетворительно выражается через бонитет только уравнением второй степени.

Т а б л и ц а 1

Возраст, лет	Высота, м		Диаметр, см		Запас, м <sup>3</sup>	
	табличная	вычисленная	табличный	вычисленный	табличный	вычисленный
20	8,4	8,6	8,4	8,4	91	79
30	12,3	12,5	12,6	12,5	176	178
40	16,2	16,1	16,6	16,5	267	271
50	19,6	19,4	20,4	20,3	353	355
60	22,4	22,3	23,8	23,8	426	429
70	24,8	24,8	27,0	27,1	487	494
80	26,7	26,9	30,2	30,1	540	548
90	28,4	28,6	33,0	32,8	585	593
100	29,9	30,0	35,5	35,3	625	629
110	31,0	31,1	37,6	37,4	660	658
120	32,0	31,9	39,4	39,3	684	679
130	32,7	32,6	40,8	40,9	705	696
140	33,3	33,0	41,8	42,3	716	707
Среднее квадратичное отклонение						
$a_1$	0,17		0,18		6,6	
$a_2$	33,6		47,9		866	
$a_3$	0,0111		0,0079		0,0110	
$a_4$	0,32		-0,1		-133	

В табл. 1 в качестве примера приведены исходные таксационные признаки и вычисленные по уравнениям (5) и (6) их значения для таблиц А. В. Тюрина по сосне I класса бонитета (при этом положено  $b = 1$ ,  $t = 20, 30, \dots, 140$  лет), а также средние квадратичные отклонения (в соответствующих единицах) и значения параметров  $a_1, a_2, a_3, a_4$  для этого случая ( $b = 1$ ). В табл. 2 даются значения параметра  $a_2$  (интенсивность роста), а также погрешности для различных таблиц хода роста сосновых насаждений.

Схема применения ФР (4) заключается в следующем. Пусть для данного древостоя известны возраст и средняя высота, а параметр  $a_2$  и выражения для  $a_1$  и  $a_4$  выбраны. Например, в рассматриваемом регионе применяются таблицы хода роста, для которых построены формулы типа (5) и (6) или известна предыстория насаждения и параметры

Таблица 2

Автор таблиц	Высота, м	Диаметр, см	Запас, м <sup>3</sup>
А. В. Тюрин	0,011	0,008	0,011
	0,15	0,21	5,6
А. О. Тшук	0,012	0,008	0,009
	0,35	0,22	6,0
Ю. Н. Савич	0,016	0,010	0,014
	0,95	0,13	2,5

Примечание. В числителе значения  $a_2$ ; в знаменателе — средние квадратичные отклонения.

$a_1, a_2, a_3, a_4$  могут быть получены формально. Решая уравнение типа (5) как линейное с одним неизвестным  $b$ , находим бонитет. Далее, взяв соответствующие параметры для формул диаметра и запаса, можно определить по ним значения таксационных признаков на данный момент и осуществить прогноз.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Кузьмичев В. В. Закономерности роста древостоев. — Новосибирск: Наука, 1966. — 160 с. [2]. Митропольский А. К. Статистическое исчисление. Т. 2. — Л., 1952. — 188 с. [3]. Никитин К. Е., Швиденко А. З. Методы и техника обработки лесоводственной информации. — М.: Лесн. пром-сть, 1978. — 272 с. [4]. Таблиці ходу росту і товарності насаджень деревних порід України. — Київ: Урожай, 1969. — 110 с. [5]. Тюрин А. В., Науменко И. М., Воропанов П. В. Лесная вспомогательная книжка. — М.: Гослесбумиздат, 1956. — 532 с. [6]. Химмельблау Д. Прикладное нелинейное программирование. — М.: Мир, 1975. — 534 с. [7]. Prodan M. Forstliche biometrie. — München, Bonn, Wien, 1961. — 402 S.

Поступила 1 июля 1981 г.

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 629.1-445.75.001.2

ИНЕРЦИОННЫЙ МОМЕНТ АВТОВОЗА  
ПРИ ДВИЖЕНИИ НА ПОВОРОТЕ

П. Ф. МАРЧЕНКО

Архангельский лесотехнический институт

При неравномерном движении машин на повороте возникает инерционный момент  $M_j$ , величина которого, как известно, определяется уравнением

$$M_j = -m_a \rho_z^2 \frac{d\omega_a}{dt}, \tag{1}$$

где  $m_a$  — масса машины;

$\rho_z$  — радиус инерции относительно вертикальной оси  $z$ , проходящей через центр масс;

$\frac{d\omega_a}{dt}$  — угловое ускорение поворота машины.

Впервые инерционный момент был введен акад. Е. А. Чудаковым при определении боковых реакций на колеса автомобиля, движущегося на повороте при  $\frac{d\omega_a}{dt} \neq 0$  [5]. Рассматривая улучшенную плоскую одномассовую модель автомобиля с передними управляемыми и задними ведущими колесами, он приводит уравнения суммарных боковых реакций при движении на повороте, когда  $\frac{d\omega_a}{dt} > 0$ :

$$\left. \begin{aligned} Y_1 \cos \Theta &= \frac{P'_{jyc} b + M_j}{L} + (X_{в2} - X_{н2}) \frac{B}{2L}; \\ Y_2 &= \frac{P_{jyc} a - M_j}{L} - (X_{в2} - X_{н2}) \frac{B}{2L}. \end{aligned} \right\} \tag{2}$$

Уравнения (2) получены для движения автомобиля с малыми значениями угла поворота управляемых колес  $\Theta$ . Проф. А. С. Литвинов [1], рассматривая пространственную одномассовую модель автомобиля, приводит следующие уравнения для определения аналогичных реакций:

$$\left. \begin{aligned} Y_{н1} \cos \Theta_{н1} + Y_{в1} \cos \Theta_{в1} &= \frac{P_{jyc} b + M_j}{L} + (X_{н1} \sin \Theta_{н1} + \\ &+ X_{в1} \sin \Theta_{в1}) + (X_{в2} - X_{н2}) \frac{B}{2L} + (X_{н1} \cos \Theta_{н1} - X_{в1} \cos \Theta_{в1}) \frac{B}{2L}; \\ Y_{н2} + Y_{в2} &= \frac{P_{jyc} a - M_j}{L} + (X_{н2} - X_{в2}) \frac{B}{2L} + \\ &+ (X_{в1} \cos \Theta_{в1} - X_{н1} \cos \Theta_{н1}) \frac{B}{2L}. \end{aligned} \right\} \tag{3}$$

В уравнениях (2) и (3) принято:

$y$  — боковые реакции на колеса автомобиля;

$P_{jyc}$  — боковая сила инерции центра тяжести автомобиля, расположенного на расстоянии  $a$  от передних колес и  $b$  — от задних ( $a + b = L$ );

$X$  — касательные реакции на колеса автомобиля;

$B$  — ширина колеи автомобиля.

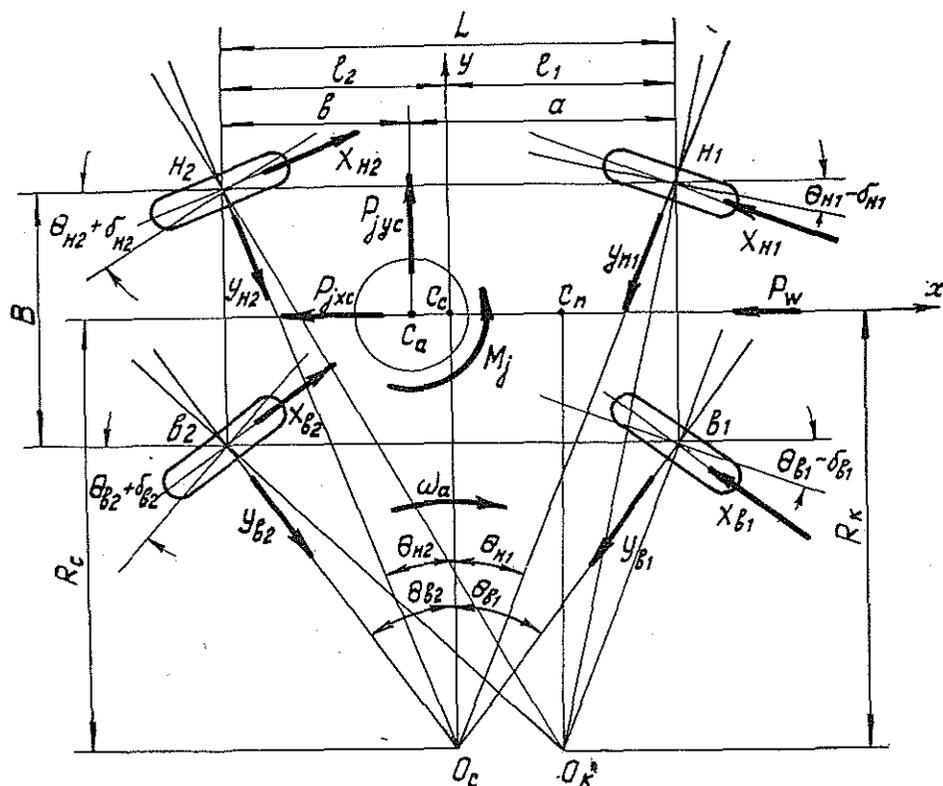
(Индексы 1 и 2 относятся соответственно к передним и задним колесам,  $n$  и  $в$  — к наружным и внутренним колесам по повороту).

Из уравнений (2) и (3) видно, что при движении автомобиля на повороте, когда  $\frac{d\omega_a}{dt} > 0$ , инерционный момент  $M_j$  уравновешивается моментом от поперечных составляющих боковых реакций, нагружает передние и разгружает задние его колеса.

В действительности у автомобилей и других колесных машин при движении на повороте, когда  $\frac{d\omega_a}{dt} \neq 0$ , инерционный момент  $M_j$  создается боковой силой инерции и активными силами, действующими на машину, а уравновешивается моментами от поперечных  $M_y$  и продольных  $M_x$  составляющих боковых реакций на колеса:

$$M_j = M_y + M_x. \quad (4)$$

Для автомобилей, у которых ширина колеи  $B$  незначительна по сравнению с базой  $L$ , а отношение  $B/L = 0,2-0,3$ , уравнения (2) и (3) дают небольшую погрешность. При  $B/L > 0,5$  погрешность значительна. Особенно ощутима она для автовозов, у которых  $B/L = 0,5-1,0$  и все колеса управляемые.



Для подтверждения указанных положений рассмотрим пространственную одномассовую модель автовоза со всеми управляемыми колесами при ускоренном движении на повороте (см. рис.).

Если учесть, что

$$l_2 = \left(R_C + \frac{B}{2}\right) \operatorname{tg} \theta_{н2} = \left(R_C - \frac{B}{2}\right) \operatorname{tg} \theta_{в2};$$

$$l_1 = \left(R_C + \frac{B}{2}\right) \operatorname{tg} \theta_{н1} = \left(R_C - \frac{B}{2}\right) \operatorname{tg} \theta_{в1},$$

то из уравнения моментов относительно  $O_C$  можно получить

$$\begin{aligned} & \left[ \left( X_{н2} \frac{1}{\cos \theta_{н2}} + X_{в2} \frac{1}{\cos \theta_{в2}} \right) - \left( X_{н1} \frac{1}{\cos \theta_{н1}} + X_{в1} \frac{1}{\cos \theta_{в1}} \right) - \right. \\ & \quad \left. - (P_{jxC} + P_W) \right] R_C + \left( X_{н2} \frac{1}{\cos \theta_{н2}} - X_{н1} \frac{1}{\cos \theta_{н1}} \right) \frac{B}{2} - \\ & \quad - \left( X_{в2} \frac{1}{\cos \theta_{в2}} - X_{в1} \frac{1}{\cos \theta_{в1}} \right) \frac{B}{2} + P_{jyC} (l_2 - b) - M_j = 0. \end{aligned} \quad (5)$$

Величины  $X \frac{1}{\cos \theta}$  являются активными силами, приложенными от колес к раме автовоза. Сумма при  $R_C$  представляет собой баланс активных сил и силы инерции в направлении движения, поэтому

$$\begin{aligned} & \left( X_{н2} \frac{1}{\cos \theta_{н2}} + X_{в2} \frac{1}{\cos \theta_{в2}} \right) - \left( X_{н1} \frac{1}{\cos \theta_{н1}} + X_{в1} \frac{1}{\cos \theta_{в1}} \right) - \\ & \quad - (P_{jxC} + P_W) = 0. \end{aligned} \quad (6)$$

Остальная часть уравнения (5) представляет собой баланс моментов активных сил и силы инерции относительно  $C_C$ :

$$\begin{aligned} & \left( X_{н2} \frac{1}{\cos \theta_{н2}} - X_{н1} \frac{1}{\cos \theta_{н1}} \right) \frac{B}{2} - \left( X_{в2} \frac{1}{\cos \theta_{в2}} - X_{в1} \frac{1}{\cos \theta_{в1}} \right) \frac{B}{2} + \\ & \quad + P_{jyC} (l_2 - b) - M_j = 0. \end{aligned} \quad (7)$$

Из уравнения (7) видно, что при неравномерном движении автовоза на повороте инерционный момент  $M_j$  в одномассовой его модели создается моментами активных сил и моментом поперечной силы инерции.

Для определения уравновешивающих моментов  $M_y$  и  $M_x$  рассмотрим пространственную модель автовоза с размещенными массами [4] при ускоренном движении на повороте (см. рис. в работе [4]). Эта модель с размещенными массами эквивалентна пространственной одномассовой модели (см. рис.)

Из уравнений моментов относительно центра масс  $C_a$  рассматриваемых эквивалентных систем можно получить:

$$\begin{aligned} & [P_{j\delta_{в2}} \sin(\theta_{в2} + \delta_{в2}) + P_{j\delta_{н2}} \cos(\theta_{в2} + \delta_{в2}) - P_{j\delta_{в1}} \sin(\theta_{в1} - \delta_{в1}) + \\ & \quad + P_{j\delta_{н1}} \cos(\theta_{в1} - \delta_{в1}) - P_{j\delta_{н2}} \sin(\theta_{н2} + \delta_{н2}) - P_{j\delta_{н1}} \cos(\theta_{н2} + \delta_{н2}) + \\ & \quad + P_{j\delta_{н1}} \sin(\theta_{н1} - \delta_{н1}) - P_{j\delta_{н1}} \cos(\theta_{н1} - \delta_{н1})] \frac{B}{2} + [P_{j\delta_{в2}} \cos(\theta_{в2} + \\ & \quad + \delta_{в2}) - P_{j\delta_{н2}} \sin(\theta_{в2} + \delta_{в2}) + P_{j\delta_{н2}} \cos(\theta_{н2} + \delta_{н2}) - P_{j\delta_{н2}} \sin(\theta_{н2} + \\ & \quad + \delta_{н2})] b - P_{j\delta_{в1}} \cos(\theta_{в1} - \delta_{в1}) + P_{j\delta_{н1}} \sin(\theta_{в1} - \delta_{в1}) + \\ & \quad + P_{j\delta_{н1}} \cos(\theta_{н1} - \delta_{н1}) + P_{j\delta_{н1}} \sin(\theta_{н1} - \delta_{н1}) = -M_j. \end{aligned} \quad (8)$$

Выражая силы инерции через размещенные массы и ускорения, уравнение (8) можно записать в следующем виде:

$$(m_{н2}j_{xn2} + m_{н1}j_{xn1} - m_{в2}j_{xb2} - m_{в1}j_{xb1}) \frac{B}{2} - (m_{н2}j_{yn2} + m_{в2}j_{yb2})b + (m_{н1}j_{yn1} + m_{в1}j_{yb1})a = M_j, \quad (9)$$

где  $m$  — размещенные массы в точках над колесами автовоза;  
 $j_x$  и  $j_y$  — проекции ускорений в этих точках соответственно на осях  $x$  и  $y$ .

Согласно условиям поворота автовоза [4] и равенству (4), уравнение (9) можно представить в виде двух равенств:

$$M_x = (m_{н2}j_{xn2} + m_{н1}j_{xn1} - m_{в2}j_{xb2} - m_{в1}j_{xb1}) \frac{B}{2}; \quad (10)$$

$$M_y = (m_{н1}j_{yn1} + m_{в1}j_{yb1})a - (m_{н2}j_{yn2} + m_{в2}j_{yb2})b. \quad (11)$$

Размещение массы в точках над колесами автовоза [2]

$$\left. \begin{aligned} m_{н1} = m_{в1} = m_a \frac{\rho_z^2 b}{2L \left( ab + \frac{B^2}{4} \right)}; \\ m_{н2} = m_{в2} = m_a \frac{\rho_z^2 a}{2L \left( ab + \frac{B^2}{4} \right)}, \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

где  $m_a$  — масса автовоза;

$\rho_z$  — радиус инерции автовоза относительно вертикальной оси  $z$ .

Разность проекций ускорений в этих точках [3]:

$$\left. \begin{aligned} j_{xn} - j_{xb} = B \frac{d\omega_a}{dt}; \\ j_{yn1} - j_{yb2} = L \frac{d\omega_a}{dt}. \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

При совместном решении уравнений (10) — (13) получим

$$M_x = m_a \frac{\rho_z^2}{ab + \frac{B^2}{4}} \frac{B^2}{4} \frac{d\omega_a}{dt}; \quad (14)$$

$$M_y = m_a \frac{\rho_z^2 ab}{ab + \frac{B^2}{4}} \frac{d\omega_a}{dt}. \quad (15)$$

Из уравнений (14) и (15) находим

$$\frac{M_x}{M_y} = \frac{B^2}{4ab}. \quad (16)$$

Рассматривая совместно равенства (4) и (16), выразим  $M_x$  и  $M_y$  в долях  $M_j$ . Значения  $M_x$  и  $M_y$  для отечественных лесовозов приведены в таблице.

Из таблицы видно, что с увеличением  $B$  доля  $M_j$ , уравниваемая продольными составляющими боковых реакций, увеличивается и для автовоза  $L = B$  (при  $a = b$ ) составляет 50 %. Поэтому в расчетах и теоретических исследованиях динамических параметров поворота авто-

Марка автовоза	$a$ мм	$b$ мм	$B$ мм	$M_x$	$M_y$
T-60M	1750	1850	1750	$0,200 M_j$	$0,800 M_j$
T-80	1700	1700	1850	$0,228 M_j$	$0,772 M_j$
T-140	1700	1700	2100	$0,276 M_j$	$0,724 M_j$
T-110	1825	1821	2800	$0,370 M_j$	$0,630 M_j$

Примечание. В частном случае при  $L = B$  и  $a = b$  имеем:  $M_x = 0,5M_j$ ;  $M_y = 0,5M_j$ .

воза с  $B/L \geq 0,5$  необходимо учитывать, какая доля инерционного момента уравнивается моментами от составляющих боковых реакций его колеса. Этот учет необходим в том случае, если рассматривается пространственная одномассовая модель автовоза.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Литвинов А. С. Управляемость и устойчивость автомобиля. — М.: Машиностроение, 1971. — 416 с. [2]. Марченко П. Ф. Размещение массы автовоза при исследовании движения на повороте. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1978, № 5, с. 58—61. [3]. Марченко П. Ф. Соотношения между ускорениями точек автовоза при движении на повороте. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 1, с. 34—38. [4]. Марченко П. Ф. Уравнения движения автовоза на повороте. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 2, с. 49—55. [5]. Чудаков Е. А. Избранные труды. Т. 1. — М.: Изд-во АН СССР, 1961. — 464 с.

Поступила 13 ноября 1981 г.

УДК 625.156.6

### ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМОВ В УЗЛЕ ТРЕНИЯ КОЛОДОЧНОГО ТОРМОЗА ТЕПЛОВОЗОВ УЗКОЙ КОЛЕИ

Б. Б. ДЕМИДОВСКИЙ

Архангельский лесотехнический институт

Из всего многообразия причин, влияющих на тормозную эффективность, износостойкость тормозных колодок и состояние поверхности катания колесных пар, температурный режим узла трения при определенных условиях нередко является одним из решающих факторов. При торможении возможно значительное повышение температур поверхности катания колеса, что, в свою очередь, может оказать влияние на крепление бандажа и вызвать его сползание с колесного центра.

В условиях лесовозных дорог колеи 750 мм температурный режим фрикционного узла колеса и колодки может быть особенно напряженным при следовании по затяжному спуску. Лесовозные дороги построены с преобладанием спусков в грузовом направлении. Прицепной состав в большинстве случаев не имеет автотормозов, и торможение лесовозных поездов осуществляется только прямодействующим неавтоматическим тормозом тепловоза. Это ведет к интенсивному нагреву колес. На тепловозах УЖД, поставляемых Камбарским машиностроительным заводом, колесные пары изготавливаются бандажными.

Для выявления уровня температур, развивающихся вблизи фрикционного контакта, и поверхностной температуры бандажа были проведены опыты при торможении колодками из перспективных неметаллических материалов. Испытывали асбофрикцион-

ные материалы 5-6-60, 7-30А-64, 8-1-66, а также чугуно-капроновый прессматериал и для сравнения стандартные чугунные колодки.

Испытания проводили при движении груженого состава на затяжном спуске Липаковской УЖД объединения Архангельсклеспром. Протяженность спуска составила 4 км, приведенный уклон 10 ‰, на некоторых участках до 35 ‰. Масса составов колебалась в пределах  $\pm 6\%$ . Торможение осуществлялось тепловозом ТУ4.

Для измерения температур в тормозной колодке устанавливали четыре хромель—копелевые термопары на расстоянии 3 и 10 мм от поверхности трения на набегающем и сбегающем концах колодки. Отверстия для термопар сверлили на глубину 30 мм, так что концы термопар доходили до середины колодки. После приработки колодок спай двух термопар оказывались в непосредственной близости от поверхности трения. Термопары тарировали по образцовому термометру. Ток от термопар при испытаниях поступал на гальванометры осциллографа Н-700. Схема измерительной аппаратуры приведена на рис. 1. Температуру бандажа замеряли термопарой, которую зажимали между колесом и колодкой сразу после окончания торможения. При замере термопару изолировали от контакта с колодкой асбестом.

Тепловоз для опытных поездок оборудовали колодками из одного и того же материала. Каждый материал испытывали в течение трех поездок. На ленте осциллографа записывались температура и время торможения. По приборам тепловоза в журнале наблюдений фиксировали давление в тормозном цилиндре и путь торможения по спидометру.

Расшифровка осциллограмм и записей наблюдений дала возможность получить представление о температурах, развивающихся вблизи поверхности трения для испытанных материалов. Значения температур определяли как среднее арифметическое измерений, полученных в трех опытных поездках.

Анализ полученных зависимостей температуры вблизи фрикционного контакта от времени торможения для всех термопар каждого из материалов колодок показал, что максимальные температуры развиваются у набегающих концов колодок.

На рис. 2 представлены графики изменения температур.

Из графиков видно, что температура набегающих концов колодок различна. У асбофрикционных материалов в конце тормозного пути она колеблется в небольших пределах (102—148 °С), у чугуна достигает 257 °С, у чугуно-капронового материала — 182 °С. Такая разница объясняется теплопроводностью материалов. Колодки из асбофрикционных материалов с низкой теп-

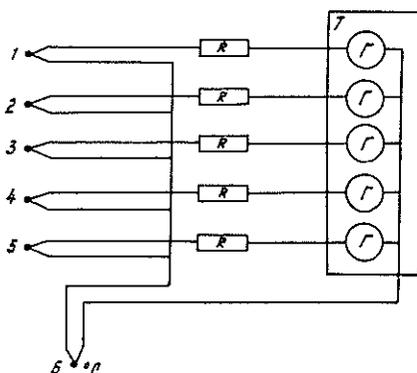


Рис. 1. Схема измерительной аппаратуры.

1—4 — термопары в колодке; 5 — зажимная термопара; 6 — термопара в термосе со льдом; 7 — осциллограф; Г — гальванометры; R — дополнительные сопротивления.

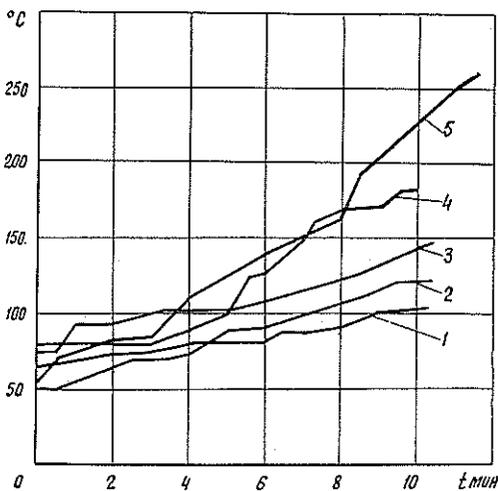


Рис. 2. Графики изменения температур в набегающих концах колодок из разных материалов.

1—5-60-60; 2—7-30А-64; 3—8-1-66; 4 — чугуно-капроновый прессматериал; 5 — чугун.

лопроводностью нагреваются меньше, а тепло, возникающее при торможении, рассеивается в атмосферу большей частью через колесо. Это подтверждают данные, приведенные в таблице.

Поездки	Температура поверхности катания, °С, для материала тормозной колодки				
	Чугуно-капрон	7-30А-64	8-1-66	5-6-60	Чугун
1	110	216	186	181	102
2	118	223	188	195	100
3	114	202	182	180	104
Среднее	114	213	185	185	102

Коэффициенты теплопроводности чугуна и чугуно-капронового прессматериала близки по своим значениям (соответственно 45 и 42 Вт/(м·град) и значительно выше, чем у асбофрикционных материалов. Через эти колодки в атмосферу уходит значительно больше тепла, и колесо нагревается меньше.

#### Выводы

Асбофрикционные материалы повышают поверхностную температуру колес в 1,8—2,1 раза по сравнению с чугунными колодками. При торможении на затяжных спусках колодками, изготовленными из асбофрикционных материалов, возможно возникновение высоких температур на поверхности и по диску колеса. Повышенная тепловая напряженность узла трения может привести к ослаблению посадки бандажа на колесном центре и неблагоприятно влиять на износостойкость колесных пар и тормозных колодок.

Чугуно-капроновый прессматериал имеет хорошую теплопроводность. При длительных торможениях температура узла трения близка к температурам при торможении чугунными колодками. С учетом полученных данных и ранее проведенных исследований по тормозной эффективности и износостойкости [1, 2], этот материал можно рекомендовать для широкого применения в тормозном оборудовании тягового и сцепного составов лесовозных дорог колеи 750 мм.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Демидовский Б. Б. Тормозные колодки для подвижного состава лесовозных УЖД. — В кн.: Лесозэксплуатация и лесосплав, 1972, № 6, с. 12. (Реф. информ./ВНИПИЭИлеспром). [2]. Демидовский Б. Б. Тормозные колодки из новых фрикционных материалов на лесовозных УЖД. — В кн.: Лесозэксплуатация и лесосплав, 1973, № 13, с. 9. (Реф. информ./ВНИПИЭИлеспром).

Поступила 17 ноября 1981 г.

УДК 629.032.1.001.2

## УРАВНОВЕШЕННЫЕ НЕСИММЕТРИЧНЫЕ ЗВЕНЬЯ ГУСЕНИЧНЫХ ДВИЖИТЕЛЕЙ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Н. А. БЕЛОУСОВ

Ухтинский индустриальный институт

Опыт эксплуатации лесозаготовительной техники показывает, что машины этого типа должны обладать хорошей проходимостью и высокими рабочими скоростями при движении по грунтам с низкой несущей способностью (снегу, болоту, влажному, суглинку и др.).

В настоящее время известны два направления: разработка принципиально новых машин на гусеничном и колесном шасси и совершенствование традиционной техники.

Первое направление определяет тенденцию к созданию семейства машин на базе унифицированных шасси, что, несомненно, улучшит использование шасси, повысит производительность машин и снизит эксплуатационные затраты.

Совершенствование традиционных шасси даст возможность обеспечить лесную промышленность (районы Севера и Сибири) необходимым количеством лесозаготовительной техники. Предполагается создать гусеницы, обеспечивающие работу машин на грунтах с низкой несущей способностью, в частности, на снежной целине, без посадки машины на днище. Конструктивно это может быть достигнуто в основном установкой широких гусениц.

Удлинение опорной поверхности гусеничного движителя машин ограничено условиями поворотливости и увеличением массы ходового аппарата.

Наиболее простой путь снижения давления на грунт — симметричное уширение гусениц, однако для использования симметричных гусениц необходима ходовая система с расширенной колеей.

Применение ленточных гусениц на лесозаготовительных машинах сопряжено с разработкой специальной ходовой системы, т. е. практически с созданием новой машины, поэтому применение таких гусениц на лесозаготовительных машинах во многих случаях не представляется возможным.

Попытки повысить проходимость существующих гусеничных машин привели к созданию несимметричных звеньев гусениц, уширенных только во внешнюю сторону, с опорными плечами, расположенными в одной плоскости.

Опыт показывает, что несимметричное удлинение звеньев гусениц при расположении плеч в одной плоскости нерационально, так как приводит к постоянным перекосам звеньев, снижению средних скоростей движения машины, частым поломкам пальцев, а также ускоренному износу самой гусеницы и сопрягаемых элементов ходовой системы [2].

Несмотря на отсутствие отработанных конструкций несимметричных звеньев гусениц, необходимо отметить возможность их применения вследствие простоты и экономичности в производстве.

Чтобы несимметричное звено гусеницы было уравновешенным, т. е. не перекашивалось при погружении в грунт с низкой несущей способностью, моменты от давления грунта (снежного покрова) на внутреннюю

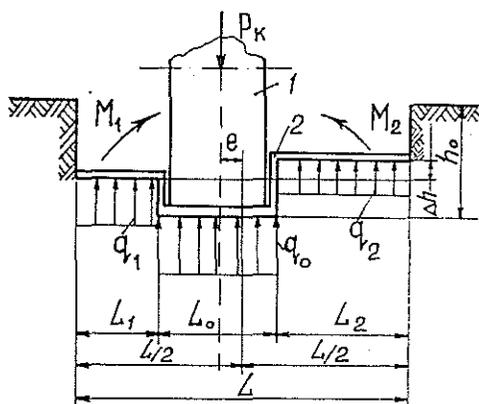


Рис. 1. Схема несимметричного звена гусеницы с разновысотным расположением плит и сил, действующих на его элементы.

1 — опорный каток; 2 — звено гусеницы;  $P_k$  — сила, действующая на опорный каток;  $q_0, q_1, q_2$  — силы, действующие со стороны грунта на плиты звена;  $M_1, M_2$  — моменты сил, действующих на внутреннюю и внешнюю плиты звена.

и наружную плиты звена должны быть одинаковы:  $M_1 = M_2$  (рис. 1). А это возможно только тогда, когда наружная плита звена имеет меньшую осадку, чем внутренняя.

В работе [2] обоснованы возможности создания несимметричных звеньев гусеничных машин специального назначения.

Располагая внутренней плитой звена несимметричной гусеницы выше внутренней, можно добиться положения, при котором опрокидывающий момент станет равен нулю ( $M = 0$ ) и наступит уравнивание звена.

Перепад высот между внутренней и наружной плитами  $\Delta h$  определяется выражением [2]

$$\Delta h = 2Leh_0 \frac{\lambda L - L_0}{L_1 L_2 (L + L_0)}, \quad (1)$$

где  $L$  — длина несимметричного звена;

$e$  — эксцентриситет, т. е. смещение вертикальной оси опорного катка от центра несимметричного звена гусеницы;

$h_0$  — глубина погружения звена;

$L_0, L_1, L_2$  — длины плит звена;

$\lambda$  — величина, обратная коэффициенту распределения давления под опорной поверхностью движителя; для грунтов с низкой несущей способностью равна 1,7—3 [2].

Определение глубины погружения звена имеет свои трудности.

Выразим  $h_0$  по уравнению [5]

$$h_0 = \frac{\sigma_z H}{E + \frac{\sigma_z}{\epsilon}}, \quad (2)$$

где  $H$  — глубина залегания снежного покрова;

$\sigma_z$  — напряжения в снежном покрове под опорной поверхностью (штампом) на глубине  $z$  от дневной поверхности;

$E$  — модуль деформации снежного покрова;

$\epsilon$  — коэффициент пористости снежного покрова.

Из условия проходимости гусеничной машины по снежной целине глубина залегания снежного покрова  $H$  должна быть меньше или равна клиренсу машины  $K$  [5].

Если  $h_0 \leq K$ , тогда

$$H \leq \frac{K}{\sigma_z} \left[ E + \frac{\sigma_z}{\varepsilon} \right]. \quad (3)$$

При  $h_0 = K$

$$K = \frac{\sigma_z H}{E + \frac{\sigma_z}{\varepsilon}}.$$

Тогда уравнение (1) примет вид

$$\Delta h = 2Le \frac{\sigma_z H}{E + \frac{\sigma_z}{\varepsilon}} \frac{\lambda L - L_0}{L_1 L_2 (L + L_0)}. \quad (4)$$

Изменение напряжений ( $\sigma_z$ ) с учетом характеристик снежного покрова, размеров деформатора (звена) и давления на него определим по уравнению вида [3]

$$\frac{\sigma_z}{q} = \frac{1}{1 + 2 \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon} \frac{z}{xb} \left[ (x+1) + \frac{\pi z}{b} \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon} \right]}, \quad (5)$$

где  $q$  — удельное давление на звено гусеницы;

$x$  — безразмерный коэффициент, равный отношению длины звена  $L$  к ширине  $b$ .

Зависимость  $\frac{\sigma_z}{q}$  от относительной величины  $\frac{z}{b}$ , т. е. глубины деформации и ширины деформатора (звена), представлена на рис. 2.

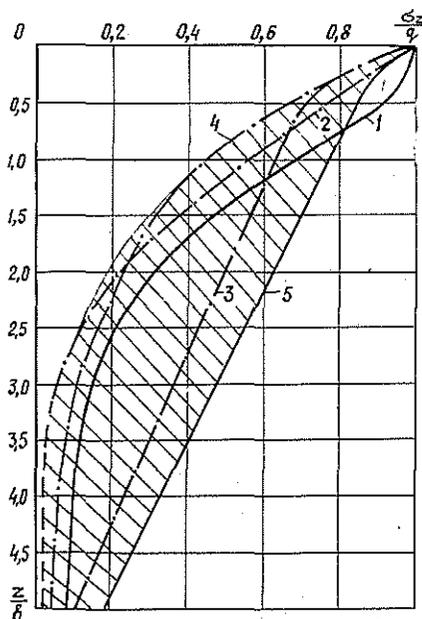
Рис. 2.

1 — теоретическая кривая для грунтов (Буссинеск) [1]; 2 — изменение деформаций при действии пластины на снег (Вуори) [1]; 3 — изменение деформации при действии пластины на снег (Стеле) [1]; 4 — теоретическая кривая для снега ( $\rho_c = 250 \text{ кг/м}^3$ ,  $\varepsilon = 0,601$ ,  $x = 5,8$ ) по уравнению (5); 5 — теоретическая кривая для снега ( $\rho_c = 100 \text{ кг/м}^3$ ,  $\varepsilon = 0,844$ ,  $x = 5,8$ ) по уравнению (5).

В уравнении (5) коэффициент пористости  $\varepsilon$  определяется в зависимости от плотности снега  $\rho_c$ :

$$\varepsilon = \frac{\rho_{уп} - \rho_c}{\rho_{уп}}, \quad (6)$$

где  $\rho_{уп}$  — плотность упаковки частиц (кристаллов) снега;  
 $\rho_c$  — плотность снега, равная  $0,2-0,25 \text{ г/см}^3$  или  $200-250 \text{ кг/м}^3$ .



На основании теории акад. Н. В. Белова о плотности упаковки частиц в кристаллах [6] следует, что плотность ячейки  $\rho_{яч}$  при плотной (объемноцентрированной кубической) упаковке такова, что частицами

занято около 70 % всего пространства, остальное — пустоты между ними.

$$\rho_{\text{яч}} = \frac{4}{3} \pi r^3 \frac{1}{6r^3} \approx 0,698 \text{ г/см}^3 \approx 698 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_{\text{уп}} = \rho_{\text{яч}} \rho_{\text{л}},$$

где  $\rho_{\text{л}}$  — плотность льда, равная 0,917 г/см<sup>3</sup> или 917 кг/м<sup>3</sup>.

Тогда плотность упаковки частиц снега

$$\rho_{\text{уп}} = \rho_{\text{max}} = 0,640 \text{ г/см}^3 = 640 \text{ кг/м}^3.$$

Подставив в уравнение (4) выражение для  $\sigma_z$  по уравнению (5), получим

$$\Delta h = \frac{2e \left\{ \frac{qH}{1 + 2 \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon} \frac{z}{xb} \left[ (x+1) + \frac{\pi z}{b} \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon} \right]} \right\}}{E + \frac{1}{\varepsilon} \left\{ \frac{q}{1 + 2 \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon} \frac{z}{xb} \left[ (x+1) + \frac{\pi z}{b} \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon} \right]} \right\}} \frac{L(\lambda L - L_0)}{L_1 L_2 (L + L_0)}.$$

После преобразований

$$\Delta h = 2eq \frac{H}{E \left\{ 1 + 2 \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon} \left[ (x+1) + \frac{\pi z}{b} \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon} \right] \right\} + \frac{q}{\varepsilon}} \frac{L(\lambda L - L_0)}{L_1 L_2 (L + L_0)}. \quad (7)$$

Заменим выражение в фигурных скобках через  $\sigma_z$ , тогда уравнение (7) примет вид:

$$\Delta h = 2eq \frac{H}{E \sigma_z + \frac{q}{\varepsilon}} \frac{L(\lambda L - L_0)}{L_1 L_2 (L + L_0)}. \quad (8)$$

В целях использования графической зависимости  $\left(\frac{\sigma_z}{q}\right)$  от  $\left(\frac{z}{b}\right)$  — рис. 2 — преобразуем уравнение (8):

$$\Delta h = 2eH \frac{1}{E \frac{\sigma_z}{q} + \frac{1}{\varepsilon}} \frac{L(\lambda L - L_0)}{L_1 L_2 (L + L_0)}. \quad (9)$$

Уравнение (9) позволяет определить геометрические параметры уравновешенного несимметричного звена гусеницы на стадии проектирования, используя физико-механические свойства поверхности движения ( $E$ ,  $\varepsilon$ ,  $\rho_c$ ,  $H$ ) и параметры гусеничной машины.

Эксперименты, проведенные на макетных образцах и физической модели гусеничной машины, подтверждают теоретические выражения определения  $\Delta h$ .

Значение эксцентриситета  $e$  уравновешенной несимметричной гусеницы лесозаготовительных машин лежит в пределах 58—67 мм при удлинении симметричного звена базового шасси трелевочного трактора ТДТ-55А с 420 до 500—550 мм.

Для машин на базе шасси ТТ-4 эксцентриситет несимметричного звена гусеницы находится в пределах 62—80 мм при изменении длины звена с 500 до 600—650 мм.

Зависимость эксцентриситета  $e$  от длины несимметричного звена  $L$  представлена на рис. 3.

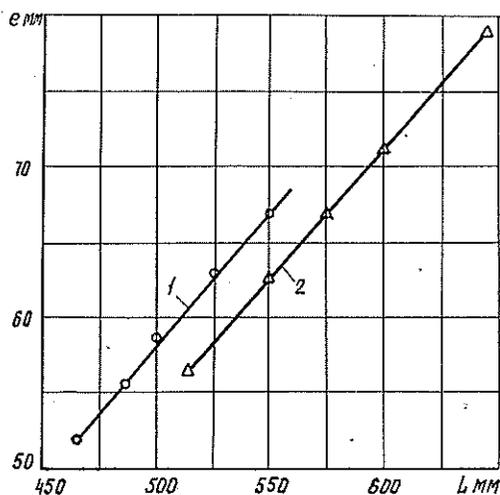


Рис. 3.

1 — ТДТ-55А;  $L_c = 420$  мм; 2 — ТТ-4;  $L_c = 500$  мм.  
 $L_c$  — длина симметричного звена;  $L_0 = 0,35 L_c$ ;  
 $e = \frac{L - L_0}{6}$ ;  $\frac{L}{L_c} = 1,1-1,3$ .

Разность высот между внутренней и наружной плечами  $\Delta h = 21-35$  мм для звена трактора ТДТ-55А, при глубине залегания снега  $H = 0,70-1,00$  м, плотности  $\rho_c = 0,22$  г/см<sup>3</sup> = 220 кг/м<sup>3</sup>.

Для несимметричного звена гусениц трактора ТТ-4  $\Delta h = 35-45$  мм на том же фоне.

Например, глубина залегания снега  $H = 70$  см;  $\rho_c = 0,22$  г/см<sup>3</sup>;  $z = 49$  см;  $\varepsilon = 0,67$ ;  $E = 0,425$  кгс/см<sup>2</sup> = 0,0425 МПа;  $x = 3,73$ ;  $b = 13,4$  см;  $\lambda = \frac{1}{3} = 0,33$ ;  
 $\frac{z}{b} = 3,67$ ;  $\frac{\sigma_z}{q} = 0,2$ ;  $z = h_{max} = \varepsilon H$  [5];  $L_0 = 0,35L_c$ . Для звена ТДТ-55А  $L_0 = 0,35 \cdot 42,0 = 14,7$  см.

Тогда  $L_1 = 13,6$  см, а  $L_2 = 21,7$  см при общей длине несимметричного звена гусеницы  $L = 50,0$  см.

Эксцентриситет определяется из выражения [2]

$$e = \frac{L - L_0}{6} = \frac{50,0 - 14,7}{6} = 5,88 \text{ см};$$

$$\Delta h = 2 \cdot 5,88 \cdot 70 \frac{1}{0,425 \cdot 0,2 + \frac{1}{0,67}} \frac{50(0,33 \cdot 50 - 14,7)}{13,6 \cdot 21,7(50 + 14,7)} = 2,46 \text{ см} = 24,6 \text{ мм}.$$

В результате штамповых испытаний на снежном покрове

$$H = 50 - 100 \text{ см}; \quad \rho_c = 0,1 - 0,35 \text{ г/см}^3 = 100 - 350 \text{ кг/м}^3$$

получены значения модуля деформации снега в пределах  $E = 0,20-0,90$  кгс/см<sup>2</sup> = 0,020-0,090 МПа.

Угол перекоса уравновешенного несимметричного звена гусеницы в начальный период деформации снежного покрова находится в пределах 1,5-3,5° при глубине залегания снежного покрова от 0,7 до 1,5 м и среднем давлении на звено  $q = 0,045-0,11$  МПа.

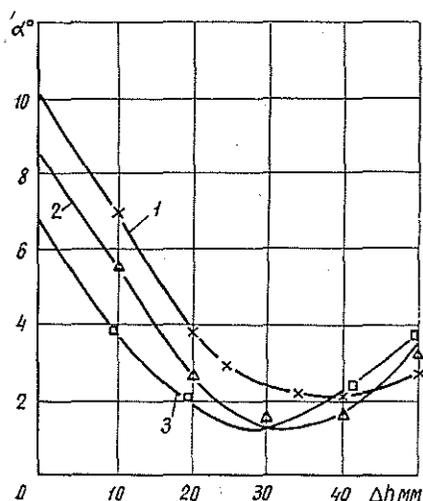


Рис. 4.

1 —  $\rho_c = 210-350$  кг/м<sup>3</sup>; 2 —  $\rho_c = 400-500$  кг/м<sup>3</sup>; 3 —  $\rho_c = 550-600$  кг/м<sup>3</sup>;  $e = 58,8$  мм;  $L = 300$  мм;  $b = 134$  мм;  $H = 0,7-1,0$  м

Экспериментальные кривые изменения угла перекоса несимметричного звена  $\alpha$  от периода высот  $\Delta h$  наружной и внутренней плеч представлены на рис. 4.

Удлинение звена уравновешенной несимметричной гусеницы на первый взгляд вызывает увеличение массы гусениц, а следовательно, повышение среднего удельного давления  $q$  и возрастание глубины  $h_0$  колеи гусеничной машины. Но этого можно избежать, если при изготовлении звеньев применить сталь 35ГТРЛ вместо стали 110Г13Л [4] и сделать звено гусеницы более ажурным.

Масса уравновешенных несимметричных гусениц лесозаготовительных машин в этом случае не превысит массу существующих симметричных гусениц шасси ТДТ-55А.

Применение уравновешенных несимметричных гусениц на ходовых системах лесозаготовительных машин

позволит снизить среднее удельное давление машины на поверхность движения, уменьшить глубину колеи, а следовательно, и сопротивление качению гусеничной машины  $f$  на деформируемых грунтах.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Вуори А. Ф. Механические свойства снега как строительного материала. — Тр./ОЛААНИИ, 1975, т. 326, с. 160—164. [2]. Гусеничные транспортеры-тягачи/ В. Ф. Платонов, А. Ф. Белоусов, Н. Г. Олейников, Г. И. Карцев. — М.: Машиностроение, 1978. — 352 с. [3]. Лобанов В. Н., Слодкевич Я. В. Исследование сопротивления качению гусеничного движителя лесосечных машин. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1976, № 6, с. 48—52. [4]. Повышение прочности звеньев гусениц трелевочных тракторов класса 20 кН/ В. Д. Бейнемсон, М. Г. Скуратовский, А. М. Черянин и др. — Тракторы и сельскохозяйств. машины, 1980, № 4, с. 26. [5]. Слодкевич Я. В., Белоусов Н. А. Теоретические предпосылки определения глубины колеи гусеничной машины. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1979, № 5, с. 29—32. [6]. Шакольская М. П. Очерки о свойствах кристаллов. — М.: Наука, 1978. — 198 с.

Поступила 20 апреля 1981 г.

УДК 630\*378.2 : 311

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА СЛУЧАЙНЫХ ФУНКЦИЙ В ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ОБОСНОВАНИЯХ ПРОЕКТОВ ЗИМНИХ ПЛОТБИЩ

К. А. ЧЕКАЛКИН

Архангельский лесотехнический институт

Увеличение объемов береговой плотки, прежде всего, межнавигационной, — один из наиболее обоснованных путей повышения эффективности лесосплава. Однако при этом производство встречается с двумя опасностями, вызываемыми природными явлениями, которые нередко сводят эффект береговой плотки на нет.

Первая состоит в том, что при выборе и подготовке плотбищ недостаточно увязываются между собою топографические и гидрологические факторы, и в прошлом довольно часто в некоторых лесосплавных бассейнах сотни тысяч кубометров древесины в готовых плотах оставались не поднятыми уровнями весеннего половодья.

Вторая опасность заключается в примерзании плотов к дну плотбищ. Хотя это событие по своим последствиям менее катастрофично, чем первое, однако хорошо известно, что примерзшие к земле плоты после их всплытия очень часто оказываются в аварийном состоянии.

Причины, вызывающие примерзание плотов, и разработка мер предупреждения их требуют изучения. Однако одна из них, а именно наличие фактов затопления плотбищ осенними паводками, не вызывает сомнения.

Вероятность затопления плотбищ осенними паводками достаточно высока. В табл. 1 в качестве примера приведены расчеты вероятности затопления, выполненные кафедрой водного транспорта леса и гидравлики АЛТИ для плотбищ, опирающихся на водомерный пост Двинской Березник (р. Северная Двина).

Таблица 1

Фаза осенних паводков	Принятая в расчет обеспеченность водосъема, %	Вероятность, %, затопления плотбищ максимальными уровнями осенних паводков при планировке плотбищ на срок простоя плотов, дни			
		10	15	20	25
До ледостава	90	9	14	21	39
	95	16	22	31	52
После ледостава	90	1	3	9	30
	95	6	9	20	52

Устранение отмеченных аварийных ситуаций требует, прежде всего, тщательных гидрологических обоснований проектов зимних плотбищ. По существу эти обоснования должны, наряду с другими, отвечать на два главных вопроса.

1. Какую отметку должно иметь дно плотбища, чтобы с определенной гарантией (обеспеченностью) плоты были подняты уровнями весеннего половодья и в течение какого-то принятого срока могли в плавающем состоянии находиться на плотбище без угрозы обсушки? При этом желательно, чтобы было указано начало отсчета этого срока.

2. Какова вероятность затопления плотбища с заданной отметкой планировки уровнями осенних паводков принятой обеспеченности и на какой срок? При этом также должно быть указано начало отсчета срока затопления.

Знать срок возможного гарантированного простоя плотов на плотбище в половодье, привязанного, скажем, к концу ледохода (начало навигации), весьма важно для планирования использования плотовой тяги и маневрирования средствами перестановки плотов на передерживающие глубоководные причалы в целях предупреждения их обсушки на плотбище в маловодные годы.

Установление сроков вероятного затопления плотбища уровнями осеннего паводка, привязанных, например, к началу ледовых явлений на реке, позволит определить тот период, когда пучки не следует помещать непосредственно в плот, а необходимо укладывать их на временное хранение на буферном складе. Сроки затопления плотбища

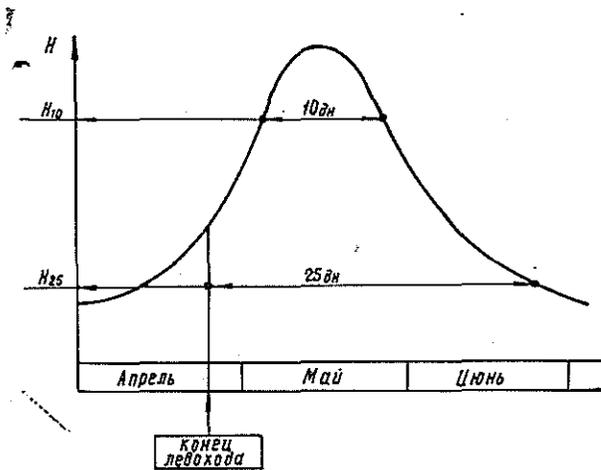


Рис. 1. График колебания уровней весеннего половодья за конкретный год с указанием способа отсчета уровней различной продолжительности стояния.

нужно знать для определения емкости буферного склада и расчетов затрат на зимнюю сплотку.

Метод гидрологических расчетов зимних плотбищ, предлагаемый инструкцией по проектированию лесосплавных предприятий [5], не позволяет с требуемой полнотой ответить на поставленные вопросы. Существо рекомендуемого метода, как известно, состоит в том, что для определения, например, расчетной отметки заложения дна плотбища берут по ближайшему от плотбища опорному водомерному посту наблюдению за ходом весеннего половодья не менее чем за 25 лет и за каждый год вычерчивают графики хода уровней. На каждом из графиков снимают уровни над нулем графика продолжительностью их стояния 10, 15, 20, 25 дн, считая от конца ледохода (рис. 1). Таким образом, для каждого срока продолжительности уровней набирают ряд случайных величин (уровней), длиной равный числу обрабатываемых графиков за минусом лет с заторными явлениями. Этот ряд обрабатывают методами математической статистики [4, 6] и для каждого срока продолжительности стояния строят кривые обеспеченности уровней.

Аналогично поступают и с графиками колебаний уровней осенних паводков, где в ряд наблюдений включают и годы с зажорными явлениями.

Указанный метод гидрологических обоснований имеет, прежде всего, тот недостаток, что как сроки простоя плотов на плотбищах весной, так и сроки затопления плотбищ осенними паводками не привязаны ни к какому нулю отсчета по времени, что снижает их оперативную ценность. Вместе с тем этот метод практически не пригоден для случаев многопиковых подъемов уровней, что часто имеет место у осенних паводков.

В настоящей работе предлагается для гидрологических обоснований проектов зимних плотбищ использовать известный в теории вероятностей [1, 6, 7] математический метод случайных функций. За последние десятилетия этот метод получил весьма широкое распространение в радиотехнике, теории автоматического регулирования. Используется он и в некоторых гидрологических расчетах, связанных преимущественно с регулированием стока [2, 3].

Способ практического использования метода случайных функций в той области гидрологии, которой касается настоящая статья, рассмот-

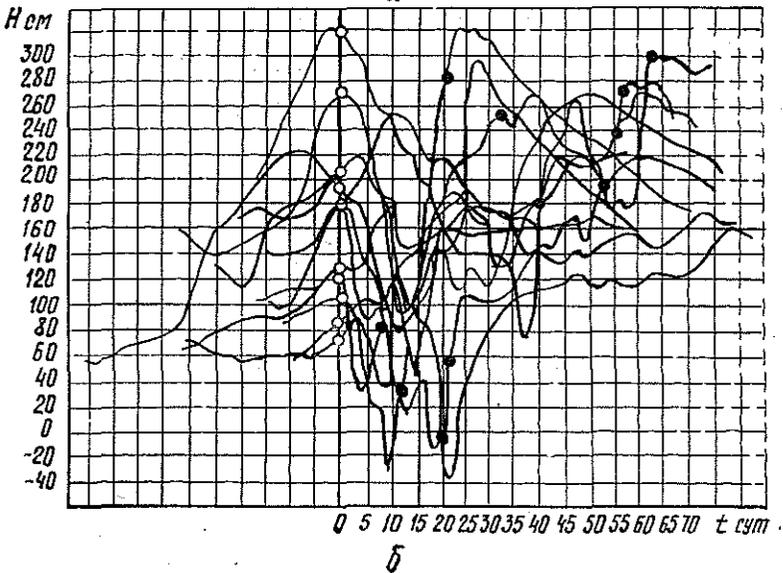
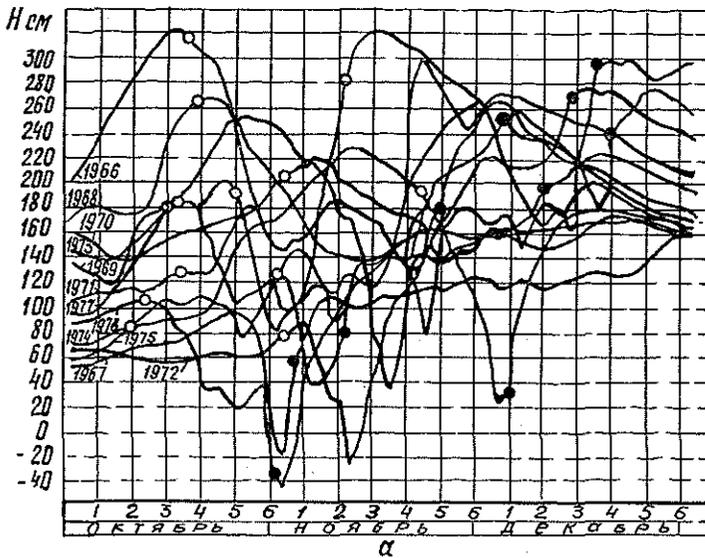


Рис. 2. Графики колебаний уровней осенних паводков.

*a* — обычный вид графиков в календарном времени; *b* — те же графики, но со смещенным началом отсчета времени; ○ — начало ледовых явлений на реке; ● — ледостав.

рим применительно к обработке водомерных наблюдений по осенним паводкам.

Предположим, что мы имеем графики колебаний уровней в периоды осенних паводков (рис. 2, *a*) за *n* лет. Сроки работы большинства опорных водомерных постов на судоходных реках позволяют воспроизвести такие графики не за один десяток лет. Чем их больше, тем, как известно, достоверней результат расчета.

Сдвинем все графики по горизонтали так, чтобы отсчет времени происходил от одной точки каждого графика, совпадающей с началом осенних ледовых явлений на реке. Будем считать, что каждый из преобразованных таким образом графиков является одной из реализаций случайной функции (рис. 2, б). При исследовании осенних подъемов воды следует непременно включать в расчет и годы, когда на реке были зажорные явления.

Через одинаковые промежутки времени  $\Delta t$ , равные двум — трем суткам, сделаем вертикальные сечения семейства реализаций случайной функции  $t$  и составим таблицу уровней  $H_t$  (табл. 2).

Таблица 2

$H(t)$	$t_1$	$t_2$	...	$t_k$	...	$t_l$	...	$t_m$
$H_1(t)$	$H_1(t_1)$	$H_1(t_2)$	...	$H_1(t_k)$	...	$H_1(t_l)$	...	$H_1(t_m)$
$H_2(t)$	$H_2(t_1)$	$H_2(t_2)$	...	$H_2(t_k)$	...	$H_2(t_l)$	...	$H_2(t_m)$
...	...	...	...	...	...	...	...	...
$H_i(t)$	$H_i(t_1)$	$H_i(t_2)$	...	$H_i(t_k)$	...	$H_i(t_l)$	...	$H_i(t_m)$
...	...	...	...	...	...	...	...	...
$H_n(t)$	$H_n(t_1)$	$H_n(t_2)$	...	$H_n(t_k)$	...	$H_n(t_l)$	...	$H_n(t_m)$

Полученные таким образом для каждого сечения  $t_1, t_2, \dots, t_k, \dots, t_l, \dots, t_m$  ряды случайных уровней  $H$  ранжируют в убывающем порядке и обрабатывают по существующим правилам статистической обработки гидрологических рядов [4, 6]. Находят средние значения уровня  $\bar{H}$ , коэффициенты вариации  $C_v$  и асимметрии  $C_s$ . Эти данные для каждого сечения позволяют построить кривую обеспеченности уровней в данном сечении с использованием таблиц трехпараметрического гамма-распределения [4, 8]\*.

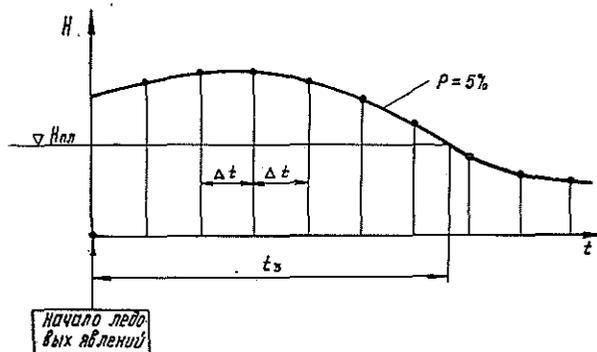


Рис. 3. Многолетний график хода уровней осенних паводков заданной обеспеченности с началом отсчета времени, совпадающим с появлением ледовых явлений на реке.

$\Delta t$  — интервалы вертикальных сечений графиков колебаний уровней воды.

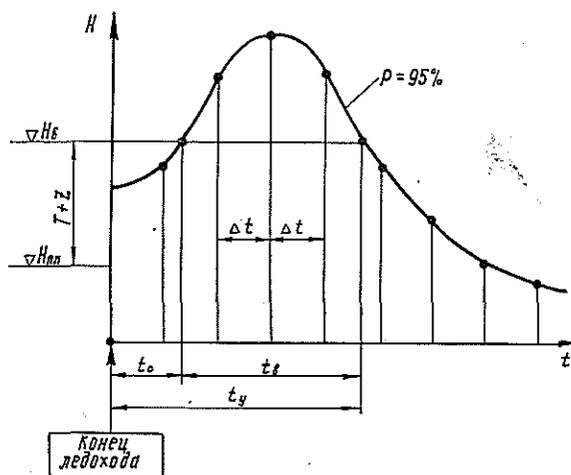
\* Предполагается, что будет иметь место трехпараметрическое гамма-распределение уровней, как случайных гидрологических величин. Разумеется, что не исключены другие типы распределения, которые надлежит установить при практическом использовании предлагаемого метода.

Сняв с кривых обеспеченности осенних паводков уровни расчетной обеспеченности (согласно проекту инструкции по проектированию зимних плотбищ 5 %-ной обеспеченности), строят вероятностную кривую колебаний уровней осенних паводков (рис. 3). Зная отметку плотбища  $\Delta H_{пл}$ , перенесенную в створ водомерного поста, по кривой связи уровней можно определить длительность затопления плотбища  $t_3$  после начала осенних ледовых явлений на реке.

Подобные операции выполняют и с графиками колебаний уровней весенних половодий с приведением их к одному нулю начала отсчета времени — концу ледохода. Найдя в сечениях построенного таким образом семейства случайных функций, согласно [5], в каждом из сечений уровни 95 %-ной обеспеченности, представляется возможным построить вероятностную кривую хода уровней весеннего половодья заданной обеспеченности (рис. 4).

Рис. 4. Многолетний график хода уровней весеннего половодья заданной обеспеченности с началом отсчета времени, совпадающим с концом весеннего ледохода на реке.

$\nabla H_{в}$  — отметка водосъемного уровня заданного срока стояния;  $\nabla H_{пл}$  — расчетная отметка плотбища в створе водомерного поста над нулем его графика.



Используя этот график, можно решить две задачи. Если задаться сроком простоя плотов на плотбище в ожидании буксировки  $t_{п}$ , то просто найти водосъемный уровень  $\nabla H_{в}$ , вычтя из которого минимальную сплавную глубину  $T + Z$  ( $T$  и  $Z$  — заданные осадка плотов и донный запас), определим отметку планировки плотбища  $\nabla H_{пл}$  над нулем опорного водомерного поста, которая по кривой связи уровней в последующем переносится в створ плотбища. Вместе с тем по указанному графику можно установить сроки наступления  $t_0$  и окончания  $t_y$  стояния водосъемных уровней, исчисляемые от начала навигации. Ранее уже обращалось внимание на большую практическую значимость этих данных.

Решение второй задачи с использованием графика (рис. 4) состоит в том, что при известной в створе опорного водомерного поста отметке плотбища можно установить максимальный водосъемный уровень, с надежностью 0,95, день его наступления и окончания после конца ледохода (начала навигации).

Таким образом, использование метода случайных функций позволяет более полно, чем рекомендованные ранее методы, увязать между собой гидрологические и топографические факторы при проектировании

зимних плотбищ. Осуществить его на практике, особенно с использованием ЭВМ, не представляет никаких трудностей. Он менее трудоемок потому, что отпадает надобность в построении многочисленных ежегодных графиков колебаний уровней, так необходимых при существующем методе [5], поскольку табл. 2 может быть заполнена непосредственно по показаниям водомерных постов с гидрологических ежегодников.

Метод случайных функций, по нашему мнению, может быть с успехом использован и в ряде других случаев гидрологического обоснования технических мероприятий по водному транспорту леса.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Вентцель. Теория вероятностей. — М.: Физматгиз, 1962. — 564 с. [2]. Казакевич Д. И. Основы теории случайных функций и ее применение в гидрометеорологии. — Л.: Гидрометеониздат, 1971. — 267 с. [3]. Картвелишвили Н. А. Теория вероятностных процессов в гидрологии и регулировании речного стока. — Л.: Гидрометеониздат, 1967. — 291 с. [4]. Лучшева А. А. Практическая гидрология. — Л.: Гидрометеониздат, 1976. — 440 с. [5]. Минлеспрот СССР. Инструкция по проектированию лесосплавных предприятий ВСН 4—78. Л., 1979. — 293 с. [6]. Рождественский А. В., Чеботарев А. И. Статистические методы в гидрологии. — Л.: Гидрометеониздат, 1974. — 424 с. [7]. Свешников А. А. Прикладные методы теории случайных функций. — Л.: Судпромгиз, 1961. — 252 с. [8]. СН 435—72. Указания по определению расчетных гидрологических характеристик. — Л.: Гидрометеониздат, 1972. — 19 с.

Поступила 8 июля 1981 г.

УДК 630\*377 : 621.86.063.2

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ СКОРОСТИ РАЗВОРОТА ГРЕЙФЕРНОГО ЗАХВАТА

В. В. КРЫЛОВ

Московский лесотехнический институт

Для механизации погрузочно-разгрузочных работ основных и вспомогательных лесозаготовительных операций на базе серийно выпускаемых трелевочных тракторов и автомобилей созданы конструкции машин, оборудованных гидравлическими манипуляторами [2].

Манипуляторы оснащены сменными рабочими органами: грейферным или челюстным захватом, либо захватом и упором для хлыстов. Поворот грейферных захватов вокруг своей вертикальной оси осуществляется моментными гидроцилиндрами-ротаторами [2]. Оптимальность параметров механизма поворота грейферного захвата определяется в первую очередь угловой скоростью и продолжительностью разворота груза. Принимаем, что длительность разгона и длительность торможения равны, тогда общая продолжительность разворота груза

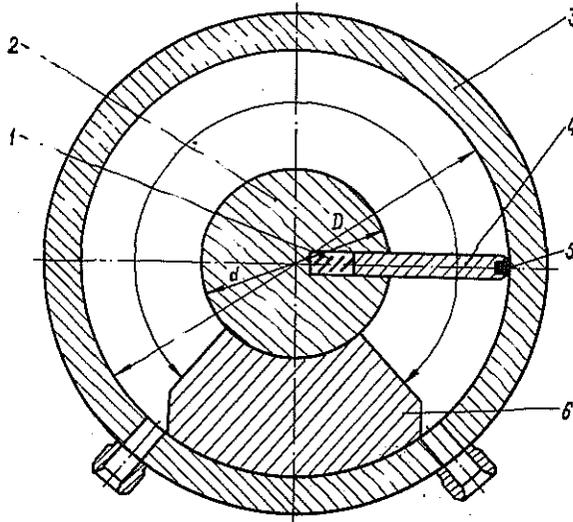
$$t_0 = 2t_p + \frac{\varphi_r}{\omega},$$

где  $\varphi_r$  — максимальный угол разворота грейферного захвата, рад;  
 $\omega$  — угловая скорость установившегося движения, рад/с;  
 $t_p$  — длительность разгона, с.

Установим зависимость между длительностью разгона и установившейся скоростью разворота вала ротатора (рис. 1). В общем случае ротатор грейферного захвата и гидрораспределитель соединены системой стальных трубопроводов и гибких шлангов.

Рис. 1. Неполноповоротный ротатор.

1 — пружина; 2 — вал; 3 — корпус; 4 — лопасть; 5 — уплотнение; 6 — уплотнительная перемычка.



По формуле Н. Е. Жуковского определим потенциальную энергию трубопровода и сжатой жидкости [1]

$$U = \left( \frac{F_{тр} l_{тр}}{E_{тр} \frac{\delta_{тр}}{r_{тр}}} + \frac{F_{шл} l_{шл}}{E_{шл} \frac{\delta_{шл}}{r_{шл}}} + \frac{F_l R \varphi_r}{2E_p \frac{\delta_p}{r_p}} + \frac{F_{тр} l_{тр}}{2E_{ж}} + \frac{F_l R \varphi_r}{4E_{ж}} \right) \Delta p^2.$$

Если членами уравнения, содержащими  $E_{тр}$  и  $E_p$ , пренебречь (так как модули упругости стальных трубопроводов и материала ротатора в 100—150 раз превышают модули упругости рабочей жидкости), то

$$U = \left( \frac{F_{шл} l_{шл}}{E_{шл} \frac{\delta_{шл}}{r_{шл}}} + \frac{F_{тр} l_{тр}}{2E_{ж}} + \frac{F_l R \varphi_r}{4E_{ж}} \right) \Delta p^2,$$

где  $F_{шл}$  — площадь проходного сечения гибкого шланга, м<sup>2</sup>;  
 $l_{шл}$  — длина гибких шлангов, м;  
 $F_{тр}$  — площадь проходного сечения стального трубопровода, м<sup>2</sup>;  
 $l_{тр}$  — длина стального трубопровода, м;  
 $E_{шл}, E_{ж}$  — модули упругости материала гибких шлангов и рабочей жидкости, Н/м<sup>2</sup>;  
 $\delta_{шл}, r_{шл}$  — толщина стенок и внутренний радиус гибких шлангов, м;  
 $F_l$  — площадь лопасти ротатора, м<sup>2</sup>;  
 $\Delta p$  — перепад давления между нагнетательной полостью ротатора и распределителем, Н/м<sup>2</sup>.

По теореме Кастельяно определим объемную деформацию жидкого звена

$$\Delta W = \frac{dU}{d(\Delta p)} = \left( \frac{2V_{шл}}{E_{шл} \frac{\delta_{шл}}{r_{шл}}} + \frac{V_{тр} + V_p}{E_{ж}} \right) \Delta p.$$

Здесь  $V_{тр} = F_{тр} l_{тр}$  — объем трубопроводов, м<sup>3</sup>;  
 $V_{шл} = F_{шл} l_{шл}$  — объем гибких шлангов, м<sup>3</sup>;  
 $V_p = \frac{1}{2} F_n R \varphi_r$  — объем ротатора, м<sup>3</sup>;  
 $R = D - d$  — рабочая длина лопасти ротатора, м;  
 $D$  и  $d$  — внутренний диаметр цилиндра ротатора  
и диаметр вала ротатора, м.

Продолжительность нарастания давления в ротаторе

$$t_p = \frac{\Delta W}{Q},$$

где  $Q = \omega V_p$  — количество жидкости, поступающей в ротатор при установившейся скорости.

Определим перепад давления в нагнетательной полости ротатора и золотнике гидрораспределителя

$$\alpha f \sqrt{2g \frac{\Delta p}{\gamma}} = \omega V_p; \quad \Delta p = \frac{\omega^2 V_p \gamma}{2g (\alpha f)^2},$$

где  $g$  — ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  
 $\gamma$  — плотность рабочей жидкости, кг/м<sup>3</sup>;  
 $f$  — площадь сечения щели золотника, м<sup>2</sup>;  
 $\alpha$  — коэффициент расхода жидкости в золотнике.

Следовательно,

$$t_p = \left( \frac{2V_{шл}}{E_{шл} \frac{d_{шл}}{r}} + \frac{V_{тр} + V_p}{E_{ж}} \right) \frac{V_p \gamma \omega}{2g (\alpha f)^2};$$

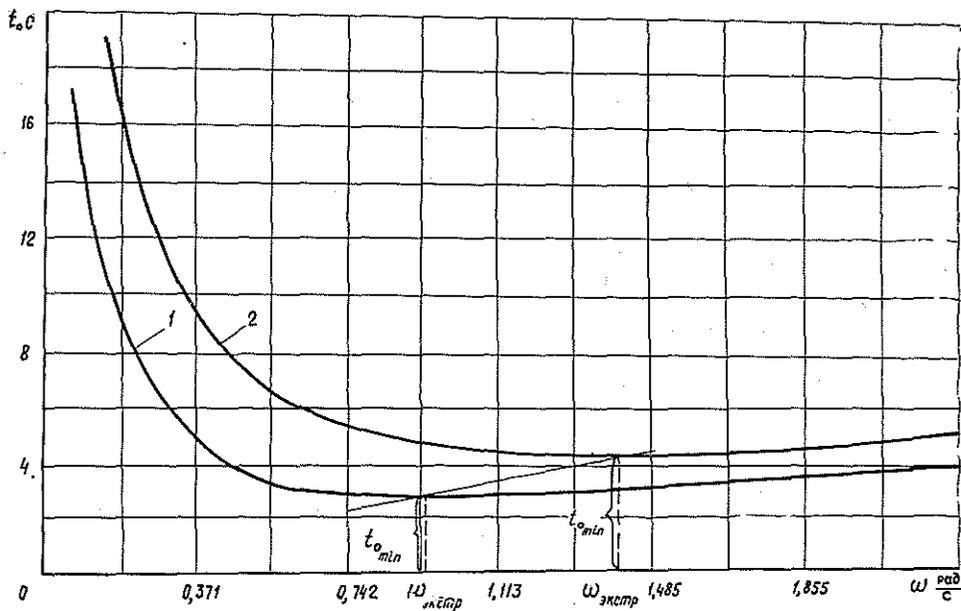


Рис. 2. Зависимость общей продолжительности разворота от установившейся угловой скорости вала ротатора.

1 — при угле поворота грейферного захвата 180°, 2 — 90°

$$c = \left( \frac{2V_{шл}}{E_{шл} \frac{\delta_{шл}}{r_{шл}}} + \frac{V_{тр} + V_p}{E_{ж}} \right) \frac{V_p \gamma}{2g (\alpha f)^2};$$

$$t_p = c\omega.$$

Общее время разворота груза (рис. 2)

$$t_0 = 2c\omega + \frac{\varphi_r}{\omega}.$$

Определим экстремальное значение скорости разворота грейферного захвата

$$t'_0 = 2c - \frac{\varphi_r}{\omega_{экстр}^2} = 0; \quad \omega_{экстр} = \sqrt{\frac{\varphi_r}{2c}}.$$

Таким образом, нецелесообразно угловую скорость разворота грейферного захвата повышать более  $\omega_{экстр}$ . Для сокращения общей продолжительности разворота грейферного захвата необходимо уменьшить длину гибких шлангов и стальных трубопроводов.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Векслер В. М., Муха Т. И. Проектирование и расчет перегрузочных машин. — Л.: Машиностроение, 1971. — 320 с. [2]. Таубер Б. А. Подъемно-транспортные машины. — М.: Лесн. пром-сть, 1980. — 456 с.

Поступила 14 июля 1981 г.

УДК 630\*36

## К ИССЛЕДОВАНИЮ ЭРГОНОМИКИ ТРУДА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОПЕРАТОРА ЛЕСНОЙ МАШИНЫ

К. Н. БАРИНОВ, О. Н. РУСАК, В. А. АЛЕКСАНДРОВ,  
В. П. ГОРБАЧЕВ

Ленинградская лесотехническая академия

Современные средства механизации, оснащенные манипуляторами, представляют собой сложные комплексы человек — машина. В настоящее время достаточно изучены рабочие процессы машин и имеются данные по операторской деятельности, однако для лесных машин пока нет единой модели функционирования комплекса человек — машина. В связи с этим в предлагаемой статье рассматривается общий принцип моделирования системы среда — человек — машина — дерево (СЧМД).

На рис. 1 представлена блок-схема системы СЧМД, позволяющая исследовать условия труда операторов. Блок 1 моделирует операторскую деятельность по использованию технических скоростей элементов технологического оборудования машины. Блок 2 представляет собой структурную схему электронной модели, позволяющую исследовать переходные процессы в машинах и моделировать воздействие колебательных нагрузок на оператора через сиденье. В блоках 3, 4 формируется внешнее воздействие на систему человек — машина со стороны предмета труда и окружающей среды. В блоке 5 обрабатываются динамические характеристики системы СЧМД.

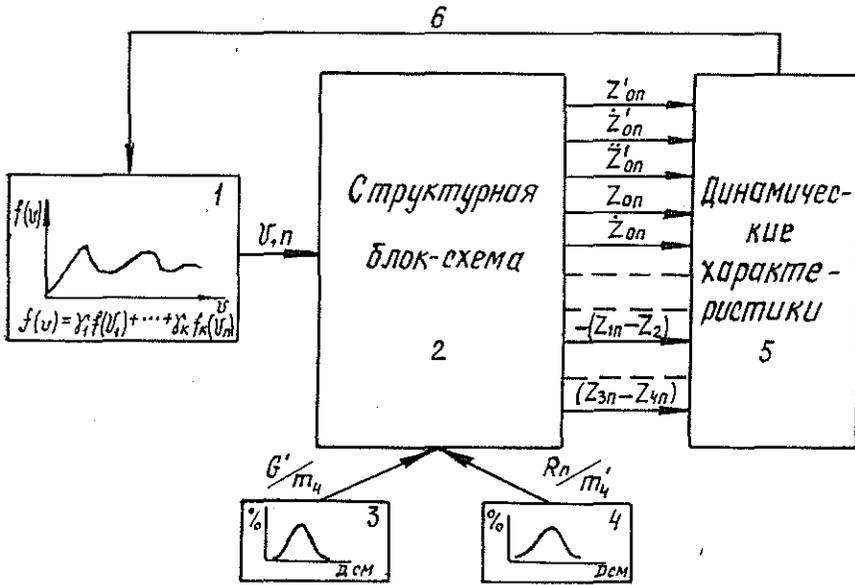


Рис. 1. Модель системы СМД.

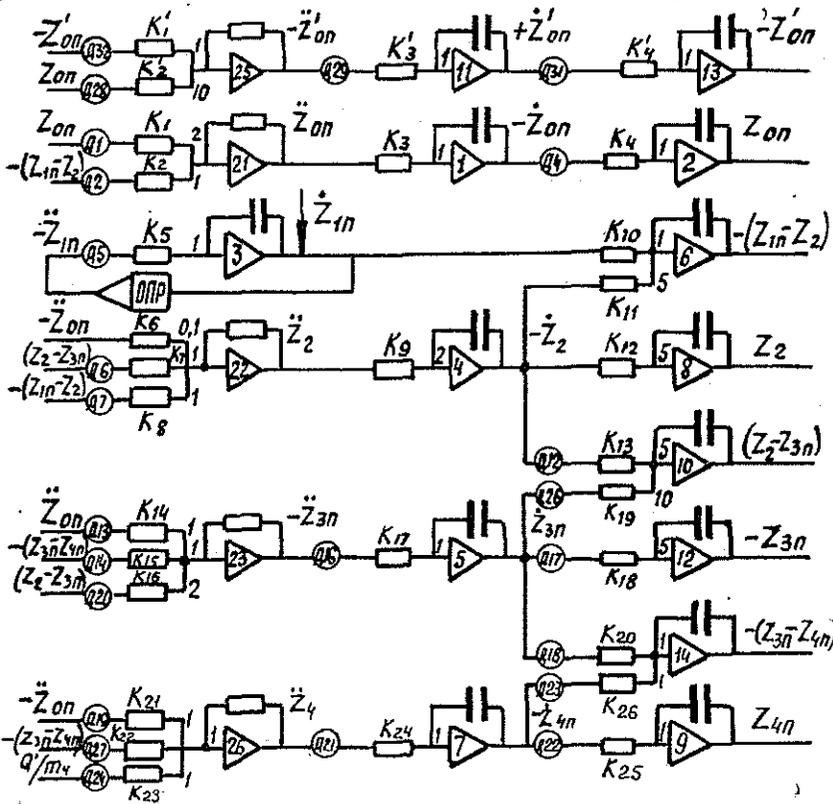


Рис. 2. Структурная блок-схема системы СМД.

Корректирование операторской деятельности по управлению технологическим оборудованием под влиянием колебательных нагрузок, передаваемых на человека через сиденье, осуществляется обратной связью 6.

Структурная схема динамической модели 2 приведена на рис. 2 и включает в себя суммирующие блоки 25, 21, 3, 22, 23, 26 и интегрирующие 1, 4, 5, 7. Суммирующие блоки 21, 3, 22, 23, 26 и интегрирующие 1, 4, 5, 7 моделируют систему дифференциальных уравнений, описывающих движение динамической системы лесная машина — предмет труда, а блоки 25 и 11 моделируют уравнение, описывающее перемещение оператора на сиденье.

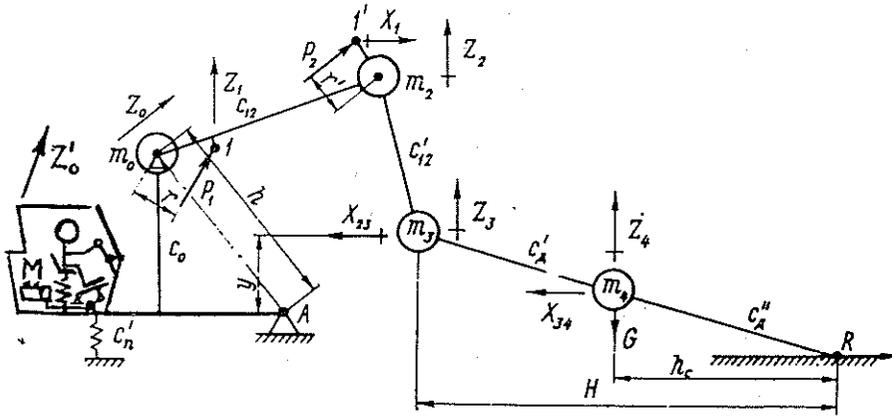


Рис. 3. Расчетная схема системы лесосечная машина с манипулятором — дерево.

$P_1, P_2$  — движущие усилия соответственно на штоке гидроцилиндра (гидроцилиндров) подъема стрелы и подтягивания рукояти;  $r, r'$  — плечи сил  $P_1, P_2$ ;  $m_0$  — масса опорно-поворотной конструкции манипулятора и подпрессоренной базы, динамически приведенная к оси поворотного шарнира стрелы;  $m_2$  — масса стрелы, динамически приведенная к концу ее;  $m_3$  — масса рукояти и захвата (у ВТМ — масса рукояти и захватно-срезающего устройства), динамически приведенная к концу рукояти;  $m_4$  — масса дерева, динамически приведенная в центр тяжести его при подъеме стрелой;  $m'_4$  — приведенная масса дерева в режиме подтаскивания;  $Z_0, Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, X_1, X_2, X_3, X_4$  — обобщенные координаты центров приведенных масс  $m_0, m_1, m_2, m_3, m_4$  и безмассовых точек  $I$  и  $I'$ ;  $G$  — вес дерева;  $C_0$  — приведенная жесткость опорно-поворотной конструкции манипулятора;  $C_n$  — приведенная жесткость пружины (рессор) подвески (у колесных тракторов — жесткость шин);  $C_{12}$  — приведенная изгибная жесткость стрелы;  $C'_{12}$  — приведенная изгибная жесткость рукояти;  $C'_d$  — жесткость (при изгибе) вершинной части дерева;  $C''_d$  — жесткость (при изгибе) комлевой части дерева;  $R_n$  — приведенная сила сопротивления волочению дерева по лесосеке.

Система дифференциальных уравнений при упрощенном рассмотрении (рис. 3), когда оператор и сиденье представлены одной приведенной массой, имеет вид:

$$M\ddot{Z}'_{оп} + C_c Z'_{оп} = C_0 Z_{оп};$$

$$m \ddot{Z}_{оп} + C_0 Z_{оп} = (Z_{1п} - Z_2) C'_{12}{}^{MГ}; \quad (Z_{1п} - Z_2) C'_{12}{}^{MГ} = P_1 \frac{r}{L};$$

$$m_2 (\ddot{Z}_2 - \ddot{Z}_{оп}) + (Z_2 - Z_{3п}) C'_{12}{}^{MГ} = (Z_{12} - Z_2) C'_{12}{}^{MГ};$$

$$m_3 (\ddot{Z}_{3п} - \ddot{Z}_{оп}) + (Z_{3п} - Z_{4п}) C_d = (Z_2 - Z_{3п}) C'_{12}{}^{MГ};$$

$$m_4 (\ddot{Z}_{4п} - \ddot{Z}_{оп}) + G' = (Z_{3п} - Z_{4п}) C_d.$$

Здесь  $M$  — приведенная масса оператора и сиденья;  
 $C_c$  — жесткость сиденья;  
 $C_{12}^{nr}, C_{12}^{nr}$  — приведенная изгибная жесткость манипулятора или его элемента с учетом жесткости металлоконструкции и гидропривода.

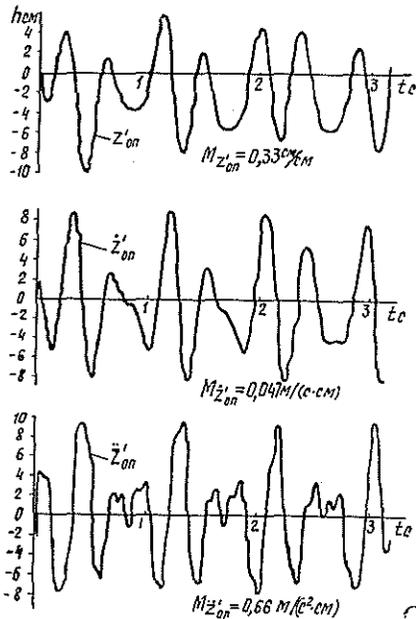


Рис. 4. Типовая осциллограмма процесса пакетирования дерева.

На рис. 4 приведена типовая осциллограмма, характеризующая колебания, действующие на оператора трелевочного трактора с манипулятором.

Как показали предварительные исследования, при пакетировании деревьев объемом 0,5—2 м<sup>3</sup> (см. табл.) оператор испытывает значительные нагрузки, обусловленные колебаниями динамической системы. Известно, что наиболее опасные колебания находятся в диапазоне частот собственных колебаний человеческого тела (3—6 Гц, или 19—37 1/с [2]). Из приведенных результатов исследований видим, что при жесткости подушки сиденья 20—30 кН/м частота колебаний человеческого тела составляет 16,5—20,9 1/с. Вертикальные ускорения составляют 4,38—8,066 м/с<sup>2</sup>, тогда как допустимые значения ускорений в этом диапазоне частот из условий безопасности для здоровья составляют лишь 0,63 м/с<sup>2</sup> [1]. При жесткости подушки сиденья 10 кН/м опера-

Жесткость сиденья, кН/м	$Z'_{оп}$ м	$\dot{Z}'_{оп}$ м/с	$\ddot{Z}'_{оп}$ м/с <sup>2</sup>	$\nu$ , 1/с
10	0,041—0,09	0,477—0,55	5,67—7,50	10,64—11,50
20	0,034—0,072	0,434—0,60	6,00—10,00	16,5—19,6
30	0,041—0,042	0,64—0,71	10,00—11,05	17,32—20,9

Примечание. Для определения перемещения, колебательной скорости и ускорения оператора на сиденье необходимо пользоваться формулами перехода:

$$Z'_0 = Z'_{оп} \frac{l}{r_0}; \quad \dot{Z}'_0 = \dot{Z}'_{оп} \frac{l}{r_0}; \quad \ddot{Z}'_0 = \ddot{Z}'_{оп} \frac{l}{r_0},$$

где  $l$  — расстояние от шарнира  $A$  до оси установки сиденья (рис. 3).

тор при наборе вoза подвергается колебаниям, лежащим значительно ниже опасных частот (10,64—11,50 1/с). В этом случае наблюдаются и более низкие значения скорости (0,348—0,401 м/с) и вертикального ускорения (4,14—5,47 м/с<sup>2</sup>). Тем не менее жесткость подушки сиденья для трактора ТБ-1, равную 10 кН/м, нельзя считать удовлетворительной не только вследствие больших вертикальных ускорений, но и из-за значительных скоростей. По нормам № 1102—73 [3] для граничных частот октавных полос 2,8—5,6 Гц допустимая скорость вертикальной вибрации составляет 0,025 м/с. В наших исследованиях получен диапазон изменения

скорости вертикальных колебаний от 0,434 до 0,71 при жесткости сиденья 10—30 кН/м.

Некоторые лесосечные машины с манипуляторами работают не только в режимах пакетирования, но выполняют и транспортные операции (трелевка деревьев или хлыстов). Поэтому для таких машин допустимые пределы изменения скорости и ускорения необходимо выбирать с учетом и транспортных операций.

Исследованиями [1] установлено, что на сиденьи трактора ТДТ-55 ускорения при трелевке, как правило, достигали  $0,8 g$  ( $7,85 \text{ м/с}^2$ ), а в отдельных случаях (при наезде на пни) приближались к  $g$  ( $9,81 \text{ м/с}^2$ ).

Таким образом, в режимах трелевки деревьев нагрузки, действующие на операторов машин, соизмеримы с нагрузками, возникающими при пакетировании.

Полученные предварительные результаты исследований также свидетельствуют о том, что конструкции сидений у современных лесосечных машин не обеспечивают необходимой защиты операторов от вибрации при работе погрузочных устройств.

Нами рассмотрены вертикальные вибрации, воздействующие на оператора. В общем же случае оператор испытывает вертикальные и горизонтальные вибрации. В режимах подъема груза-дерева определяющими являются вертикальные, а в режимах опускания и подтаскивания — горизонтальные колебания.

При определении характеристик горизонтальных колебаний системы дифференциальных уравнений (1) необходимо дополнить соответствующей системой уравнений по координате  $X$ .

Гашение вертикальных и горизонтальных колебаний, передаваемых от погрузочных устройств на сиденье оператора лесосечной машины, до допускаемых действующими санитарными нормами, — важная задача.

Проведя комплекс исследований по изучению эргономики труда операторов и используя данные исследований вредного воздействия вибрации на человека и реакции человека на них, можно, применяя модель системы СЧМД, прогнозировать деятельность операторов по использованию технических скоростей элементов манипулятора, а следовательно, и прогнозировать потребную энергонасыщенность лесосечной машины.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Гольдман Э. И. Физиолого-гигиеническая оценка трелевочных тракторов. — Науч. тр./ ЦНИИМЭ, 1966, № 71, с. 139—155. [2]. Иванов Н. И. Борьба с шумом и вибрациями на путевых и строительных машинах. — М.: Транспорт, 1979. — 270 с. [3]. Санитарные нормы и правила по ограничению вибрации и шума на рабочих местах трактористов сельскохозяйственных, мелиоративных, строительно-дорожных машин и грузового автотранспорта № 1102—73. — М., 1973.

Поступила 26 октября 1981 г.

УДК 630\*854

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ РАЗБРОСА БРЕВЕН ПО ТОРЦАМ В ПАЧКЕ ОТ СКОРОСТИ ПРОДОЛЬНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ

А. А. АКСЯНОВ

ВКНИИВОЛТ

В настоящее время скорость движения тяговых органов продольных лесотранспортеров колеблется от 0,5 до 0,9 м/с. В целях повышения пропускной способности сортировочных продольных лесотранспортеров, особенно на лесоперевалочных предприятиях, некоторые исследователи предлагают увеличить их скорость до 1,2—1,5 м/с. Известно [2, 3], что при определенных параметрах сбрасывающих устройств можно обеспечить независимость продольного смещения бревен от их диаметров при сброске с тягового органа лесотранспортера. Установлено [2], что при скорости перемещения тягового органа транспортера 0,8 м/с разброс бревен на площадке эстакады лесотранспортера достигал 35 см в четырех случаях из 120, а при скорости 1,5 м/с — в 25 случаях. При этом средний разброс при скорости 0,8 м/с составил 6,55 см, при скорости 1,16 м/с — 9,1 см и при 1,51 м/с — 10,7 см.

В настоящей работе рассмотрены зависимости разброса бревен по торцам в пачке, формируемой в накопителе, от скорости продольного перемещения.

Перед сброской бревно будет иметь такую же продольную скорость  $v_{пр}$ , что и тяговый орган транспортера  $v_{тр}$ :  $v_{тр} \approx v_{пр}$ .

В момент сброски бревна с тягового органа транспортера на площадку возникает сила сопротивления продольному перемещению, действующая в период перекачивания его по площадке. Обозначим силу сопротивления через  $F$ . Если она превосходит составляющую силы инерции продольного перемещения бревна  $F_{ин}$ , то смещения бревен не будет; если  $F$  меньше силы  $F_{ин}$ , то произойдет продольное перемещение бревна.

Рассмотрим вариант  $F \ll F_{ин}$ . Скорость  $v$  в начальный момент падения бревна в накопитель определим по теореме об изменении кинетической энергии тела:

$$\frac{mv^2}{2} - \frac{mv_{пр}^2}{2} = A, \quad (1)$$

где  $A$  — работа силы трения в процессе скольжения бревна по площадке на пути  $S_1$ .

Работа силы трения

$$A = |fmgS_1|, \quad (2)$$

где  $m$  — масса бревна;

$g$  — ускорение свободного падения тела.

Выразив путь скольжения через скорость перемещения и приняв, что в конечном итоге скорость  $v_{пр}$  равна нулю, т. е. полностью погашается силой  $F$ , получим

$$S_1 = \frac{1}{2} v_{пр} t. \quad (3)$$

Подставив значение  $S_1$  в выражение (2), а затем полученный результат в формулу (1), находим время скольжения бревна в продольном направлении:

$$t \approx 0,1 \frac{v_{\text{пр}}}{f}. \quad (4)$$

В табл. 1 приведены значения  $t$  при  $v_{\text{пр}} = 0,5—1,5$  м/с и  $f = 0,1—0,6$ .

Таблица 1

$f$	Время скольжения бревна $t$ , с, при $v_{\text{пр}}$ м/с				
	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50
0,1	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50
0,2	0,25	0,375	0,50	0,625	0,75
0,3	0,167	0,250	0,333	0,417	0,500
0,4	0,125	0,187	0,250	0,312	0,375
0,5	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
0,6	0,083	0,125	0,167	0,21	0,25

Далее находим время скатывания бревна с площадки эстакады шириной  $B$ :

$$t' = \frac{B}{v_t}, \quad (5)$$

где  $v_t$  — средняя скорость поперечного перемещения бревна, м/с.

Для практических расчетов средняя скорость  $v_t$  бревна может быть вычислена по формуле

$$v_t = \frac{v_n + v_k}{2}, \quad (6)$$

где  $v_n$  — скорость поперечного перемещения бревна в момент сброски его с тягового органа транспортера, м/с;

$v_k$  — скорость поперечного перемещения в конце площадки или скорость в начальный момент падения бревна в накопитель, м/с.

Известно [1], что начальная поперечная скорость бревна, т. е. скорость в момент сброса его на площадку, при известной скорости движения тягового органа транспортера выражается формулой

$$v_n = kv_{\text{пр}}, \quad (7)$$

где  $k$  — коэффициент, который характеризует конструктивные параметры рычажных и кулачковых сбрасывателей и имеет значения от 0,4 до 0,8.

Пользуясь теоремой об изменении кинетической энергии и предполагая форму бревна, близкой к форме цилиндрического стержня равного диаметра, определяем скорость  $v_k$  [1]:

$$v_k = \sqrt{\frac{4}{3} g \left( B \sin \alpha - \frac{2B}{D} f \cos \alpha + \frac{1}{2} \frac{(kv_{\text{пр}})^2}{g} \right)}, \quad (8)$$

где  $D$  — диаметр бревна, см;

$\alpha$  — угол наклона площадки относительно горизонта, град.

Из формулы (8) видим, что конечная скорость зависит от ширины площадки, ее наклона и диаметра бревна.

Подставив значение  $v_{н}$  из формулы (7) и  $v_{к}$  из (8) в формулу (6), получим

$$v_t = \frac{kv_{np} + \sqrt{\frac{4}{3}g \left( B \sin \alpha - \frac{2B}{D} f \cos \alpha + \frac{1}{2} \frac{(kv_{np})^2}{g} \right)}}{2}. \quad (9)$$

Определив скорость  $v_t$  из формулы (9) и подставив ее значение в выражение (5), найдем время  $t'$  скатывания бревна с площадки лесотранспортера:

$$t' = \frac{2B}{kv_{np} + \sqrt{\frac{4}{3}g \left( B \sin \alpha - \frac{2B}{D} f \cos \alpha + \frac{1}{2} \frac{(kv_{np})^2}{g} \right)}}. \quad (10)$$

Вычислим это время при ширине площадки 0,5; 0,75; 1,0 м, при начальной скорости  $v_{н} = 0,5; 0,75; 1,0$  м/с и диаметре бревен 10, 20, 30, 40 см. Результаты приведены в табл. 2.

Таблица 2

D	Время скатывания $t'$ , с, при разных $v_{н}$ м/с и B м								
	0,5			0,75			1,0		
	0,5	0,7	1,0	0,5	0,7	1,0	0,5	0,7	1,0
10	1,0	1,25	1,66	0,75	1,03	1,39	0,68	0,87	1,2
20	0,6	0,76	0,95	0,52	0,67	0,85	0,46	0,6	0,77
30	0,56	0,71	0,87	0,49	0,64	0,79	0,44	0,57	0,72
40	0,53	0,68	0,84	0,47	0,61	0,77	0,41	0,55	0,7

Из данных таблицы видно, что с увеличением диаметров сбрасываемых бревен время их скатывания с площадки уменьшается.

Если продольная составляющая скорости не успевает погаситься силой сопротивления  $F$ , то при поступлении бревна в накопитель оно будет иметь некоторую остаточную продольную скорость. Найдем эту скорость.

Воспользовавшись теоремой о количестве движения, получим

$$mv - mv_{np} = - \int_0^{t'} F dt, \quad (11)$$

при  $F = \text{const}$

$$mv - mv_{np} = - Ft'. \quad (12)$$

Отсюда

$$v = v_{np} - fg t'. \quad (13)$$

Разброс торцов бревен  $|\Delta l|$  на площадке эстакады (рис. 1) при сброске бревен различных диаметров определится по формуле

$$|\Delta l| = |l_1 - l_2|, \quad (14)$$

где  $l_1$  — продольное перемещение бревна на площадке, когда скорость продольного перемещения успевает погаситься силой сопротивления, т. е. при  $t < t'$ ;

$l_2$  — продольное перемещение, когда продольная скорость не успевает погаситься силой сопротивления, т. е. при  $t > t'$ .

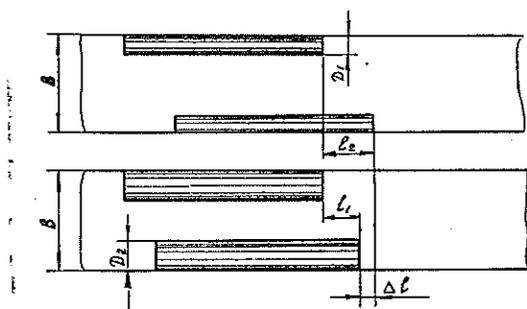


Рис. 1.

Продольное перемещение  $l_1$  определяется по формуле

$$l_1 = \frac{1}{2} v_{\text{пр}} t, \quad (15)$$

а значение  $l_2$  из выражения

$$l_2 = \frac{1}{2} (v_{\text{пр}} + v) t'. \quad (16)$$

Подставив значение  $v$  из (13) в (16), находим

$$l_2 = v_{\text{пр}} t' - \frac{fg(t')^2}{2}. \quad (17)$$

Подставив значения  $l_1$  и  $l_2$  в формулу (14), получим

$$|\Delta l| = \left| \frac{v_{\text{пр}}}{2} t - \left( v_{\text{пр}} - \frac{fg t'}{2} \right) t' \right|. \quad (18)$$

Рассмотрим далее, как фактор скорости влияет на разброс бревен по торцам в пачке, формируемой в накопителе. В начальный момент падения бревна в накопитель оно имеет скорость  $v$  (13), которая не погасилась силами сопротивления.

Допустим, что бревно — материальная точка с массой, сосредоточенной в центре тяжести, и предположим, что после отрыва от площадки при свободном падении его ось сохраняет параллельность тому положению, которое оно занимало при отрыве от площадки. Построим систему координат, взяв за начало точку  $O$  (рис. 2). Ось  $Ox$  направим горизонтально (перпендикулярно продольной оси транспортера), ось  $Oy$  — параллельно оси транспортера, ось  $Oz$  — вертикально вверх.

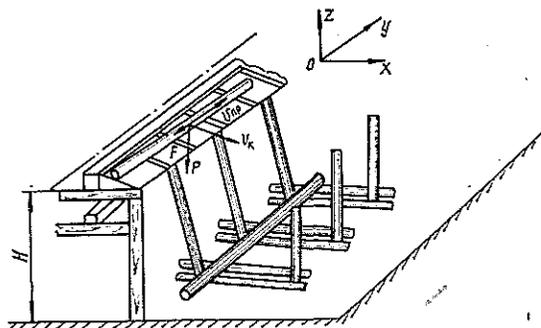


Рис. 2.

Дифференциальные уравнения движения бревна в накопитель с высоты  $H$  при свободном его падении имеют вид:

$$m \frac{dv_x}{dt} = 0; \quad m \frac{dv_y}{dt} = 0; \quad m \frac{dv_z}{dt} = -mg \quad (19)$$

или

$$dv_x = 0; \quad dv_y = 0; \quad dv_z = -g dt.$$

Проинтегрировав данные уравнения, получим:

$$v_x = c_1; \quad v_y = c_2; \quad v_z = -gt + c_3. \quad (20)$$

Для определения  $c_1, c_2, c_3$  подставим начальные условия:

$$c_1 = v_{0x}; \quad c_2 = v_{0y}; \quad c_3 = v_{0z}, \quad (21)$$

где (рис. 2)

$$v_{0x} = v_k \cos \alpha;$$

$$v_{0y} = v;$$

$$v_{0z} = -v_k \sin \alpha.$$

Подставив значения  $c_1, c_2, c_3$  и решив систему уравнений (20), найдем координаты центра тяжести бревна в общем виде:

$$x = t \sqrt{\frac{4}{3} g \left( B \sin \alpha - \frac{2B}{D} f \cos \alpha + \frac{1}{2} \frac{(kv_{np})^2}{g} \right)} \cos \alpha; \quad (22)$$

$$y = t(v_{np} - fgt'); \quad (23)$$

$$z = -t \sqrt{\frac{4}{3} g \left( B \sin \alpha - f \frac{2B}{D} \cos \alpha + \frac{1}{2} \frac{(kv_{np})^2}{g} \right)} \sin \alpha - \frac{gt^2}{2} + H. \quad (24)$$

Чтобы определить координаты центра тяжести бревна, надо знать время свободного падения бревна. В момент падения бревно находится в плоскости  $xOy$ . Из уравнения (24) найдем время падения  $t_0$ . При расчете для упрощения выводов пренебрегаем вертикальной составляющей поперечной скорости из-за ее малости. Тогда уравнение (25) принимает вид:

$$z = H - \frac{gt_0^2}{2} = 0, \quad (24')$$

откуда

$$t_0 = \sqrt{\frac{2H}{g}}. \quad (25)$$

Подставив значение  $t_0$  в уравнение (23), найдем продольное смещение, вызываемое остаточной скоростью:

$$l_3 = (v_{np} - fgt') \sqrt{\frac{2H}{g}}. \quad (26)$$

Вычислим значения  $l_3$ , задаваясь высотой падения бревна в накопитель от 0,5 до 2,5 м (табл. 3).

Разброс бревен по торцам в пачке определится по формуле

$$|\Delta l_2| = \left| (v_{np} - fgt') \left( \sqrt{\frac{2H_1}{g}} - \sqrt{\frac{2H_2}{g}} \right) \right|. \quad (27)$$

Таблица 3

$H$ , м	Смещение $l$ , м, при остаточной скорости $v$ , м/с			
	0,2	0,4	0,6	0,8
0,5	0,06	0,13	0,19	0,26
1,0	0,09	0,18	0,27	0,36
1,5	0,11	0,22	0,33	0,44
2,0	0,13	0,25	0,38	0,50
2,5	0,14	0,28	0,42	0,56

Результаты вычислений показывают, что разброс бревен верхнего ряда ( $H = 0,5$  м) по сравнению с бревнами нижнего ряда ( $H = 2,5$  м) при скорости 0,2 м/с может достигать 8 см, при скорости 0,8 м/с — 30 см. Если учесть, что коэффициент трения непостоянен ввиду различий в параметрах бревен, то и разброс будет колебаться.

Таким образом, при увеличении скорости продольного перемещения бревна до 1,5 м/с разброс бревен по торцам может достигать 65—70 см. Следовательно, формирование качественной пачки бревен на этих скоростях возможно при выполнении следующих условий:

сброска бревен должна производиться на площадку с шипами или на торцующие ролики ( $v = 0$ );

высота падения бревен в накопитель должна быть минимальной ( $H \rightarrow 0$ );

погрешность выдачи команды на сброс бревна  $\delta$  и точность сброски  $\Delta I_0$  должны быть минимальными ( $\delta \rightarrow 0$ ;  $\Delta I_0 \rightarrow 0$ ).

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Аксенов А. А. Анализ некоторых факторов, влияющих на процесс формирования пачки бревен в накопителях. — В кн.: Сб. работ по лесосплаву к научно-технической конференции молодых специалистов. Л., 1969. [2]. Захаренков Ф. Е., Николаев Н. И., Турецкий В. С. Сортировка круглых лесоматериалов на продольных транспортерах с повышенной скоростью. — В кн.: Перспективы механизации рейдовых и лесоскладских работ на лесосплаве. М.: Лесн. пром-сть, 1978, с. 14—22. (Сб. тр. ЦНИИЛесосплава). [3]. Русанов Ю. В. Исследование процесса сброски круглых лесоматериалов сегментными сбрасывателями: Автореф. дис. . . . канд. техн. наук. — Йошкар-Ола, 1975.

Поступила 3 ноября 1981 г.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ  
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 676.017.2

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ  
СТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ В БУМАГЕ  
МЕТОДОМ КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ

Б. П. ЕРЫХОВ, А. П. ПЛОТНИКОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Метод крутильных колебаний весьма чувствителен к структуре целлюлозно-бумажных материалов и к кинетике происходящих в них структурных изменений [2, 3], количественно оценивает неоднородность этих материалов [4], позволяет изучить тиксотропные свойства бумаги [7], надежно фиксировать процессы старения бумаги [6] и т. д.

Влияние различных факторов на динамический модуль сдвига и, следовательно, на структуру бумаги можно приближенно оценить, если найти способы дифференцированного воздействия на различные связи в бумажном листе. Ранее было показано, что пропитка бумаги разными жидкостями может избирательно воздействовать на различные связи [5]. Так, смачивание водой приводит к резкому ослаблению межволоконных водородных связей и уменьшению динамического модуля сдвига, тогда как при смачивании изопропиловым спиртом водородные связи, по-видимому, мало затрагиваются.

Данная работа — продолжение исследования влияния различных жидкостей на кинетику изменения структурно-механических свойств бумаги; при этом использовали метод свободных крутильных колебаний, подробно описанный в монографии [2].

Как показано в работе [5], при пропитке тилографской бумаги № 1 Сыктывкарского ЛПК машинным маслом ТУ 6-14-263—68 оказалось, что динамический модуль сдвига после пропитки уменьшается приблизительно на 15 % и продолжает уменьшаться до 46—50 % от первоначального по мере проникновения масла в фибриллы, но по мере высыхания масла модуль сдвига возрастает до значений, превышающих первоначальные.

В электротехнической промышленности широко используют пропитку бумаги трансформаторным маслом, поэтому интересно изучить влияние этой пропитки на механические и упругопластические свойства бумаги.

Нами проведены исследования на 14 образцах-отливках из хвойной сульфатной целлюлозы Сыктывкарского ЛПК с различной степенью помола (от 30 до 90 °ШР). Размеры образцов: длина 150 мм, ширина 15 мм, толщина 0,09—0,12 мм. Образцы подвергали испытаниям методом крутильных колебаний и определяли исходный динамический модуль сдвига, приведенный к нулевой нагрузке. Затем образцы пропитывали трансформаторным маслом ТУ 38101-282—75, избыток масла удаляли с помощью фильтровальной бумаги, и после выдержки в течение 10 мин их снова испытывали. Последующие испытания проводили через 2, 16 ч и через 1,5 мес. Для начального и конечного состояний определен не только модуль сдвига, но и угловой коэффициент зависимости  $G = f \left[ \frac{1}{4} \left( \frac{b}{a} \right)^2 \sigma \right]$ , характеризующий неоднородность целлюлозно-бумажных материалов [4].

Результаты испытаний приведены на рис 1 и 2, где показан характер изменения модуля сдвига с изменением степени помола и времени

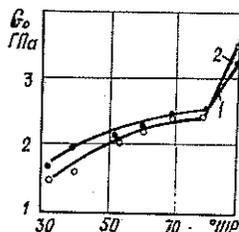


Рис. 1. Зависимость динамического модуля сдвига от степени помола при пропитке образцов трансформаторным маслом.

1 — до пропитки; 2 — через 1,5 мес после пропитки.

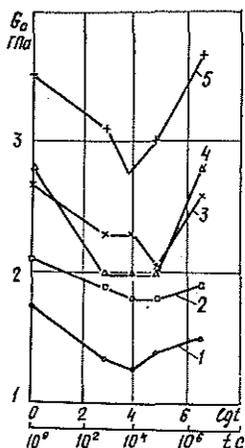


Рис. 2. Временные изменения динамического модуля сдвига при пропитке образцов трансформаторным маслом.

1 — 32 °ШР; 2 — 53; 3 — 80; 4 — 70; 5 — 90 °ШР.

выдержки после пропитки. Обратим внимание на выбор фиксируемых в эксперименте значений времени выдержки образцов после их пропитки. На первый взгляд эти «остановки» кажутся случайными. Однако, как показали предварительные методические опыты, именно в первые часы после пропитки происходит резкое разупрочнение структуры образца; в дальнейшем прочность нарастает медленно, что связано с высыханием масла и образованием пленки. Поэтому, несмотря на присутствующий в графиках «волюнтаристский» элемент в значениях времени наблюдения, авторы надеются, что основные тенденции изменений структуры подмечены достаточно надежно. Именно по этой причине точки на графиках соединены ломаными линиями, объединяющими каждую серию экспериментов. Временной шаг при измерениях мог бы быть значительно уменьшен, однако это существенно увеличило бы трудоемкость получения результатов. Авторам представляется, что эта «жертва» вполне оправдана и целесообразна.

Из рис. 1 и 2 видно, что для отливок из хвойной целлюлозы с увеличением степени помола модуль сдвига возрастает, что объясняется образованием большего количества межволоконных водородных связей за счет более высокого фибриллирования волокон.

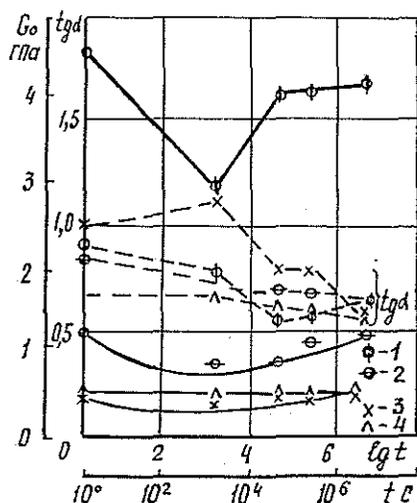
При пропитке маслом динамический модуль сдвига для отливок со степенью помола 32 °ШР быстро уменьшается в среднем на 23 %, для отливок со степенью помола 53 °ШР — на 12 % и для отливок с 80 °ШР — снова на 20 %. Другими словами, для «средних» степеней помола относительное уменьшение модуля сдвига на первом этапе меньше, но в процессе проникновения масла в фибриллы модуль сдвига резко уменьшается. Через 1,5 мес модуль сдвига для всех образцов снова возрос, причем для образцов с высокой степенью помола он увеличился практически до первоначальных значений и выше, тогда как для степени помола 32 °ШР он составил около 86 % от первоначального.

Угловой коэффициент  $\operatorname{tg} \alpha$  зависимости  $G = f \left[ \frac{1}{4} \left( \frac{b}{a} \right)^2 \sigma \right]$  в подавляющем большинстве случаев снова принимает первоначальное значение, тогда как после смачивания и выдержки на том или ином этапе он возрастает для всех образцов. Отсюда следует, что при воздействии масла напряжения выравниваются, причем чем значительнее уменьшение модуля сдвига, тем больше угловой коэффициент  $\operatorname{tg} \alpha$ . Это значит, что чем больше ослабляются связи между волокнами и их упругость, тем легче происходит выравнивание напряжений. По мере высыхания масла модуль сдвига возрастает, а угловые коэффициенты уменьшаются.

Описанные изменения модуля сдвига при смачивании и последующей выдержке можно объяснить следующим. В отливках низкой степени помола преобладают механические силы сцепления между волокнами. При проникновении масла в межволоконные промежутки эти силы резко уменьшаются, что и приводит к значительному снижению модуля сдвига. Для больших степеней помола размолотые фибриллы более доступны воздействию масла и при пропитке их упругость быстро уменьшается, что также приводит к значительному относительному снижению модуля. Образцы со средними для данного эксперимента степенями помола занимают промежуточное положение: механические силы сцепления у них относительно меньше, чем у первых, но в фибриллы масло проникает медленнее, чем у последних образцов. В результате этого первоначальное уменьшение модуля сдвига оказывается меньше. Этот вывод подтверждается большим падением модуля сдвига для средних степеней помола после выдержки 2 и 16 ч, когда масло уже успевает проникнуть в фибриллы.

Проведенные испытания показали, что при пропитке минеральными маслами межволоконные водородные связи, по-видимому, мало затрагиваются. Об этом свидетельствует возрастание модуля сдвига и углового коэффициента почти до первоначальных значений, причем восстановление тем больше, чем выше степень помола.

С целью исследования влияния растительных масел на бумагу мы пропитывали подсолнечным маслом образцы хвойной и лиственной сульфатной целлюлозы (19°ШР), а также образцы типографской бумаги № 1 Сыктывкарского ЛПК. Испытания проводили сначала до пропитки, а затем после пропитки через 20 мин, 10 ч, 2 сут и через 2 мес.



Результаты испытаний представлены на рис. 3 и, в основном, аналогичны предыдущим. Однако наблюдаются и некоторые отклонения. Так, для хвойной и лиственной целлюлозы после высыхания масла модуль сдвига незначительно увеличивается по сравнению с первоначальным, что, по-видимому, объясняется образованием пленки; для лиственной целлюлозы в процессе пропитки уменьшения моду-

Рис. 3. Временные изменения модуля сдвига  $G_0$  и углового коэффициента  $\operatorname{tg} \alpha$  при пропитке подсолнечным маслом отливок из хвойной (3) и лиственной (4) целлюлозы и типографской бумаги продольного (1) и поперечного (2) направлений.

ля сдвига не наблюдалось; для типографской бумаги модуль сдвига после пропитки и последующего высушивания не превысил первоначальных значений. Вероятно, это объясняется влиянием наполнителя. Угловым коэффициентом для всех четырех образцов имеет тенденцию уменьшаться при высушивании масла, как это было зафиксировано и в предыдущем случае.

Ученые ЛТИ ЦБП и ЛТА в предыдущих совместных работах [1] изменение модуля сдвига при воздействии жидких сред объясняли процессом расстекловывания целлюлозы. Учитывая, что целлюлоза — жесткоцепной полимер, такое объяснение в настоящее время нам представляется не совсем удачным. Как показывают материалы данной статьи, процесс расстекловывания вообще можно не привлекать для объяснения полученных результатов, так как все наблюдаемые структурные изменения обусловлены межволоконным взаимодействием, существенно изменяющимся при диффузии масла в волокно и межволоконные промежутки.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Аким Э. Л., Ерыхов Б. П., Миркамилов Ш. М. О применимости неразрушающих методов для изучения влияния жидких сред на структуру целлюлозных материалов. — Узб. хим. журн., 1976, № 1, с. 40—44. [2]. Ерыхов Б. П. Неразрушающие методы исследования целлюлозно-бумажных и древесных материалов. — М.: Лесн. пром-сть, 1977, с. 245. [3]. Ерыхов Б. П., Плотников А. П. Исследование межволоконных связей в бумаге методом крутильных колебаний. — В кн.: Физико-химия целлюлозы и волокон на ее основе: Тез. докл. XIV конф. НИИХТЦ. Ташкент, 1979, с. 73—75. [4]. Ерыхов Б. П., Плотников А. П. О количественной оценке неоднородности целлюлозно-бумажных материалов методом крутильных колебаний. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1978, № 1, с. 117—123. [5]. Ерыхов Б. П., Плотников А. П. Исследование связей структурных элементов в бумаге методом свободных крутильных колебаний. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1980, № 3, с. 62—65. [6]. Ерыхов Б. П., Плотников А. П. Изменение механических свойств бумаги при различных видах старения. — Бум. пром-сть, 1980, № 8, с. 28—30. [7]. Ерыхов Б. П., Плотников А. П., Сырников Ю. П. О некоторых проявлениях тиксотропии у бумаги. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1978, № 5, с. 160—162.

Поступила 17 апреля 1981 г.

УДК 630\*865

## УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ ЛИГНОУГЛЕВОДНЫХ ДРЕВЕСНЫХ ПЛАСТИКОВ

В. Н. ПЕТРИ, В. Д. ВОЛКОВА

Уральский лесотехнический институт

На всех стадиях выращивания, заготовки и переработки древесины образуется большое количество отходов. Общее количество отходов и потерь ежегодно составляет не менее 200 млн. м<sup>3</sup>, из них находят применение не более 20 % [1, 3]; недостаточно утилизируются кора, пораженная гнилями древесина и лесосечные отходы.

В безлесные и малолесные районы нашей страны ежегодно в больших масштабах завозят лесоматериалы, древесные плиты и другую лесную продукцию, причем дальние перевозки обходятся очень дорого. Однако в этих же районах систематически уничтожается большое количество других видов растительного сырья, мало отличающегося от древесины по химическому составу и строению клеточных стенок. Так, гуза-пая (кусты хлопчатника), ежегодно сжигаемая, по массе составляет такое же количество, что и заготавливаемый хлопок-сырец. Уничтожается также много виноградной лозы, лозы хмеля, рисовой соломы и др.

При условии рациональной переработки указанных отходов в ценную продукцию лесные ресурсы нашей страны можно увеличить по меньшей мере вдвое без роста объемов лесозаготовок. Поэтому проблема рациональной утилизации всей древесной биомассы и одревесневших остатков однолетних растений имеет большое народнохозяйственное значение.

Одно из направлений утилизации отходов — производство так называемых лигноуглеводных древесных пластиков (ЛУДП), предложенных и разработанных научными работниками Уральского лесотехнического института [2]. Эти пластики получают из древесного и другого одревесневшего растительного сырья без добавления к нему клеящих и иных химических реагентов, т. е. за счет использования химической активности природных компонентов самой древесины.

Не вдаваясь в подробности, напомним, что в зависимости от характера используемого сырья и требований конкретных потребителей ЛУДП можно изготавливать в виде плоских необлицованных или облицованных шпоном или пленками плит, профильных плит конструкционного назначения, модифицированной цельной древесины, цельнопрессованных деталей и изделий.

Каждая область применения плитных ЛУДП предъявляет свои специфические требования к физико-механическим свойствам этих материалов. Так, например, при использовании плит для полов нас интересуют прежде всего высокие показатели прочности и водостойкости материала во время его эксплуатации, а при применении плит для обшивки перегородок и стен, для встроенной и бытовой мебели эти показатели могут быть несравненно меньшими. Авторы метода ЛУДП уделяют большое внимание разработке приемов и средств, с помощью которых можно в достаточно широком диапазоне управлять наиболее важными техническими свойствами плитных ЛУДП.

Учитывая результаты выполненных ранее исследований [2], можно констатировать, что для управления физико-механическими свойствами плитных ЛУДП можно использовать такие факторы, как состав пресскомпозиций, степень измельчения, а также влажность сырья, уровни давления, температуры горячего прессования и продолжительности ее воздействия, применение облицовки плит в процессе их изготовления шпоном или пленочными материалами и др.

В качестве примера приведем некоторые результаты исследований в этой области, выполненных В. А. Антаковой на сосновых отходах деревообработки Братского ЛПК (подобные исследования проведены по единому плану и с другими видами древесного и одревесневшего растительного сырья, причем получены однозначные результаты).

Математическое исследование осуществляли с помощью метода дробного факторного эксперимента типа  $2^{5-2}$ . Изучали влияние следующих факторов: влажности ( $x_1$ ), %; давления ( $x_2$ ), МПа; содержания сосновой несплавной коры ( $x_3$ ), %; содержания сосновой деструктивной, коррозионной и смешанной гнили ( $x_4$ ), %; температуры ( $x_5$ ), °С. Условия проведения опытов указаны в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Уровень	Обозначение	Фактор				
		$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$
Основной	О	10	7,0	20	20	170
Верхний	+	12	8,5	40	40	180
Нижний	—	8	5,5	0	0	160
Единицы варьирования	Е	2	1,5	20	20	10

При обработке результатов установлено, что максимальную прочность можно получить для следующих условий:

$$1) x_1 = 8 \%; x_2 = 5,5 \text{ МПа}; x_3 = 40 \%; \\ x_4 = 0 \%; x_5 = 160 \text{ }^\circ\text{C};$$

(предел прочности при статическом изгибе составляет 46,1 МПа; разбухание за 24 ч — 17,8 %);

$$2) x_1 = 8 \%; x_2 = 5,5 \text{ МПа}; x_3 = 40 \%; \\ x_4 = 40 \%; x_5 = 160 \text{ }^\circ\text{C};$$

(предел прочности при статическом изгибе равен 45,5 МПа; разбухание — 9,1 %).

Минимальное разбухание наблюдается для следующих условий:

$$x_1 = 8 \%; x_2 = 8,5 \text{ МПа}; x_3 = 40 \%; \\ x_4 = 40 \%; x_5 = 170 \text{ }^\circ\text{C};$$

(разбухание за 24 ч равно 3,2 %; предел прочности при статическом изгибе — 36,8 МПа).

Компромиссное решение — сочетание высокой прочности и водостойкости — наблюдается при таких условиях:

$$x_1 = 8 \%; x_2 = 8,5 \text{ МПа}; x_3 = 40 \%; \\ x_4 = 40 \%; x_5 = 160 \text{ }^\circ\text{C};$$

(предел прочности при статическом изгибе составляет 41,8 МПа; разбухание — 7,1 %).

Показательно, что сосновая кора и гниль ведут себя однотипно при обогащении ими самых разных видов сырья.

Таблица 2

Сырье	Содержание, %	Условия прессования			Физико-механические свойства			
		Давление прессования, МПа	Влажность сырья, %	Продолжительность горячего прессования, мин/мм	Предел прочности при статическом изгибе, МПа	Разбухание по толщине за 24 ч, %	Водопоглощение за 24 ч, %	Плотность, кг/м <sup>3</sup>
Солома	100	5	16	1,2	21,8	26,8	30,1	1270
Солома	100	9	11	1,2	27,8	28,4	26,2	1320
Солома	60	7	10	1,2	29,9	13,4	13,6	1290
Кора	20							
Гниль	20							

М. Е. Мельниковой проведены исследования с плитами из рисовой соломы. Условия прессования и свойства плит из рисовой соломы (температура прессования 170 °С) показаны в табл. 2, из данных которой видно, что плиты с удовлетворительной прочностью удается получить лишь при высоком давлении; достаточная водостойкость плит обеспечивается лишь высокой температурой горячего прессования. Добавление в пресскомпозицию 20 % коры и 20 % гнили приводит к получению плит со значительно высокой водостойкостью и повышенной прочностью.

Из приведенных данных видно, что можно управлять физико-механическими свойствами плит, т. е. поставлять материал с набором свойств, потребных при эксплуатации изделий и конструкций.

## ЛИТЕРАТУРА

[1]. Гущина А. З. Экономическая эффективность промышленного использования древесных отходов и низкокачественной древесины: Обзор. — М.: Лесн. пром-сть, 1970. [2]. Плитные материалы и изделия из древесины и других одревесневших растительных остатков без добавления связующих/ Под ред. В. Н. Петри. — М.: Лесн. пром-сть, 1976. [3]. Экономика лесобработывающей промышленности: Учебник для вузов/ И. С. Прохорчук, К. П. Бойцов, А. Г. Митни и др. — М.: Лесн. пром-сть, 1972.

Поступила 4 октября 1980 г.

УДК 630\*812

**О СОПРОТИВЛЕНИИ ДРЕВЕСИНЫ СКАЛЫВАНИЮ  
ПРИ СОЧЕТАНИИ КАСАТЕЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ  
ВДОЛЬ ВОЛОКОН С НОРМАЛЬНЫМИ НАПРЯЖЕНИЯМИ  
СЖАТИЯ ПОПЕРЕК ВОЛОКОН**

*Б. А. ОСВЕНСКИЙ*

Московский инженерно-строительный институт

На основе разработанной нами новой теории прочности древесины под воздействием различных сочетаний касательных и нормальных напряжений [3—6] установлено, что многие исследователи неправильно представляют роль и характер влияния нормальных напряжений поперечного обжима и растяжения на предельное сопротивление скалыванию; при этом преувеличивали как положительную роль сжатия, так и отрицательную роль растяжения поперек волокон (последняя подробно рассмотрена в работе [6]).

Можно считать общепризнанным, что в зоне воздействия внешнего поперечного обжима в сопряжениях (например, в лобовой врубке или в сборном клееном стыке с обжимными клиньями [2]), где имеет место одностороннее расположение площадки скалывания в растянутых элементах, одновременно с уменьшением максимальных растягивающих напряжений поперек волокон увеличивается концентрация касательных напряжений [1, 2]. Только при относительно более равномерном поперечном обжатии плоскости скалывания можно несколько повысить в сопряжениях сопротивление скалыванию [1].

Современные методы расчета напряженно-деформированного состояния конструкций дают возможность изучать характер и наиболее опасное сочетание различных видов напряжений в деревянных конструкциях. При этом важно установить действительное сопротивление древесины при сложном напряженном состоянии.

В дополнение к работе [6] в данной статье дана теория сопротивления древесины сложному напряженному состоянию при сочетании напряжений сдвига с нормальными напряжениями сжатия поперек волокон, основанная на современных данных о микро- и субмикроструктуре стенок клеток трахеид древесины. За основу принимаем положение о том, что отношение толщины отдельного слоя стенки трахеиды, отличающегося своей ориентацией микрофибрилл, к полной толщине стенки сохраняется во всех трахеидах (ранней или поздней древесины).

Следовательно, принятые соотношения сохраняются и для любой суммы стенок трахеид. На основе разработанной нами теории [3—6], заменяя сумму слоев одинаковых по ориентации микрофибрилл эквивалентным стержнем, в итоге мы получаем стержневую систему. При этом распределяем все различные ориентации микрофибрилл на четыре ос-

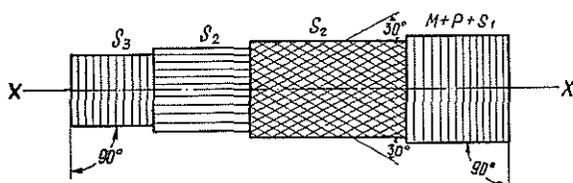


Рис. 1. Схема направления микрофибрилл относительно оси X в слоях радиальной стенки трахеид сосны.

новых направления: перпендикулярное, два перекрестных (спиральных) и продольное (рис. 1). Средний угол спиральных слоев вторичной оболочки принимаем для клеток ранней древесины сосны  $\gamma_{ран} = 30^\circ$  и для клеток поздней древесины  $\gamma_{позд} = 17,3^\circ$ .

В соответствии с работой [6] толщины отдельных слоев стенки трахеид приводим в безразмерных единицах как отношение части к целому:

$\delta_h$  — суммарная толщина слоев с поперечной ориентацией ( $M + P + S_1 + S_3$ );

$\delta_{спл}$  — толщина спирального слоя  $S_{2л}$  левого (условно) направления;

$\delta_{сппр}$  — толщина спирального слоя  $S_{2пр}$  правого направления ( $S_{2пр} = S_{2л}$ );

$\delta_a$  — толщина слоя  $S_2$  продольного направления.

Стержневую систему принимаем для участка длиной, равной единице, в направлении вдоль волокон древесины (рис. 2).

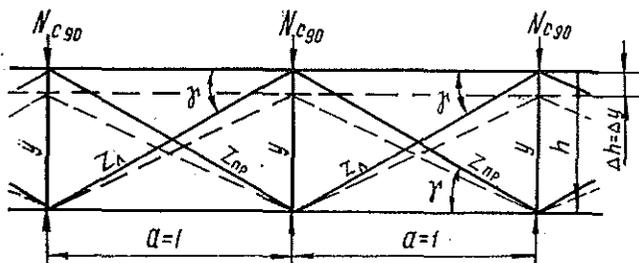


Рис. 2. Схема расчетной стержневой системы (деформированная схема показана пунктиром).

$Y$  — усилие в суммарном слое с поперечной ориентацией;  $Z_л$  — усилие в слое  $S_2$  с левой спиральной ориентацией;  $Z_пр$  — усилие в слое  $S_2$  с правой спиральной ориентацией.

Площади поперечного сечения микрофибрилл указанных слоев обозначим следующим образом:

$$F_h = \delta_h; \quad F_{спл} = F_{сппр} = \delta_{сп} \sin \gamma; \quad F_a = \delta_a.$$

В соответствии с работой [6] длина микрофибрилл отдельных слоев на рассматриваемом участке  $a = 1$  (рис. 2) составляет: для слоев с поперечной ориентацией  $h = a \cdot \operatorname{tg} \gamma$ , со спиральной ориентацией  $d = \frac{a}{\cos \gamma}$ , с продольной ориентацией  $a = 1$ .

Данную схему рассматриваем как стержневую конструкцию, которая для случая, когда сила сжатия  $N_{c90}$  направлена поперек волокон,

является благодаря симметрии статически неопределимой системой с одним лишним неизвестным.

Исходя из очертания деформированной системы и полагая, что деформации укорочения слоев с поперечной ориентацией весьма малы, а модули упругости у всех слоев одинаковы, получаем следующие равенства:

$$2Z \sin \gamma + Y = N_{c90} \text{ или } 2Z \sin \gamma = N_{c90} - Y,$$

откуда при  $\gamma_{\text{ран}} = 30^\circ$  находим

$$Z = \frac{N_{c90} - Y}{2 \sin \gamma} = N_{c90} - Y. \quad (1)$$

Усилие, воспринимаемое суммарным слоем с поперечной ориентацией, выразим в виде

$$\begin{aligned} Y &= \frac{N_{c90}}{1 + 2 \cos^3(90^\circ - \gamma) \frac{F_{\text{сп}}}{F_h}} = \frac{N_{c90}}{1 + 2 \cos^3(90^\circ - 30^\circ) \frac{0,5}{1}} = \\ &= \frac{N_{c90}}{1 + \cos^3 60^\circ} = \frac{N_{c90}}{1 + 0,125} = \frac{N_{c90}}{1,125}. \end{aligned} \quad (2)$$

Усилие  $Z$ , возникающее в спиральных слоях от поперечного обжима  $N_{c90}$ , определим следующим образом:

$$Z = N_{c90} - \frac{N_{c90}}{1,125} = N_{c90} \left(1 - \frac{1}{1,125}\right) = N_{c90} (1 - 0,89) = 0,11 N_{c90}. \quad (3)$$

В работе [6] за исходную характеристику прочности древесины мы принимали предельное сопротивление растяжению поперек волокон  $\sigma_{p90}^{\text{пред}}$ , получаемое экспериментально.

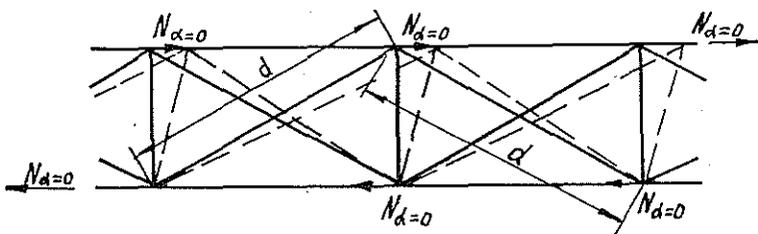


Рис. 3. Расчетная схема при чистом сдвиге.

Предельное сопротивление при чистом сдвиге вдоль волокон определяли по схеме на рис. 3 (на основе формулы (6) работы [6])

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{сдв}}^{\text{пред}} &= \frac{2F_{\text{сп}} \sigma_{p90}^{\text{пред}}}{1,125 \cos \gamma} = \frac{2 \cdot 0,5 \sigma_{p90}^{\text{пред}}}{1,125 \cos 30^\circ} = \frac{1}{0,866 \cdot 1,125} \sigma_{p90}^{\text{пред}} = \\ &= \frac{1}{0,974} \sigma_{p90}^{\text{пред}} = 1,026 \sigma_{p90}^{\text{пред}}. \end{aligned} \quad (4)$$

При этом необходимо учесть, что для чистого сдвига скалывание—следствие разрыва, работающего на растяжение спирального слоя микрофибрилл, в то время как спиральный слой стенки противоположного направления (перекрестного) сжат и не разрывается.

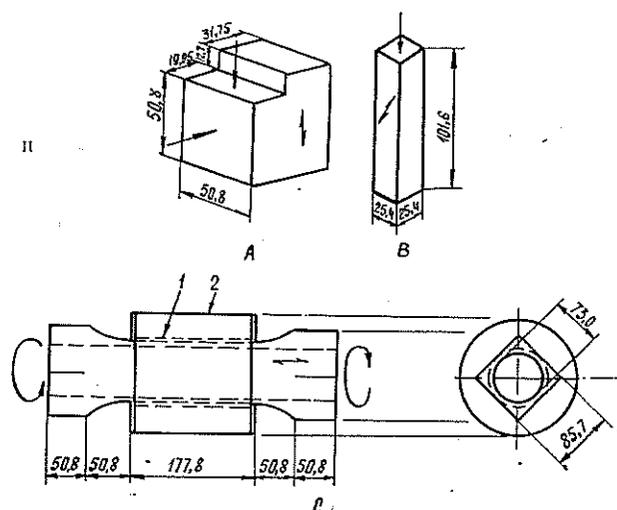
При сжатии древесины поперек волокон все слои стенки, кроме слоя  $S_2$  с продольным направлением микрофибрилл, сжаты. Последний слой (с продольным направлением) находится в данном случае в ненапряженном состоянии. Следовательно, сжатие поперек волокон при сдвиге вдоль волокон разгружает растянутый спиральный слой и повышает его сопротивление разрыву при скалывании на величину  $Z = 0,11N_{c_{90}}$

$$R_{сдв+c_{90}} = R_{сдв (чист)} + 0,11\sigma_{c_{90}}. \quad (5)$$

Ф. J. Кееран [7] приводит экспериментальные данные для деревянных балок о влиянии поперечного напряжения сжатия на сопротивление сдвигу параллельно волокнам.

Рис. 4. Размеры образцов и способы приложения нагрузок.

1 — резиновая муфта;  
2 — бак давления.



Испытания проводили на образцах воздушно сухой древесины псевдотсуги тиссолистной типов А, В и С (рис. 4). Образец А соответствует стандарту ASTM; в образце В сила сжатия приложена под углом к волокнам; С — трубчатый образец для испытания на кручение. Сжатие поперек волокон создается гидравлическим давлением, приложенным извне по периферии образца. Волокна в образце направлены вдоль оси цилиндра. Образец А при испытании не дает чистого сдвига, а образец В хотя и дает возможность получать различные сочетания напряжения сдвига с напряжением сжатия, но чистого сдвига при его испытании также получить нельзя. Только образец С дает возможность получить предельное сопротивление чистому сдвигу, а также любому сочетанию напряжения сдвига с напряжением сжатия поперек волокон.

На основании результатов испытаний образцов С автор работы [7] приводит уравнение для зависимости предельного сопротивления древесины псевдотсуги тиссолистной  $\tau_{max}$  при различном сочетании напряжения сдвига вдоль волокон с нормальным напряжением сжатия поперек волокон, которое в переводе на систему единиц СИ выражается следующим образом:

$$\tau_{max} = 10,67 + 0,1\sigma_{c_{90}} \text{ МПа.}$$

Экспериментальные данные, полученные в работе [7], достаточно убедительно подтверждают полученные нами теоретическим путем за-

висимости сопротивления древесины при различных сочетаниях касательных напряжений вдоль волокон с напряжениями сжатия поперек волокон.

Это дает нам возможность рекомендовать повышать расчетное сопротивление древесины сдвигу (при изгибе) в местах сочетания его с напряжением сжатия поперек волокон на 11 % от  $\sigma_{c_{\infty}}$ . При этом  $\sigma_{c_{\infty}}$  не должно быть более расчетного сопротивления древесины сжатию поперек волокон  $R_{c_{\infty}}$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Конструкции из дерева и пластмасс/ Под ред. засл. деят. науки и техн. РСФСР, д-ра техн. наук, проф. Г. Г. Карлсена. § 45: Учебник для студентов строительных вузов. — М.: Стройиздат, 1975. [2]. Михайлов В. Г. Скалывание в клееных дощатых стыках. — В кн.: Вопросы прочности и изготовления деревянных конструкций. М., 1952. [3]. Освенский Б. А. Сопротивление древесины разрыву в связи с ее анатомическим строением: Докл. на XXVIII науч.-техн. конф. МИСИ. Тез. докл., аннот. — М., 1969. [4]. Освенский Б. А. Сопротивление древесины скалыванию и раскалыванию в связи с ее анатомическим строением: Докл. на Всесоюз. конф. по современным проблемам древесиноведения. Тез. докл. — Минск, 1971. [5]. Освенский Б. А. Скалывание и раскалывание в деревянных конструкциях: Докл. на международ. симпоз. по проектированию, изготовлению и применению деревянных конструкций в строительстве. Тез. докл. — Киев, 1976. [6]. Освенский Б. А. Скалывание и раскалывание в деревянных конструкциях. — В кн.: Сб. тр. кафедры конструкций из дерева и пластмасс МИСИ, 1978, № 169. [7]. Keenan F. J. Shear strength of wood beams. — Forest Products Journal, 1974, Sept., № 9.

Поступила 16 марта 1981 г.

УДК 667.634.7

### ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФАНЕРОПОЧИНОЧНОЙ ШПАТЛЕВКИ

М. А. БУБЕНЧИКОВ

Кировский политехнический институт

Одно из направлений повышения выхода фанеры высших сортов при существующем сортовом составе используемого фанерного сырья — применение фанеропочиночных составов с высокими физико-механическими и технологическими свойствами [2, 4]. В отечественной промышленности для этих целей наибольшее распространение получили шпатлевки и замазки на основе мочевино-формальдегидных смол [1], хотя они имеют большую усадку и влагопоглощение после отверждения, а также другие существенные недостатки, не позволяющие добиться повышения качества и сортности фанеры.

Нами разработана фанеропочиночная шпатлевка на основе без- и малоусадочных ингредиентов, содержание которых находится в следующих соотношениях (в массовых долях): связующее — смола эпоксидная ЭД-16 (ГОСТ 10587—72) — 100; пластификатор — дибутилфталат (ГОСТ 8728—77) — 100; наполнители: тальк молотый (ГОСТ 13145—67) — 100 и аминопласт А-2 (ГОСТ 9359—73) — 75; отвердитель — полиэтиленполиамин (ТУ6—02—594—70) — 15.

Физические свойства фанеропочиночной шпатлевки исследовали на образцах, отверждаемых при различной температуре по режимам, приведенным в таблице и рекомендованным для использования в промышленности [3]. Режимы разработаны так, чтобы в процессе отверждения адгезионная и когезионная прочности состава не снижались.

Операция	Продолжительность операции, ч, при температуре отверждения, °С			
	18—20	50	100	150
Отверждение при заданной температуре	24	~1,7	0,25	0,05
Выдержка после отверждения при температуре 18—20 °С	—	24	24	24

К физическим свойствам мы отнесли внешний вид шпатлевки после отверждения, цвет, плотность, вязкость, жизнеспособность, содержание сухого остатка, продолжительность отверждения, усадку после отверждения, водопоглощение, объемное разбухание в воде.

В данной статье приведены результаты исследований.

Установлено, что разработанная шпатлевка по внешнему виду соответствует требованиям ГОСТа 10277—72, а цвет ее близок к цвету березовой древесины в фанере.

Плотность определяли по ГОСТу 15139—69 с модификацией метода. Объем образцов отвержденной шпатлевки находили по результатам замеров их линейных размеров. Для определения плотности шпатлевки в свежеприготовленном состоянии (сыром виде) использовали приспособление в виде мерного цилиндра, который плотно заполнялся шпатлевкой.

Плотность шпатлевки в сыром виде  $\rho_c = 1,303$  г/см<sup>3</sup>; среднее квадратичное отклонение  $\sigma = \pm 0,008$  г/см<sup>3</sup>; средняя ошибка — погрешность  $m = \pm 0,003$  г/см<sup>3</sup>; вариационный коэффициент  $\nu = \pm 0,63$  %; показатель точности  $p = \pm 0,24$  %.

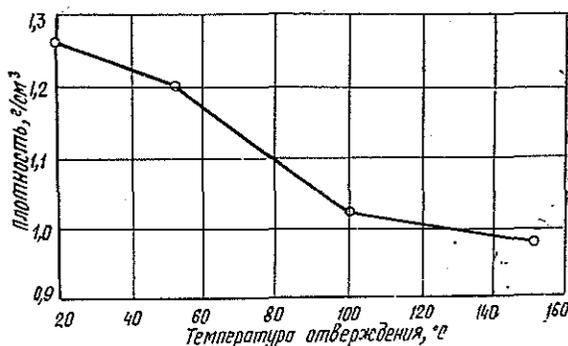


Рис. 1.

Плотность отвержденной шпатлевки (рис. 1) зависит от температуры отверждения состава и уменьшается с ее увеличением; с повышением температуры до +150 °С плотность снижается более чем на 20 %. Снижение плотности можно объяснить тем, что при повышенных температурах влага испаряется более интенсивно и из массы шпатлевки удаляются другие летучие вещества.

Вязкость шпатлевки определяли по ГОСТу 8420—74 вискозиметром ВЗ-4 при температуре +20 °С; перед этим шпатлевку разбавляли ацетоном (ГОСТ 2768—79) в соотношении 80 мас. долей шпатлевки и 20 мас. долей ацетона. Установлено, что вязкость шпатлевки колеблется в пределах 110—130 с;  $M = 122$  с;  $\sigma = \pm 7,7$  с;  $m = \pm 3,1$  с;  $\nu = 6,3$  %;  $p = 2,6$  %.

Жизнеспособность вычисляли как время высыхания до появления тончайшей пленки по ГОСТу 19007—73 (это соответствует первой степени высыхания или стадии высыхания от пыли). Испытание проводили при температуре +20 °С. По полученным данным жизнеспособность состава шпатлевки колеблется в пределах 2,5—4 ч;  $M = 195$  мин;  $\sigma = \pm 22$  мин;  $m = \pm 7$  мин;  $\nu = 11,4$  %;  $p = 3,6$  %.

Содержание сухого остатка определяли по ГОСТу 6989—54 с модификацией метода путем высушивания до постоянной массы на дюралюминиевых пластинках. Среднее содержание сухого остатка составляет 93,4 %; следовательно, нам удалось создать состав с высоким содержанием сухого вещества, что предопределяет значительное уменьшение усадки шпатлевки в процессе отверждения по сравнению со шпатлевыми составами на основе мочевино-формальдегидной смолы, где содержание сухого остатка не обеспечивается более 80—82 %.

Продолжительность отверждения находили при температуре 18—20; 50 и 150 °С по ГОСТу 19007—73 до третьей степени высыхания (т. е. до полного или практического высыхания) слоя шпатлевки толщиной 1,5 мм на шлифованной фанерной подложке. Отверждение производили в термостате.

Установлено, что с возрастанием температуры отверждения резко сокращается продолжительность отверждения. При температуре отверждения, равной температуре окружающего воздуха, продолжительность отверждения составляет от 480 до 640 мин; повышение температуры отверждения до +50 °С снижает продолжительность отверждения до 80—90 мин; отверждение при температуре 100 °С происходит в течение 10—14 мин. Особенно резко сокращается продолжительность отверждения при дальнейшем повышении температуры, и при температуре +150 °С она не превышает 2,5—3 мин; при этом наблюдается некоторое увеличение объема шпатлевки за счет интенсивного удаления влаги и других летучих веществ.

Исследования показали возможность отверждения шпатлевки толщиной до 1,5 мм на фанере при температуре +150 °С в течение сравнительно короткого промежутка времени, что позволяет вписать процесс отверждения в механизированную линию починки и ремонта фанеры.

Усадку определяли по разработанной методике путем замера разности толщины слоя шпатлевки до и после отверждения.

Абсолютная усадка

$$y_a = h_0 - h_t \text{ мм,}$$

где  $h_0$  — первоначальная толщина слоя шпатлевки, мм;

$h_t$  — толщина слоя шпатлевки после отверждения при заданной температуре, мм.

Относительная усадка

$$y_{\text{отн}} = \frac{y_a}{h_a} \cdot 100 = \frac{h_0 - h_t}{h_0} \cdot 100\%.$$

Для определения усадки на образцах фанеры размером 150×100 мм фрезеровали продольный паз (рис. 2) вдоль волокон наружного слоя (длина 150 мм) шириной 20 мм и глубиной 1,5 мм (на величину толщины наружного слоя шпона). Измеряли глубину паза с помощью индикаторной скобы в трех точках по длине фрезерования и затем тщательно наносили слой шпатлевки вровень с поверхностью образца. Первоначальную толщину слоя шпатлевки принимали равной глубине фрезерования, т. е.  $h_0 = S$ .

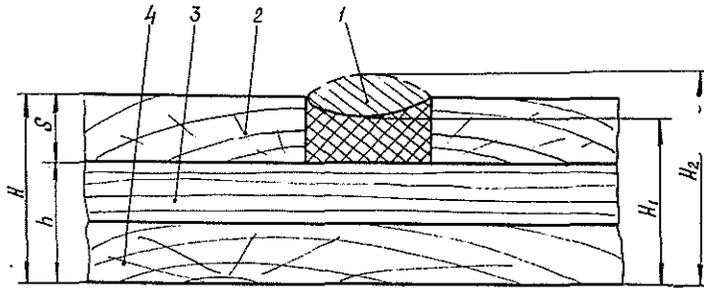


Рис. 2. Схема образца для определения усадки шпатлевки.

1 — слой шпатлевки; 2, 3, 4 — соответственно верхний, средний и нижний слои шпона.

Глубина фрезерования

$$S = H - h \text{ мм,}$$

где  $H$  — толщина образца фанеры, мм;

$h$  — толщина образца фанеры в зоне фрезерования паза, мм.

Толщина слоя шпатлевки после отверждения

$$h_t = H - H_1,$$

где  $H_1$  — толщина образца с отвержденной шпатлевкой в зоне паза, мм.

Если значение усадки получалось отрицательное, то наблюдалось утолщение слоя шпатлевки за счет возникающего расширения при удалении влаги и других летучих веществ в процессе отверждения. При этом абсолютное утолщение

$$y_a = h_0 - h_t,$$

а толщина слоя шпатлевки после отверждения

$$h_t = H_2 - H_1,$$

где  $H_2$  — толщина образца с отвержденным слоем шпатлевки, мм.

Установлено, что в процессе отверждения при температуре + (18—20) °С шпатлевка имеет незначительную усадку: среднее значение абсолютной усадки не превышает 0,05 мм при толщине слоя 1,5 мм, что составляет не более 4—5 % от первоначальной толщины слоя. Отверждение при повышенных температурах приводит к увеличению толщины слоя шпатлевки — утолщению, которое возрастает от 0,024 мм при +50 °С до 0,18 мм при +150 °С; относительное утолщение слоя шпатлевки составляет соответственно 1,6 и 12,0 %; абсолютная усадка шпатлевки значительно меньше, чем шпатлевочных составов на основе мочевино-формальдегидных смол, и в 4—6 раз меньше толщины слоя, снимаемого при шлифовании фанеры на шлифовальных станках и равного 0,2—0,3 мм.

Водопоглощение в холодной воде определяли по ГОСТу 4650—73 с модификацией метода на образцах отвержденной шпатлевки с основанием 50 × 50 мм и толщиной 3 мм, которые выдерживали в холодной воде при температуре + (18—20) °С в течение 1, 2, 4, 24, 48 и 120 ч.

Массовое водопоглощение  $P_w$  определяли по формуле

$$P_w = \frac{m_t - m_0}{m_1 - m_0} \cdot 100\%,$$

где  $m_0$  — масса приспособления, г;

$m_1$  — масса приспособления с образцом в абс. сухом состоянии, г;

$m_t$  — масса приспособления с образцом после выдержки в воде через время  $t$ , г.

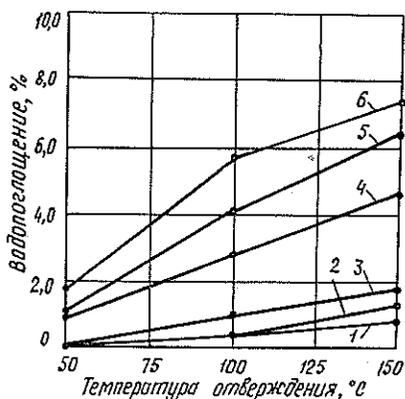


Рис. 3.

1 — при продолжительности выдержки в воде 1 ч; 2 — 2; 3 — 4; 4 — 24; 5 — 48; 6 — 120 ч.

менно с определением водопоглощения на тех же образцах. За величину объемного разбухания принимали отношение приращения объема образца за период разбухания к его первоначальному объему, выраженное в процентном.

Установлено, что с ростом температуры отверждения и продолжительности набухания объемное разбухание увеличивается. Наиболее интенсивно процесс объемного разбухания шпатлевки в холодной воде идет в первые 24 ч и составляет 1,7—1,8 % для шпатлевки, отвержденной при температуре +150 °C; затем скорость изменения размеров образца за счет водопоглощения становится меньше и после 120 ч пребывания в воде массовое разбухание не превышает 3,4 %. Для образцов, отвержденных при более низкой температуре, массовое разбухание значительно меньше. При этом объемное разбухание шпатлевки даже через 120 ч значительно меньше, чем древесины: объемное разбухание древесины березы составляет 15—20 %, что в 5—6 раз больше, чем данной шпатлевки.

На разработанную шпатлевку утверждены ТУ13-447—79, а опытное применение ее для починки фанеры в условиях фанерного комбината «Красный якорь» подтвердило ее высокие качественные показатели.

Таким образом, разработанная фанеропочиночная шпатлевка практически безусадочна и может применяться как при холодном отверждении, так и отверждении при повышенных температурах до +150 °C. Она отличается незначительным водопоглощением, не разрушается в процессе водопоглощения, имеет незначительное объемное разбухание в холодной воде. Высокие физические свойства шпатлевки обеспечива-

На рис. 3 представлена зависимость водопоглощения отвержденной шпатлевки от температуры отверждения и продолжительности выдержки в воде. С увеличением температуры отверждения и длительности выдержки в воде водопоглощение возрастает; наиболее интенсивно процесс водопоглощения идет в первые 24 ч, затем он затухает. Характер изменения водопоглощения одинаков; шпатлевка при этих режимах не разрушается. Массовое водопоглощение шпатлевки даже через 120 ч не превышает 8 % и значительно меньше водопоглощения натуральной древесины, у которой оно достигает более 70 % уже через 48 ч.

Объемное разбухание в холодной воде определяли одновременно с определением водопоглощения на тех же образцах.

ют практическое использование ее в широких масштабах для починки и ремонта фанеры и других деталей и изделий из древесины с целью повышения качества и сортности продукции в разных отраслях деревообработки.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Бубенчиков М. А. Применение шпатлевочных составов для повышения качества фанеры. — Обзор, информ./ ВНИПИЭИлеспром, 1980, вып. 2. [2]. Кириллов А. Н., Сафонов А. Ф. Влияние сучков и вставок из шпона на прочность фанеры при растяжении. — Реф. информ., 1974, № 1 (ВНИПИЭИлеспром. Плиты и фанера). [3]. Технологическая инструкция по производству и применению безусадочной фанеропочиночной шпатлевки. — Утвержд. 26.07.78 (ВПО Союзфанспичпром). [4]. Southern Lumberman. — США, 1974, № 2848.

Поступила 13 ноября 1981 г.

УДК 674.815-41 : 531.717

### О ПОГРЕШНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗМЕРА ПРИ АВТОМАТИЧЕСКОМ КОНТРОЛЕ РАЗНОТОЛЩИННОСТИ ДСП

В. В. ЧЕНЦОВ

Ленинградская лесотехническая академия

При автоматическом контроле разнотолщинности древесностружечных плит (ДСП) измеряемые величины (толщина в плите по трассе контроля) связаны вероятностной зависимостью [1], [4]. Информацию о толщине несет в себе не только результат измерения по конкретной трассе контроля, но и результаты измерений по другим трассам. Использование результатов измерения по другим трассам контроля с учетом их вероятностной зависимости позволяет существенно повысить точность определения толщины при использовании тех же измерительных средств. Задаваясь необходимой точностью определения толщины плиты, можно, с учетом вероятностных характеристик параметров и их взаимосвязей, решить задачу выбора точности измерительных средств.

Обозначим:

$Z_1, \dots, Z_n$  — ошибки измерения случайных величин  $X_1, \dots, X_n$ ;

$Y_1 = X_1 + Z_1, \dots; Y_n = X_n + Z_n$  — результаты измерений;

$x_1, \dots, x_n; y_1, \dots, y_n$  — реализации величин  $X_1, \dots, X_n$  и  $Y_1, \dots, Y_n$ .

Поскольку  $Y_1, \dots, Y_n$  связаны с  $X_1, \dots, X_n$ , а последние зависят одно от другого, то все измеряемые величины и все результаты измерений взаимозависимы.

Рассмотрим измерение реализации  $x_i$  параметра  $X_i$  (толщины плиты по  $i$ -той трассе измерения). Так как параметр  $X_i$  связан вероятностной зависимостью с  $Y_1, \dots, Y_n$ , то информацию о величине  $x_i$  несут в себе все результаты измерений  $y_1, \dots, y_n$ . До получения результатов измерения  $y_1, \dots, y_n$  известно, что возможные значения  $x_i$  распределялись с плотностью вероятности  $f(x_i)$  около математического ожидания  $m_{x_i}$  параметра  $X_i$ . После получения  $y_1, \dots, y_n$  распределение возможных значений измеряемой величины сужается до условной плотности вероятности  $f(x_i/y_1, \dots, y_n)$  измеряемой величины  $X_i$ . Величине  $x_i$  соответствует условное математическое ожидание, которое является ее оценкой. Оценка  $M[X_i/y_1, \dots, y_n]$  является реализацией оценки  $M[X_i/Y_1, \dots, Y_n]$ , которая понимается как ансамбль случайных значе-

ний оценки  $M[X_i/y_1, \dots, y_n]$  при многократных измерениях случайных, каждый раз новых реализаций системы  $(X_1, \dots, X_n)$ .

Ошибка оценки  $M[X_i/y_1, \dots, y_n]$

$$v_i = M[X_i/y_1, \dots, y_n] - x_i$$

является реализацией ошибки  $V_i$ , рассматриваемой как случайная ошибка, для которой условное математическое ожидание  $v_i$  при полученных результатах измерений  $y_1, \dots, y_n$

$$M[V_i/y_1, \dots, y_n] = 0,$$

а условная дисперсия ошибки  $V_i$

$$D[V_i/y_1, \dots, y_n].$$

Условная дисперсия ошибки измеряемой величины определяется выражением [2]

$$D[V_i/y_1, \dots, y_n] = \frac{|K|}{K_{x_i x_i}}, \quad (1)$$

где  $K$  — определитель корреляционной матрицы системы случайных величин  $(Y_1, \dots, Y_n, X_i)$ ;

$K_{x_i x_i}$  — алгебраическое дополнение элемента  $k_{x_i x_i}$  определителя  $|K|$ ;

$$|K| = \begin{vmatrix} k_{y_1 y_1} & k_{y_1 y_2} & \dots & k_{y_1 y_n} & k_{y_1 x_i} \\ k_{y_2 y_1} & k_{y_2 y_2} & \dots & k_{y_2 y_n} & k_{y_2 x_i} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ k_{y_n y_1} & k_{y_n y_2} & \dots & k_{y_n y_n} & k_{y_n x_i} \\ k_{x_i y_1} & k_{x_i y_2} & \dots & k_{x_i y_n} & k_{x_i x_i} \end{vmatrix}.$$

Корреляционные моменты определителя  $|K|$  найдены следующим образом:

$$k_{y_1 y_1} = D_{y_1} = D_{x_1} + D_{z_1};$$

$$k_{x_i x_i} = D_{x_i}; \quad k_{y_1 x_i} = D_{z_i};$$

$$k_{y_1 y_2} = r_{x_1 x_2} \sigma_{x_1} \sigma_{x_2};$$

$$k_{x_i y_2} = r_{x_i x_2} \sigma_{x_i} \sigma_{x_2}.$$

По данным В. И. Соболева [2], ошибка оценки размера соответствует погрешности измерительных средств, если погрешность измерительной системы и измеряемая величина независимы, а среднее квадратичное отклонение ошибки меньше среднего квадратичного отклонения измеряемой величины. Используя это положение, рассмотрим операцию контроля разнотолщинности ДСП, когда толщину определяем по трем трассам. При контроле измеряют три коррелированных параметра  $X_1, X_2, X_3$ , образующих нормально распределенную систему при действии нормально распределенных ошибок, не зависящих от  $X_1, X_2, X_3$  и между собой.

Согласно формуле (1), для первой и третьей трасс измерения дисперсия ошибки  $D$  при полученных результатах измерений

$$D(V_1/y_1, y_2, y_3) = D(V_3/y_1, y_2, y_3) = D_r D_x \times \\ \times \frac{[(D_x + D_r)^2 + r_{x_1 x_2} D_x^2 (r_{x_1 x_3} - 1) - (r_{x_1 x_2}^2 + r_{x_1 x_3}^2) D_x (D_x + D_r)]}{[(D_x + D_r)^3 + 2r_{x_1 x_2}^2 r_{x_1 x_3} D_x^3 - D_x^2 (D_x + D_r) (2r_{x_1 x_2}^2 + r_{x_1 x_3}^2)]};$$

для второй трассы

$$D(V_2/y_1, y_2, y_3) = D_r D_x \times \\ \times \frac{[(D_x + D_r)^2 - 2r_{x_1 x_2}^2 D_x (D_x + D_r) - D_x^2 (r_{x_1 x_3}^2 - 2r_{x_1 x_2} r_{x_1 x_3})]}{[(D_x + D_r)^3 + 2r_{x_1 x_2}^2 r_{x_1 x_3} D_x^3 - D_x^2 (D_x + D_r) (2r_{x_1 x_2}^2 + r_{x_1 x_3}^2)]}.$$

Проанализируем полученные выражения, используя для примера систему контроля разнотолщинности ДСП номинальной толщины 19 мм и при предельном отклонении  $\pm 0,6$  мм. В соответствии с [3] находим дисперсию измерительных средств  $D_z = 0,0036$  мм<sup>2</sup>. Дисперсия контролируемого параметра  $D_{x_1} = D_{x_2} = D_{x_3} = 0,0348$  мм<sup>2</sup> [1]. При расстоянии между трассами измерения 0,5 м находим коэффициент корреляции [4]  $r_{x_1 x_2} = r_{x_2 x_3} = -0,0889$ ;  $r_{x_1 x_3} = -0,2815$ . В результате подстановки этих данных получим

$$D(V_1/y_1, y_2, y_3) = D(V_3/y_1, y_2, y_3) = 0,003256 \text{ мм}^2; \\ D(V_2/y_1, y_2, y_3) = 0,0032607 \text{ мм}^2.$$

Видно, что различия между ошибкой оценки толщины ДСП и ошибкой измерительных средств незначительны и не превышают 5 % для обоих случаев.

Следовательно, результаты измерений по двум трассам измерения мало уточняют параметр по третьей трассе, что объясняется слабой корреляционной связью толщины древесностружечной плиты по трассам контроля.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Бавельский М. Д., Ченцов В. В. Определение требований к системам контроля разнотолщинности древесностружечных плит. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1977, № 6, с. 138—142. [2]. Соболев В. И. Основы измерений в многомерных системах. — М.: Энергия, 1975. — 128 с. [3]. СТ 303—76. Основные нормы взаимозаменяемости. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм. — Введ. 01.01.79. [4]. Ченцов В. В. Определение числа трасс измерения толщины древесностружечных плит. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1979, № 6, с. 60—63.

Поступила 18 ноября 1980 г.

УДК 630\*3.002.56

### АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ИЗМЕРЕНИЯ ДИАМЕТРОВ БРЕВЕН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФАЗОСДВИГАЮЩЕГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

В. В. ХАРИТОНОВ, Б. Г. СТАРОДУБЕЦ

Московский лесотехнический институт, ЦНИИМЭ

Процесс автоматического измерения диаметров круглых лесоматериалов неразрывно связан с вопросом преобразования первичной информации о диаметрах в значения, соответствующие ГОСТу 2292—74.

При этом встает задача обосновать величину квантования как при измерении диаметров бревен с корой, так и при вводе поправки на толщину коры. Эта задача обусловлена несоответствием стандартных гра-

даций диаметров (1 и 2 см) с возможными поправками на толщину коры.

Рассмотрим процесс автоматического измерения диаметров бревен при наиболее целесообразном режиме считывания информации с двух

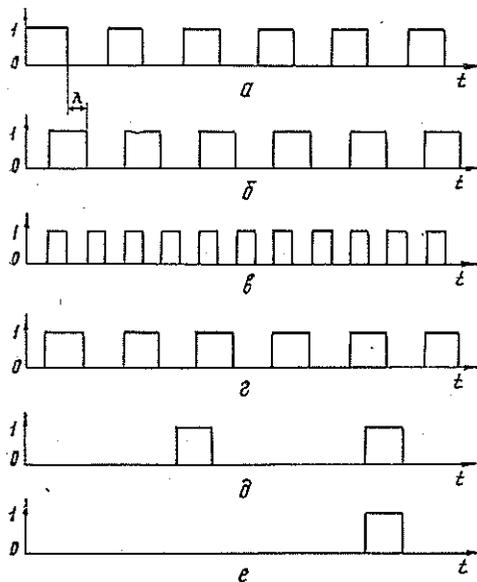


Рис. 1. Диаграмма формирования счетных импульсов с квантованием диаметра и поправки.

Можно показать, что реализация такого процесса измерения дает возможность квантования поправки на толщину коры через  $t_1$ , причем  $t_1$  моделируется одним импульсом  $\Delta = 1$ , вводимым в схему считывания при выбранном состоянии датчиков 0—0. Значение текущего диаметра при этом  $d_i = 0,5 t_1$  (где  $d_i$  — табличный диаметр по ГОСТу 2708—75).

При косвенном (схемном) определении диаметра с градацией  $0,5 t_1$  поправку вносят в зависимости не только от значения диаметра, измеряемого с градацией  $t_1$ , но и от состояния датчиков, характеризующих измеряемый параметр через  $0,5 t_1$ . В данном случае значения измеряемых диаметров  $d_i = 0,5 t_1$  и  $d_i$  соответствуют состояниям датчиков 0—0 и 1—1.

Значения возможных поправок  $0,5 t_1$  и  $t_1$  моделируются распределением импульсов 1; 1 и 0; 1.

Квантование диаметра и поправки через значение  $0,2 t_1$ , равное допустимой погрешности измерения диаметров по ГОСТу 21524—76, реализуется в соответствии с диаграммой на рис. 1, д при использовании пересчетной схемы на 5 импульсов. Размерный ряд текущих диаметров описывается выражением

$$d_i = 0,1(5 - n)t_1, \quad (2)$$

где  $n$  — номер состояния измерительной схемы ( $n = 0, 1, \dots, 4$ ).

Элементам размерного ряда можно поставить в соответствие состояния пересчетной схемы: 000; 001; 010; 011; 100. Распределение возмож-

датчиков, имеющих сдвиг по фазе, равный  $90^\circ$ . На рис. 1, а, б представлены диаграммы следования импульсов с датчиков (где  $\lambda$  — линейное смещение их точек срабатывания, обеспечивающее требуемый сдвиг фаз для исключения неопределенных состояний в процессе считывания дискретной информации). Диаграмма на рис. 1, в иллюстрирует последовательность импульсов, соответствующих функции «равнозначность»:

$$y = x_1 x_2 + \overline{x_1 x_2}. \quad (1)$$

Данная последовательность импульсов обеспечивает считывание информации о диаметрах с градацией  $t_1 = 1$  см при условии  $\lambda = 0,5 t_1$ , что имеет место при измерении диаметров мелких лесоматериалов в диапазоне 8—13 см для лиственных пород [1] и 6—13 см — для хвойных пород [2].

ных поправок с градацией  $0,2 t_1$  (в диапазоне измерения диаметров), для которого толщина коры не превышает  $t_1$ , характеризуется матрицей вида

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}. \quad (3)$$

Строки матриц соответствуют размерному ряду текущих диаметров, а столбцы обозначают количество градаций вводимых поправок в долях  $t_1$  (0,2; 0,4; ...; 1,0).

Очевидно, для обеспечения величины квантования  $0,2 t_1$  по схеме рис. 1, *д* необходимо выполнить условие  $\lambda = 0,1 t_1$ .

Процесс квантования диаметра и поправки описывается несколько сложнее через  $t_2$ ;  $0,5 t_2$ ;  $0,25 t_2$  (рис. 1, *е*), поскольку значительно увеличивается диапазон изменения толщины коры, а следовательно, и количество моделируемых поправок. Следует отметить, что сложность моделирования обуславливается также и значением градации. Так, квантование диаметра и поправки через  $t_2$  происходит аналогично описанному выше процессу квантования через  $t_1$  с той лишь разницей, что моделирование поправки может достигать трех импульсов, каждый из которых соответствует градации  $t_2$ .

Квантования через  $0,5 t_2$  и  $0,25 t_2$  также сопровождаются вводом дополнительных градаций и распределением трех импульсов при моделировании поправки.

Матрица поправок при квантовании через  $0,5 t_2$  имеет вид

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 2 & 2 & 3 & 3 \\ 0 & 1 & 1 & 2 & 2 & 3 \end{vmatrix}. \quad (4)$$

Строки матрицы соответствуют текущим диаметрам  $d_i$  —  $0,5 t_2$  и  $d_i$ , а столбцы — количеству градаций поправок  $kt_2$  ( $k = 0,5; 1,0; \dots; 3,0$ ). Для квантования через  $0,25 t_2$  матрицу поправок можно представить в виде

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 2 & 2 & 2 & 2 & 3 & 3 & 3 & 3 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 2 & 2 & 2 & 2 & 3 & 3 & 3 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 2 & 2 & 2 & 2 & 3 & 3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 2 & 2 & 2 & 2 & 3 \end{vmatrix}. \quad (5)$$

Текущие диаметры для матрицы (5) определяют по выражению

$$d_i = 0,25(2 - n)t_2. \quad (6)$$

Диапазон поправок  $kt_2$  содержит  $k = 0,25; 0,5; \dots; 3,0$ .

Реализация процесса измерения с квантованием через  $0,1 t_2$  достигается в соответствии с диаграммой, представленной на рис. 1, *е*, и основана на использовании двоичного счетчика с коэффициентом пересчета, равным 10.

Размерному ряду текущих диаметров, определяемых по выражению (аналогичному (2)-й формуле)  $d_i = 0,1(5 - n)t_2$  (где  $n = 0; 1; \dots; 9$ ), ставятся в соответствие следующие состояния пересчетной схемы: 0000; 0001; 0010; ...; 1111.

Для описания процесса квантования диаметра и поправки через  $0,1 t_2$  используют следующие матрицы поправок:

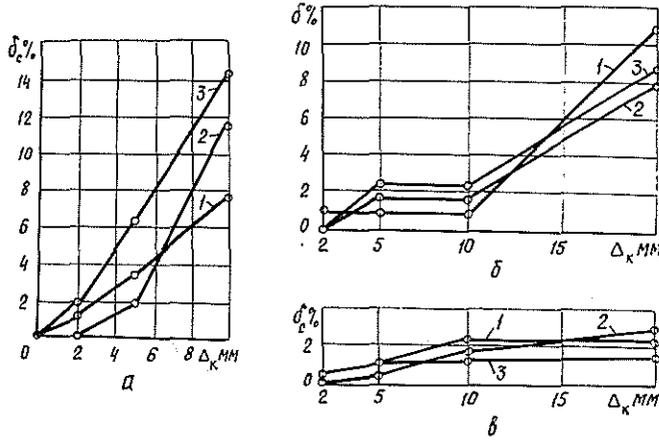
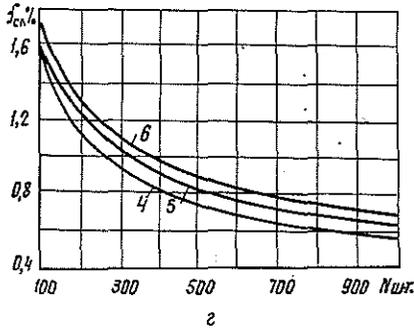


Рис. 2. Погрешности учета, обусловленные квантованием измеряемого диаметра и поправки.

*a* —  $\delta_c$  для мелких бревен; *b* —  $\delta_c$  для средних; *c* —  $\delta_c$  для крупных; 1 — ель; 2 — береза; 3 — осина; 4 —  $\delta_{сл}$  для мелких (4), средних (5) и крупных (6) бревен.



в диапазоне изменения толщины коры от  $0,1 t_2$  до  $t_2$

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}; \quad (7)$$

в диапазоне изменения толщины коры от  $1,1 t_2$  до  $2 t_2$

$$\Delta = \begin{vmatrix} 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ 1 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ 1 & 1 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ \cdot & \cdot \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 2 \end{vmatrix} \quad (8)$$

в диапазоне изменения толщины коры от  $2,1 t_2$  до  $3 t_2$

$$\Delta = \begin{vmatrix} 3 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 \\ 2 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 \\ 2 & 2 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 \\ \cdot & \cdot \\ 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 3 \end{vmatrix}. \quad (9)$$

Систематическую погрешность определения объемов лесоматериалов  $\delta_c$ , вызванную погрешностью квантования измеряемых диаметров и

Значение квантования диаметра и поправки, мм	Систематическая погрешность квантования диаметра и поправки для лесоматериалов длиной, м														
	2		3		4		5		6		6				
	Ель	Береза	Осина	Ель	Береза	Осина	Ель	Береза	Осина	Ель	Береза	Осина			
2	2,0	0	2,7	2,1	0	2,2	1,5	0	2,1	1,7	0	2,3	1,7	0	2,2
5	4,0	2,6	8,1	4,5	2,1	6,5	3,5	2,0	6,3	3,6	2,0	6,8	3,6	2,1	6,5
10	9,7	15,8	18,9	10,7	12,7	15,1	7,3	11,9	14,8	8,5	11,9	16,0	8,4	12,7	15,1
Мелкие лесоматериалы															
2	1,0	0	0	1,1	0	0	1,0	0	0	0,9	0	0	0,8	0	0
5	1,0	2,1	2,1	1,1	2,2	2,2	1,0	1,8	2,1	0,9	2,0	2,0	0,8	1,7	1,7
10	1,0	2,1	2,1	1,1	2,2	2,2	1,0	1,8	2,1	0,9	2,0	2,0	0,8	1,7	1,7
20	11,3	8,6	8,6	11,9	8,8	8,8	11,0	8,0	8,8	10,1	8,0	8,0	9,2	6,9	6,9
Лесоматериалы средней крупности															
2	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0,4	0,5	0	0,5	0,5	0	0,4	0,4	0	0,5
5	1,0	0,5	1,0	1,0	0,4	0,9	1,0	0,5	1,0	0,5	0,4	0,9	0,4	0,5	1,0
10	2,4	2,0	1,5	2,6	1,8	1,3	2,3	1,9	1,2	2,4	1,8	1,3	2,2	2,1	1,5
20	2,4	3,0	1,5	2,6	2,6	1,3	2,3	2,9	1,4	2,4	2,6	1,3	2,2	3,1	1,5
Крупные лесоматериалы															

поправок на кору, производили для бревен различных пород (ель, береза, осина) трех групп: мелкие — диаметром до 13 см, средние — 14—24 см, крупные — 26 см и более. Характеристики  $\delta_c$  для различных значений квантования  $\Delta_k$  и длин лесоматериалов  $L$  представлены в таблице.

Результаты аналитического исследования показали, что  $\delta_c$  незначительно изменяется для различных длин лесоматериалов в пределах данной группы крупности и породы. На рис. 2, а, б, в представлены графики систематической погрешности определения объемов лесоматериалов длиной 4 м в зависимости от значения квантования диаметра и поправки. Анализируя графики, можно заключить, что для измерения диаметров бревен с корой и обеспечения необходимой точности определения

объемов первичные преобразователи должны иметь величину квантования  $\Delta_k$  не более 2 мм (т. е.  $0,2 t_1$ ) в диапазоне диаметров до 13 см, и  $\Delta_k = 10$  мм ( $0,5 t_2$ ) в диапазоне 14 см и выше.

Оценим случайную погрешность определения объемов  $\delta_{сл}$ , обусловленную квантованием диаметра бревна с корой, при условии, что частные значения объемов бревен с корой имеют нормальное распределение. Метод определения  $\delta_{сл}$  основан на выражении максимальных относительных отклонений объемов бревен разных групп крупности через коэффициенты вариации. При известных коэффициентах вариации для различных партий учитываемых лесоматериалов можно определить предельные значения случайных погрешностей  $\delta_{сл}$  с доверительной вероятностью 0,95, для которой коэффициент надежности  $t_n = 2$ .

Максимальное относительное отклонение объемов отдельных бревен, соответствующее доверительной вероятности 0,95, определяли по формуле

$$\frac{\Delta V_i}{V_i} = 2\vartheta, \quad (10)$$

где  $\Delta V_i$  — абсолютное отклонение табличных объемов;  
 $V_i$  — табличный объем по ГОСТу 2708—75;  
 $\vartheta$  — коэффициент вариации.

Отсюда

$$\vartheta = \frac{\Delta V_i}{2V_i} \cdot 100 \%. \quad (11)$$

Для совокупности лесоматериалов из  $N$  бревен предельное значение случайной погрешности  $\delta_{сл}$  с доверительной вероятностью 0,95 выражается следующим образом:

$$\delta_{сл} = \frac{t_n \vartheta}{\sqrt{N}}. \quad (12)$$

На рис. 2, а приведены графики зависимостей максимальных случайных погрешностей от числа бревен в партии для лесоматериалов различной крупности. На основании полученных зависимостей можно оценить  $\delta_{сл}$ . Например, для минимального объема отдельно учитываемой партии 50 м<sup>3</sup>, равной одному железнодорожному вагону, при среднем объеме бревен 0,15 м<sup>3</sup> для сортиментов средней крупности значение  $\delta_{сл}$  не превышает 1 % с доверительной вероятностью 0,95.

Суммарную погрешность определения объема, обусловленную квантованием, находим по формуле [3]

$$\delta_{\Sigma} = \sqrt{1,21\delta_c^2 + \delta_{сл}^2}. \quad (13)$$

Принимая величину квантования первичного измерительного преобразователя  $\Delta_k = 2$  мм для мелких бревен и  $\Delta_k = 10$  мм для средних и крупных бревен и учитывая зависимости на рис. 2, в соответствии с формулой (13) находим предельные значения погрешностей: для мелких бревен  $\pm 2,28$  %; для средних  $\pm 2,56$  %; для крупных  $\pm 2,71$  %.

Оценка составляющих погрешности учета объемов лесоматериалов, обусловленных квантованием измеряемого диаметра и поправки, позволила установить, что систематические и случайные погрешности квантования соизмеримы по величине, причем систематические в два раза превышают случайные. Указанное обстоятельство удовлетворяет основно-

му требованию теории метрологии минимизировать в первую очередь систематические погрешности с целью приближения их к случайным составляющим.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. ГОСТ 9462—71. Лесоматериалы круглые лиственных пород. Размеры и технические требования: Взамен ГОСТ 9462—60. — Введ. 01.01.73. [2]. ГОСТ 9463—72. Лесоматериалы круглые хвойных пород: Взамен ГОСТ 9463—60. — Введ. 01.01.74; Срок действия до 01.01.79. [3]. Стародубец Б. Г. Основные вопросы метрологического обеспечения автоматизированной операции обмера и учета объемов круглых лесоматериалов. — В кн.: Комплексная механизация работ на нижних лесных складах: Тр. ЦНИИМЭ, 1978, с. 64—69.

Поступила 23 октября 1981 г.

УДК 630\*812.001.4

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОДУЛЕЙ СДВИГА ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ ИЗ ОПЫТОВ НА КРУЧЕНИЕ

С. Н. ЗИГЕЛЬБОИМ

Воронежский лесотехнический институт

Методика определения модулей сдвига анизотропных материалов основана на известном решении задачи теории упругости о чистом (нестесненном) кручении анизотропного стержня прямоугольного сечения [2]. Под чистым понимают кручение при таких условиях нагружения стержня, когда действующие усилия по торцам стержня приводятся только к скручивающим моментам, а поперечные сечения стержня свободно искривляются (депланируют) по всей длине образца.

Деформацию при чистом кручении прямоугольного ортотропного стержня определяем по формулам

$$\Theta = \frac{M_{кр}}{ab^3 \beta G_2}; \quad (1)$$

$$\beta = \frac{32d^2}{\pi^4} \sum_{m=1,3,\dots}^{\infty} \frac{1}{m^4} \left( 1 - \frac{2d}{m\pi} \operatorname{th} \frac{m\pi}{2d} \right), \quad (2)$$

где  $\Theta$  — угол закручивания на единицу длины стержня, рад/м;

$M_{кр}$  — крутящий момент, Н·м;

$a, b$  — ширина и толщина образца, м;

$G_2$  — модуль сдвига в плоскости ширины стержня, Н/м<sup>2</sup>;

$$d = \frac{a}{b} \sqrt{\frac{G_1}{G_2}}. \quad (3)$$

Здесь  $G_1$  — модуль сдвига в плоскости толщины стержня, Н<sup>2</sup>/м.

Определив в эксперименте величины  $M_{кр}$  и  $\Theta$ , на основании формул (1) и (2) получим зависимость, в которую входят оба искомых модуля сдвига. Подобные зависимости можно получить и для образцов, имеющих разные размеры. Рассматривая эти зависимости как систему уравнений с неизвестными  $G_1$  и  $G_2$ , можно определить искомые модули сдвига.

Однако аналитическое решение такой системы уравнений невозможно, поэтому мы использовали двухэтапный графический способ решения, сущность которого заключается в следующем.

На первом этапе решения на основании формулы (1) находим зависимость  $\beta_1(G_2)$ , затем по формуле (2) строим систему графиков  $\beta_2(d)$  при различных произвольно выбранных значениях  $G'_1, G''_1, \dots$  таким образом, чтобы эти кривые пересекались с кривой  $\beta_1(G_2)$ . Точки пересечения этих кривых служат основой для 2-го этапа графического решения, где находим зависимость  $G_1 = f(G_2)$ . Испытывая образцы различного сечения, получаем несколько подобных зависимостей, точки пересечения которых дают искомые значения  $G_1$  и  $G_2$ .

В силу изменчивости свойств материала и других случайных факторов получаем несколько точек пересечения кривых и соответственно несколько случайных значений  $G_1$  и  $G_2$ , которые можно обработать методами математической статистики.

Осуществить чистое кручение тонкого стержня практически невозможно. Необходимость закрепления концов образца в зажимах экспериментальной установки приводит к тому, что образец испытывают в условиях стесненного кручения, для которого вышеприведенные формулы могут быть использованы лишь приближенно. Для оценки пригодности этих формул воспользуемся известным решением задачи о стесненном кручении изотропного стержня [1].

Полный угол закручивания  $\varphi$  в условиях стесненного кручения (при двух закрепленных концах стержня) можно определить по приближенной формуле

$$\varphi \approx L\theta \left( 1 - \frac{2,28}{\omega} \cdot \frac{a}{L} \right), \quad (4)$$

где  $L$  — длина образца;

$\omega$  — коэффициент, зависящий от отношения  $a/b$  (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

$a/b$	1	2	4	8
$\omega$	11,22	3,86	2,56	2,45

В формуле (4) второй член в скобках представляет собой поправку, обусловленную стесненным кручением, и может служить мерой погрешности, возникающей в результате пренебрежения эффектом стеснения при кручении. Из этой формулы следует, что с увеличением ширины образца и уменьшением его длины эффект стесненного кручения возрастает. Расчеты показали, например, что для образца толщиной 4,5 мм и шириной 9 мм погрешность, вносимая стесненным кручением, составляет менее 1,0 % при  $L/a = 30$ . Пользуясь формулой (4), можно устанавливать размеры образцов (ширину и длину), обеспечивающие минимальную погрешность, обусловленную эффектом стеснения при кручении.

Для испытания образцов в виде прямоугольных стержней на кручение разработана установка, схема которой показана на рис. 1.

Корпус прибора состоит из основания 9, стойки 16 и кронштейна 14, который может устанавливаться на требуемую высоту. В основании имеются винты для регулирования прибора по уровню. В кронштейне вращается шпindel 10, на нижнем конце которого имеется зажим 6 для крепления испытуемого образца 7. Нижний конец образца фиксируется в вилке 8. На верхнем конце шпинделя закреплены шкив 12, стрелка 4 и зеркальце 11. Нагружение шпинделя осуществляется грузом 15, который

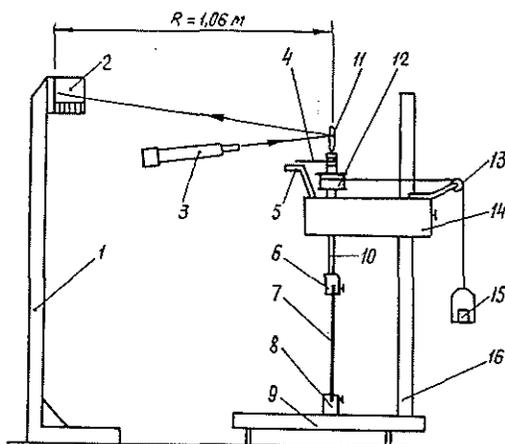


Рис. 1. Схема экспериментальной установки для определения модулей сдвига.

через блок 13 приводит шпиндель во вращение посредством нити, намотанной на шкив. На кронштейне установлен лимб 5, который служит для грубого измерения угла поворота шпинделя. От осветителя 3 свет направляется на зеркальце 11 и отражается на шкале 2 в виде дуги радиусом 1,06 м, на которой нанесены деления через 1 мм. Шкала установлена на стойке 1. По величине смещения светового зайчика можно определить точное значение угла поворота.

Крутящий момент  $M_{кр}$ , прикладываемый к образцу, определяли по формуле:

$$M_{кр} = (P - P_0) \left( r + \frac{d}{2} \right),$$

где  $P$  — вес груза;

$P_0$  — усилие, необходимое для преодоления трения подшипников шпинделя;

$r$  — радиус шкива;

$d$  — диаметр нити.

Специальными замерами установлено, что  $P_0 = 0,0206$  Н. Радиус шкива  $r = 22,5$  мм, диаметр нити  $d = 0,5$  мм. Угол закручивания определяли непосредственным отсчетом по шкале.

По описанной методике определены модули сдвига древесностружечных плит П-1Т (производства Апшеронского ПДО) и П2Т (производства Волгоградского ПМДО). Испытывали образцы толщиной 2,5—4 мм, вырезанные из наружных и внутренних слоев плит. Нагружение осуществляли ступенчато. По значениям нагрузки и смещения светового зайчика строили диаграммы  $M_{кр} - \varphi$ , по углу наклона  $\alpha$  которых находили применяемую в дальнейших расчетах величину:

$$M_{кр} / \Theta = L \operatorname{tg} \alpha.$$

В качестве примера на рис. 2 приведены результаты первого этапа построений для образца № 2, имеющего размеры  $243 \times 15,54 \times 3,076$  мм. Для этого образца  $M_{кр} / \Theta = 0,183$  Н·м<sup>2</sup>/рад. Кривая 1 соответствует уравнению (1), семейство кривых 2—10 при различных значениях  $G_1$  соответствует уравнению (2). Из наружных слоев плиты П-1Т испытано 17 образцов, из них 10 имели ширину 15,5 мм, 7—7 мм.

По точкам пересечения кривых 1 и 2—10 для каждого образца построены зависимости  $G_1 = f(G_2)$  (рис. 3). Круто падающие кривые

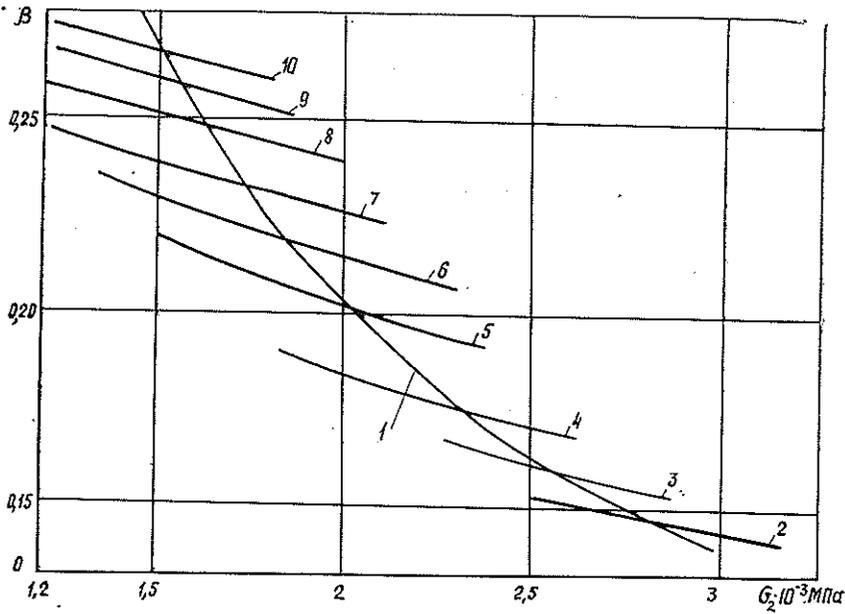


Рис. 2. Построение зависимостей  $\beta_1(G_2)$  (кривая 1) и  $\beta_2(d)$  (кривые 2—10) для испытанного образца № 2. Наружный слой плиты П-1Т.

2 —  $G = 112,5$  МПа; 3 — 125; 4 — 150; 5 — 200; 6 — 250; 7 — 300;  
8 — 400; 9 — 500; 10 — 600 МПа.

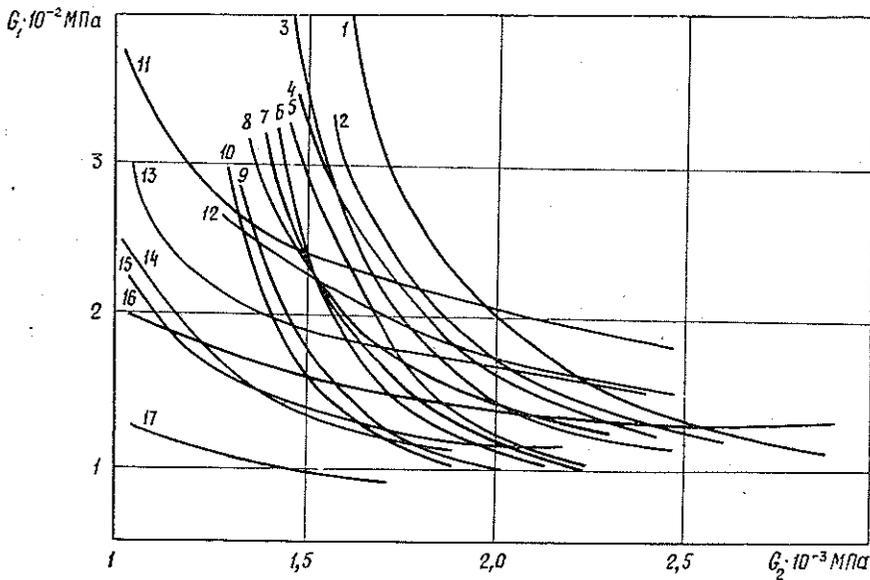


Рис. 3. Зависимости  $G_1 = f(G_2)$  для образцов плиты П-1Т (наружные слои).

1—10 соответствуют группе образцов шириной 15,5 мм, более пологие кривые 11—17 — группе образцов шириной 77,7 мм. Кривая 17 оказалась выпадающей, и в дальнейшем расчете ее не учитывали. Точки пе-

ресечений дали 55 значений  $G_1$  и  $G_2$ , которые были статистически обработаны.

В результате испытаний получены модули сдвига (табл. 2).

Таблица 2

Марка плиты	Модуль сдвига	Статистические показатели							
		для наружного слоя				для внутреннего слоя			
		$\bar{X}$ МПа	$n$ шт.	$\sigma$ МПа	$\rho$ %	$\bar{X}$ МПа	$n$ шт.	$\sigma$ МПа	$\rho$ %
П-1Т	$G_1$	180	16/55	47	3,5	37	13/53	9,2	3,4
	$G_2$	1750	16/55	280	2,2	550	13/53	95	2,4
П-2Т	$G_1$	44	17/52	7,8	2,5	25*	—	—	—
	$G_2$	810	17/52	287	4,9	460*	—	—	—

Примечание. В графе 4 числитель — число образцов; знаменатель — число точек взаимопересечений. Звездочкой обозначены ориентировочные данные.

Расчет погрешностей вычислений и графических построений при определении модуля сдвига (методику расчетов не приводим ввиду их громоздкости) показал, что значения  $G_1$  и  $G_2$  определены с двумя верными знаками.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Дрозд М. С. Стесненное кручение стержней прямоугольного поперечного сечения. — Науч. тр./ Волгogr. механ. ин-т, 1952, т. 1. [2]. Лехницкий С. Г. Теория упругости анизотропного тела. — 2-е изд. — М.: Наука, 1977. — 416 с.

Поступила 6 июля 1981 г.

УДК 674.09-791.8

### ВЛИЯНИЕ ВАРЬИРОВАНИЯ ТОЛЩИНЫ И ШИРИНЫ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ НА ДОСТОВЕРНОСТЬ ИХ МЕХАНИЧЕСКОЙ СОРТИРОВКИ ПО ПРОЧНОСТИ

В. В. ОГУРЦОВ

Сибирский технологический институт

С целью исследования зависимостей достоверности механической сортировки конструкционных пиломатериалов по прочности от уровней варьирования их толщины и ширины математическую модель достоверности [4] рассчитывали на ЭВМ М-4030 для 5 вариантов сочетаний параметров пиломатериалов и погрешностей их измерения (см. табл.). Вариант 1 соответствует среднему значению модуля упругости  $E_{cp} = 14$  ГПа, номинальному сечению пиломатериалов  $50 \times 150$  мм и ориентирован на реально максимальные погрешности. Вариант 2 отличается от 1-го только меньшим сечением пиломатериалов. Варианты 3 и 4 отличаются от 1-го значениями  $E_{cp}$ , соответственно равными 9 и 7 ГПа. Вариант 5 соответствует  $E_{cp} = 9$  ГПа, сечению пиломатериалов  $50 \times 150$  мм и ориентирован на реально минимальные погрешности. Для каждого из указанных вариантов расчеты производили при трех комбинациях средних квадратичных отклонений показателя прочности  $\sigma_x$  и модуля упругости  $\sigma_E$ , а также коэффициента корреляции  $r$  между  $E$  и  $X$ :

Параметр	Единицы измерения	Значение параметра для варианта				
		1	2	3	4	5
Сила упругости $P$	Н	3150	734	2030	1575	3150
		$\frac{30}{50}$	$\frac{7,3}{32}$	$\frac{20}{50}$	$\frac{16}{50}$	$\frac{10}{50}$
Толщина $H$	мм	50	32	50	50	50
		$\frac{0,7}{150}$	$\frac{0,7}{100}$	$\frac{0,7}{150}$	$\frac{0,7}{150}$	$\frac{0,3}{150}$
Ширина $B$	"	150	100	150	150	150
		$\frac{1,0}{20}$	$\frac{0,7}{20}$	$\frac{1,0}{20}$	$\frac{1,0}{20}$	$\frac{0,3}{20}$
Влажность	%	20	20	20	20	20
		$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{4}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{0,5}{3}$
Прогиб	мм	3	4	3	3	3
		$\frac{0,2}{1000}$	$\frac{0,2}{1000}$	$\frac{0,2}{1000}$	$\frac{0,2}{1000}$	$\frac{0,1}{1000}$
Пролет	"	1000	1000	1000	1000	1000
		$\frac{2}{2}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{2}{2}$

Примечание. В числителе — среднее арифметическое значение  $M$ ; в знаменателе — средняя квадратичная ошибка  $\sigma$ .

$$1) - \sigma_X = 7,2 \text{ МП}, \quad \sigma_E = 1,7 \text{ ГП}, \quad r = 0,9;$$

$$2) - \sigma_X = 7,2 \text{ МП}, \quad \sigma_E = 1,5 \text{ ГП}, \quad r = 0,9;$$

$$3) - \sigma_X = 8 \text{ МП}, \quad \sigma_E = 1,2 \text{ ГП}, \quad r = 0,8.$$

При выборе исходных данных мы стремились охватить всевозможные ситуации сортировки. Все исследования проводили для пиломатериалов первого сорта с градацией  $L_1 = M_X + 0,5\sigma_X$  ( $M_X$  — среднее арифметическое значение показателя прочности  $X$ ), так как этот сорт (среди сортов с оптимальными градациями [3]) наиболее чувствительный к погрешности измерения прочности [5].

Расчеты показали, что при всех рассмотренных сочетаниях  $\sigma_X$ ,  $\sigma_E$  и  $r$  характер искомых зависимостей практически одинаков. На рис. 1 и 3 приведены графики, соответствующие первой комбинации  $\sigma_X$ ,  $\sigma_E$  и  $r$ .

#### Влияние варьирования толщины

Из рис. 1 видно, что чувствительность достоверности сортировки  $D$  к среднему квадратичному отклонению толщины  $\sigma_H$  для 1, 3 и 4-го вариантов практически одинакова. Следовательно, результаты расчетов инварианты к числовым характеристикам показателей механических свойств и справедливы для пиломатериалов любой климатической зоны, а также для пиломатериалов, у которых числовые характеристики искусственно изменены предшествующими операциями (сортировкой, вырезкой слабых сечений, склеиванием и т. д.).

Величина  $\sigma_H$  оказывает большее влияние на  $D$  для 2-го варианта, чем для 1, 3 и 4-го. Следовательно, чувствительность  $D$  к  $\sigma_H$  возрастает с уменьшением толщины  $H$  пиломатериалов. Это объясняется тем, что с уменьшением  $H$  увеличивается относительное значение варьирования толщины  $\frac{\sigma_H}{H}$ . Высокая чувствительность  $D$  к  $\sigma_H$  для 5-го варианта указывает на то, что степень влияния варьирования одного параметра (в данном случае толщины) повышается, если понижаются уровни варьирования остальных. Следовательно, вопрос целесообразности вво-

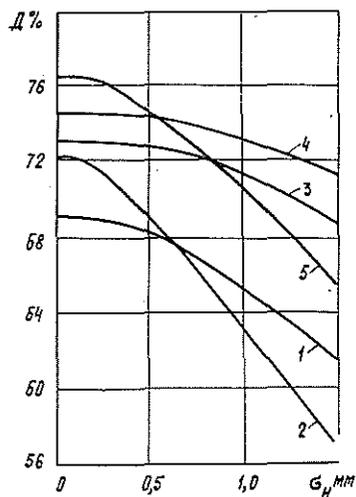


Рис. 1. Зависимость  $D$  от  $\sigma_H$ .  
(Здесь и на других рисунках номера кривых соответствуют номерам вариантов).

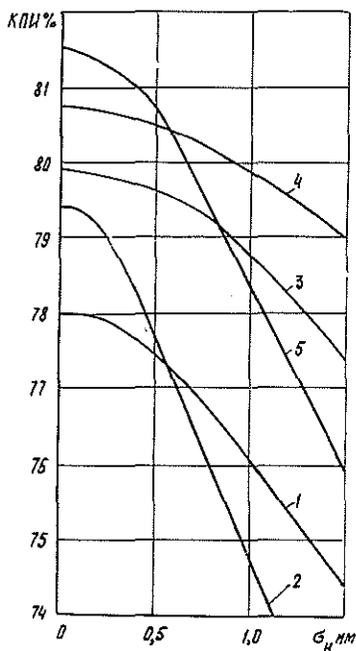


Рис. 2.

да автоматической коррекции по толщине следует рассматривать каждый раз, когда в результате тех или иных мероприятий резко повышается точность измерения прочности.

Полученные графики (рис. 1) позволяют оценить снижение достоверности сортировки, обусловленное разнотолщинностью.

В настоящее время на предприятиях с удовлетворительным состоянием пильного оборудования варьирование толщины  $\sigma_H$  удовлетворяет требованиям ГОСТа 8486—66 и для  $H = 50$  мм (кривые 1, 3, 4, 5) и  $H = 32$  мм (кривая 2) не превышает соответственно 0,67 и 0,33 мм. Ориентируясь на реально достижимые погрешности измерения, которые заложены в 1, 2, 3, 4-м вариантах, и используя графики на рис. 1, определяем, что снижение достоверности составляет 0,5—1,5 %. Для второго и третьего сортов как менее чувствительных к погрешностям измерения прочности [5] снижение достоверности меньше.

Следовательно, если разнотолщинность пиломатериалов удовлетворяет требованиям ГОСТа 8486—66, то введение автоматической коррекции по толщине (с учетом погрешности измерения толщины) позволит повысить достоверность сортировки не более чем на 1 %. Если разнотолщинность значительно превышает требования этого ГОСТа или если погрешности других мешающих параметров (см. табл.) сведены к минимуму (вариант 5), то повышение достоверности может достигать 3—4 %.

На рис. 2 приведены кривые зависимости коэффициента полезного использования (КПИ) конструкционных пиломатериалов от  $\sigma_H$ . Кривые получены в результате расчета математической модели КПИ на

ЭВМ М-4030 для данных, представленных в таблице. Они позволяют оценить экономическую эффективность использования автоматической коррекции по толщине.

Пример. Определим целесообразность введения коррекции по толщине при следующих исходных данных:

а) сортируем на три группы с градациями

$$L_1 = M_X + 0,5\sigma_X; \quad L_2 = M_X - 0,5\sigma_X; \quad L_3 = M_X - 1,5\sigma_X;$$

б) параметры пиломатериалов и погрешности их измерения соответствуют 1-му варианту данных (см. табл.); относительная погрешность измерения прочности  $\sigma_{изм}^X / \sigma_X = 0,77$  ( $\sigma_{изм}^X$  определяем по формулам, представленным в работе [2]);

в) производительность сортирующей установки составляет 25 тыс. м<sup>3</sup> в год;

г) средняя стоимость 1 м<sup>3</sup> рассортированных пиломатериалов — 40 р.;

д) введение автоматической коррекции по толщине повышает затраты на сортировку на 2500 р. в год.

Используя рис. 2 (см. рис. 2 в работе [5]), прогнозируем достоверность сортировки для более чувствительного к  $\sigma_{изм}^X$  первого сорта:  $D = 67,4$  %. Для обеспечения нормативной достоверности  $D = 95$  % возможны два варианта: снижение  $\sigma_{изм}^X$  путем введения автоматических коррекций и введение ужесточающих приемочных допусков [1].

По кривой 1 на рис. 2 определяем, что увеличение КПИ, обусловленное введением коррекции по толщине, составляет 1 %. Тогда годовая экономия составляет  $25\,000 \cdot 0,01 = 250$  м<sup>3</sup> пиломатериалов или  $250 \cdot 40 = 10\,000$  р. С учетом дополнительных затрат годовой экономический эффект достигает  $10\,000 - 2500 = 7500$  р. Следовательно, в рассмотренном примере использование автоматической коррекции по толщине экономически целесообразно.

Из кривой 1 на рис. 1 видно, что при исключении влияния варьирования толщины пиломатериалов ( $\sigma_H = 0,7$  мм) повышается достоверность сортировки от 67,4 до 69,2 %, т. е. введение коррекции по толщине не обеспечивает возрастание достоверности до нормативного уровня. Следовательно, необходимо исследовать эффективность дополнительных путей повышения  $D$ . При этом следует учитывать, что увеличение точности измерения прочности, вызванное теми или иными способами (введение коррекции по влажности, исключение влияния смятия древесины на вальцах и т. д.), повышает и эффективность использования коррекции по толщине пиломатериалов. Так, например, снижение варьирования мешающих параметров с уровнем 1-го варианта до уровня 5-го варианта (см. табл.) повышает прирост  $D$ , обусловленный введением коррекции по толщине, от 1,8 до 3,5 %, а прирост КПИ — от 1 до 1,6 % (кривые 5 на рис. 1 и 2). Если достижение нормативной достоверности путем повышения точности измерения прочности в данных условиях невозможно или неэффективно, то следует вводить приемочные допуски.

Используя рис. 1, сформулируем требования по точности к датчику толщины пиломатериалов. Кривые 1, 3, 4 и 5 показывают, что для пиломатериалов толщиной 50 мм изменение  $\sigma_H$  от нуля до 0,25 мм практически не снижает  $D$ . Для пиломатериалов толщиной 32 мм (кривая 2) пренебрежимо малой ошибкой можно считать  $\sigma_H = 0,16$  мм. Учитывая, что максимальная ошибка измерения равна трем средним квадратичным  $\sigma_H$ , и переходя к относительным единицам, определяем максимально допустимую (с позиций достоверности сортировки) относительную ошибку измерения толщины  $\delta_H = 1,5$  %. Отметим, что при современном состоянии измерения линейных размеров обеспечение  $\delta_H \leq 1,5$  % технически вполне достижимо. Поэтому в качестве нормативного можно предложить следующее требование: максимальная погрешность преобразователя толщины, используемого для автоматической коррекции, не должна превышать 1,5 %.

### Влияние варьирования ширины

На рис. 3 и 4 представлены графики зависимостей  $D$  и КПИ от среднего квадратичного отклонения ширины  $\sigma_B$ , которые показывают, что варьирование ширины пиломатериалов практически не оказывает влияния на  $D$  и КПИ. Отметим, что действие разноширинности не ощущается и в перспективном варианте 5, когда погрешности мешающих параметров сведены к минимуму. Следовательно, введение автоматической коррекции по ширине нецелесообразно.

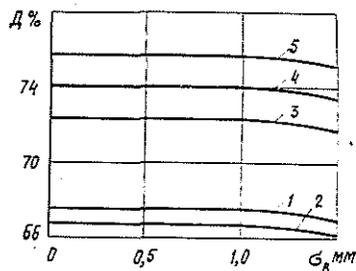


Рис. 3. Зависимость  $D$  от  $\sigma_B$ .

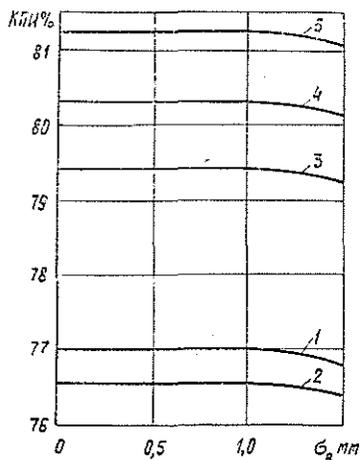


Рис. 4. Зависимость КПИ от  $\sigma_B$ .

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Огурцов В. В. Принципы определения допусков при автоматической сортировке пиломатериалов по механическим свойствам. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1980, № 1, с. 98—102. [2]. Огурцов В. В. Коэффициент полезного использования конструкционных пиломатериалов как критерий оптимизации процесса их сортировки по прочности. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1980, № 4, с. 97—102. [3]. Огурцов В. В. Определение оптимальных величин градаций при сортировке конструкционных пиломатериалов по прочности. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1980, № 5, с. 91—96. [4]. Огурцов В. В. Достоверность автоматической сортировки конструкционных пиломатериалов по прочности. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 3, с. 109—111. [5]. Огурцов В. В. Определение необходимой точности измерения прочности конструкционных пиломатериалов при их сортировке. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 6, с. 100—102.

Поступила 1 апреля 1981 г.

УДК 674.093.6.05

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ КОЛЕБАНИЙ ДИСКОВЫХ ПИЛ**

В. В. ДУНАЕВА, В. Ф. ДУНАЕВ

Архангельский лесотехнический институт, ЦНИИМОД

При эксплуатации станков, режущим инструментом в которых является дисковая пила, необходимо следить, чтобы рабочая частота ее вращения находилась вне зоны динамической неустойчивости. Зоны динамической неустойчивости расположены в окрестностях критических частот вращения пилы [4], которые можно определять расчетным путем и экспериментально.

Основные принципы экспериментальных методов определения критических частот вращения дисков приведены в работах В. Кэмпбелла [1] и А. В. Левина [2] и заключаются в следующем.

При колебаниях невращающегося диска, возбуждаемых неподвижным вибратором, по форме с  $m$  узловыми диаметрами деформацию в

любой точке диска  $y(r, \varphi, t)$  можно рассматривать как наложение двух одинаковых цепей из  $m$  волн:

$$y(r, \varphi, t) = X(r) \sin m\varphi \cos pt = \frac{1}{2} X(r) \sin m\left(\varphi - \frac{p}{m}t\right) + \frac{1}{2} X(r) \sin m\left(\varphi + \frac{p}{m}t\right), \quad (1)$$

где  $r, \varphi$  — полярные координаты точки на диске;  
 $t$  — время;

$X(r)$  — функция прогибов диска по радиусу;  
 $p$  — круговая частота колебаний диска.

Обе цепи волн распространяются по диску вокруг его оси в противоположных направлениях с угловой скоростью

$$\omega = \frac{p}{m} = \frac{2\pi f_m}{m}, \quad (2)$$

где  $f_m$  — частота собственных колебаний диска при  $m$  узловых диаметрах.

Обнаружить эти цепи волн порознь неподвижным датчиком колебаний невозможно.

При колебаниях вращающегося диска, возбуждаемых вибратором, вращающимся с той же угловой скоростью, что и диск, выполняется соотношение  $f_m^{\text{вп}} > f_m$  (где  $f_m^{\text{вп}}$  — частота колебаний вращающегося диска, регистрируемая датчиком, неподвижным относительно диска).

Каждая из цепей волн совершает  $f_m^{\text{вп}}/m$  об/с вокруг оси диска относительно диска, а относительно неподвижного наблюдателя вперед и назад бегущие цепи волн совершают соответственно  $n_1$  и  $n_2$  об/с

$$\begin{aligned} n_1 &= \frac{f_m^{\text{вп}}}{m} + n; \\ n_2 &= \frac{f_m^{\text{вп}}}{m} - n, \end{aligned} \quad (3)$$

где  $n$  — частота вращения диска, об/с.

Поэтому неподвижный датчик регистрирует две волны с частотами

$$\begin{aligned} f_m^{\text{в}} &= f_m^{\text{вп}} + mn; \\ f_m^{\text{н}} &= f_m^{\text{вп}} - mn, \end{aligned} \quad (4)$$

где  $f_m^{\text{в}}$  — частота вперед бегущей волны;  
 $f_m^{\text{н}}$  — частота назад бегущей волны.

Кроме того, известно, что частоту  $f_m^{\text{вп}}$  можно определить по следующей формуле:

$$f_m^{\text{вп}} = \sqrt{f_m^2 + B_m n^2}, \quad (5)$$

где  $B_m$  — коэффициент, учитывающий влияние центробежных сил при колебаниях с  $m$  узловыми диаметрами.

Частота вращения пилы, при которой  $f_m^{\text{н}} = 0$ , называется критической и обозначается  $n_m^{\text{кр}}$ . На основе зависимостей (4) и (5) имеем

$$n_m^{\text{кр}} = \frac{f_m}{\sqrt{m^2 - B_m}}. \quad (6)$$

Существенные отличия колебаний невращающегося диска от вращающегося состоят в том, что у невращающегося узловые диаметры неподвижны относительно диска, а у вращающегося — вращаются вокруг оси диска; у невращающегося точки любой окружности диска колеблются относительно неподвижного наблюдателя в одинаковой фазе в пределах одной полуволны, но с разной амплитудой, а у вращающегося — в разных фазах, но с одинаковой амплитудой.

Известно несколько экспериментальных методов исследования колебаний дисков [1—3]. Предлагаемый нами метод состоит в следующем. Задаем частоту вращения  $n$  пилы и форму ее колебаний, т. е. число узловых диаметров  $m$ . Измеряем частоту  $f_m^v$  или  $f_m^h$ , а также частоту  $f_m$  при  $n = 0$ . На основе зависимостей (4) — (6) рассчитываем частоту  $f_m^{vp}$ , коэффициент  $B_m$  и критическую частоту вращения пилы  $n_m^{кр}$ .

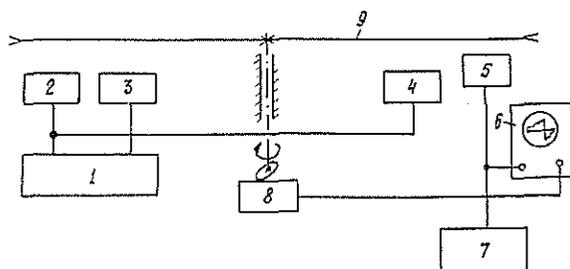


Рис. 1. Блок-схема экспериментальной установки с регулируемой частотой вращения вала для измерения частот собственных колебаний дисковых пил.

В экспериментальной установке (рис. 1) три акустических вибратора 2, 3, 4 обеспечивают синусоидальный сигнал возбуждения пилы и задают число узловых диаметров в форме ее колебаний. Для этого их устанавливают неподвижно в пространстве с одной стороны от пилы, закрепленной на валу привода или станка, против ее периферийной зоны под строго определенными углами друг к другу. При колебаниях пилы по второй форме угол между радиусами, проходящими через центры соседних вибраторов, выбирают равным  $90^\circ$  для  $m = 2$ ;  $60^\circ$  — для  $m = 3$ ;  $45^\circ$  — для  $m = 4$ ;  $36^\circ$  — для  $m = 5$ ;  $30^\circ$  — для  $m = 6$  и т. д. При  $m = 1$  (один узловой диаметр) достаточно использовать два диаметрально противоположных вибратора.

Питание среднего вибратора осуществляется от усилителя в противофазе с питанием двух других вибраторов. При таком расположении и питании вибраторов положение пучностей колебаний соответствует выбранной форме колебаний пилы.

Отклик дисковой пилы 9 на возбуждение воспринимается неподвижным датчиком колебаний 5, сигнал которого поступает на электронный осциллограф 6 и цифровой частотомер 7. С помощью датчика одного оборота 8 осуществляется синхронизация развертки изображения на экране осциллографа 6 с частотой вращения пилы 9; 1 — звуковой генератор.

Во время холостого вращения пилы с заданной частотой (некритической) на экране осциллографа просматривается изображение развертки профиля пилы за время одного ее оборота (на рис. 2 и 3 нижние кривые).

При возбуждении вращающейся пилы акустическими вибраторами в ней возникают вынужденные колебания. При совпадении частоты возбуждения с частотой  $f_m^h$  назад бегущей цепи волн заданной формы колебаний наблюдается явление резонанса. На экране осциллографа на изображение развертки профиля за один оборот накладываются колебания назад бегущей цепи волн (на рис. 2 верхняя кривая). По максимуму амплитуды этих колебаний или неподвижности их изображения

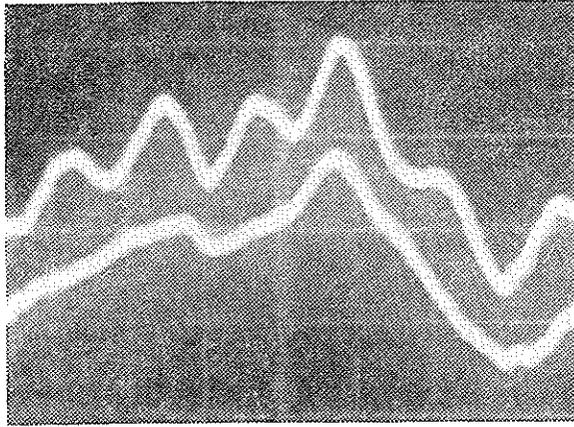


Рис. 2. Осциллограмма резонансной назад бегущей цепи волн за время одного оборота круглой конической пилы (диаметр пилы 710 мм; толщина в зоне зажимного фланца 4,4 мм; толщина в зоне зубьев 1,4 мм;  $m = 4$ ;  $n = 13$  об/с.).

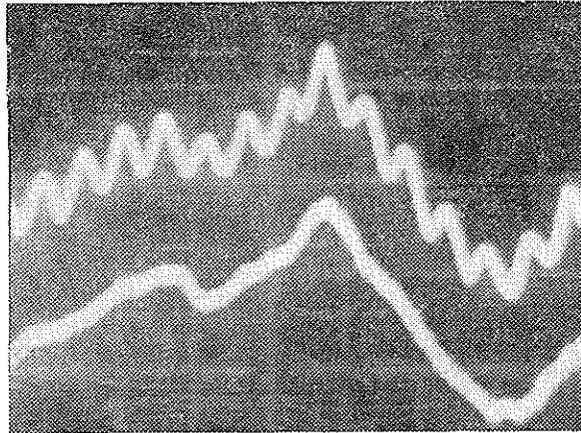


Рис. 3. Осциллограмма резонансной вперед бегущей цепи волн для тех же условий, что и на рис. 2.

устанавливается момент резонанса и замеряется частота  $f_m^H$  по частотомеру. Для условий, соответствующих рис. 2,  $f_m^H = 78$  Гц.

В целях контроля аналогично измеряли частоту  $f_m^B$  вперед бегущей цепи волн при более высокой частоте возбуждения пилы (на рис. 3 верхняя кривая; при этом  $f_m^B = 182$  Гц). Разность частот  $f_m^B$  и  $f_m^H$ , согласно формулам (4), равна  $2mn$ , а разность числа экстремумов одного знака на осциллограммах вперед и назад бегущих цепей волн за время одного оборота равна  $2m$ .

В приведенном примере

$$f_m^B - f_m^H = 104 \text{ Гц,}$$

что соответствует расчетному значению

$$2\pi n = 2 \cdot 4 \cdot 13 = 104 \text{ Гц,}$$

а разность числа экстремумов по осциллограммам равна  $14 - 6 = 8$ , что также совпадает с расчетом  $2 \cdot 4 = 8$ .

В предлагаемом методе наиболее трудоемкая часть эксперимента — определение числа узловых диаметров в форме колебаний пилы — устраняется: число  $m$  задают в начале эксперимента специальной расстановкой вибраторов. Следует отметить также однозначность частоты отклика пилы (благодаря синусоидальному возбуждению акустическими вибраторами, не содержащему гармоник), простоту обработки осциллограмм (подсчитывают только число периодов колебаний за время одного оборота пилы) и минимум расчетов. Длительность проведения эксперимента значительно сокращается: не требуется обработки осциллограмм.

В эксперименте использованы генератор низкой частоты типа ГЗ-18, акустические вибраторы — динамические головки прямого излучения типа 6ГД-6, датчик колебаний — телефонный капсюль ТОН-2, осциллограф — низкочастотный запоминающий осциллограф типа С8-1, частотомер — цифровой электронный частотомер ЧЗ-28, датчик одного оборота — бесконтактный концевой выключатель типа БК-А-О.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Кэмпбелл В. Аксальная вибрация дисков паровых турбин и меры защиты от нее. — М.—Л.: ОНТИ. 1937. [2]. Левин А. В. Рабочие лопатки и диски паровых турбин. — М.: Госэнергоиздат, 1953. — 624 с. [3]. Об экспериментальных методах определения критических оборотов тонких дисков / В. К. Пашков, В. Г. Водалев, Э. М. Туриков, А. И. Шевченко. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1973, № 6, с. 63—68. [4]. Юзефович Г. И. Построение областей динамической неустойчивости круглых пил. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1961, № 2, с. 112—121.

Поступила 2 июля 1981 г.

## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 674.87 : 66.061.4

**ИЗУЧЕНИЕ  
ПРОЦЕССА ЭКСТРАКЦИИ БИОАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ  
ДЕФЛЕГМАЦИОННЫМ МЕТОДОМ  
С ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫМ МЕХАНИЧЕСКИМ ОБЕЗВОЖИВАНИЕМ  
ДРЕВЕСНОЙ ЗЕЛЕНИ**

Л. А. МАЛЮТИНА, Е. В. УШКОВА, В. А. ВЫРОДОВ

Архангельский лесотехнический институт  
Ленинградская лесотехническая академия

Одно из направлений промышленного использования древесной зелени (ДЗ) основано на извлечении биоактивных веществ (БАВ) бензином дефлегмационным методом с получением хвойной хлорофилло-каротиновой пасты, хлорофиллина натрия, провитаминового концентрата, бальзамической пасты. При данной технологии переработки ДЗ используются только бензинорастворимые вещества, причем выход их в течение 3—5 ч экстракции не превышает 45—55 %. Ценные компоненты клеточного сока хвой теряются с отработанной ДЗ. Выведенные в экстракт в начальный период экстракции зеленые и желтые пигменты (хлорофилл и каротин) в результате длительного воздействия высокой температуры претерпевают значительные изменения и разрушаются [1]. Существующий процесс экстракции необходимо совершенствовать, сокращая длительность экстракции с увеличением выхода БАВ, улучшая качество получаемых продуктов и более рационально используя ДЗ.

В производственных условиях экстракции подвергаются свежезаготовленную измельченную ДЗ с массовым содержанием влаги 45—70 %. Влага препятствует проникновению гидрофобного растворителя во внутренние полости хвои, что затрудняет извлечение экстрактивных веществ. Установлено [2], что в значительной степени отрицательное влияние влаги проявляется в пределах от 70 до 25—30 %. Для повышения эффективности извлечения биоактивных веществ неполярным растворителем влагу из экстрагируемой древесной зелени необходимо удалять.

Существуют различные способы обезвоживания растительного материала, в том числе и механическое отжатие жидкости, широко применяемое в различных отраслях промышленности [4].

При механическом отжиме влага удаляется с поверхности материала, из капилляров, межклеточных пространств, вакуолей, протоплазмы. При этом происходит умерщвление протоплазмы, являющейся полупроницаемой перегородкой, и клеточная стенка приобретает свойства пористой перегородки [3]. Степень отжатия жидкости при прессовании материала зависит от клеточной проницаемости исходного сырья, содержания жидкой фазы в нем, степени повреждения протоплазмы при предварительной обработке, от давления и продолжительности прессования [4].

Рядом авторов [5] исследована возможность отжима жидкой фазы из древесной зелени с получением клеточного хвойного сока. Выход клеточного сока в зависимости от предварительной обработки ДЗ и ее исходной влажности составлял 10—40 % от массы прессуемого мате-

риала. Отжим клеточного сока из ДЗ промышленного измельчения и последующая экстракция отжатой ДЗ не изучены.

Нами исследовано влияние измельченности и исходной влажности ДЗ на степень отжима жидкой фазы, исследован процесс извлечения БАВ из ДЗ, подвергнутой механическому обезвоживанию.

Использовали свежезаготовленную техническую древесную зелень сосны и ели влажностью 44—59 %, измельченную до фракций 3—5, 2—3, 1—2 мм на измельчителе «Волгарь-5» в производственных условиях Стрелковского цеха лесобioхимических продуктов Смилтенского леспромхоза Латвийской ССР. Жидкую фазу из этой ДЗ, загруженной в специальную пресс-форму, отжимали на гидравлическом прессе при постепенном повышении давления прессования до  $740 \cdot 10^4$  Па.

Данные о степени влияния измельченности и влажности ДЗ на выход жидкой фазы представлены в таблице.

Серия опытов	Фракция древесной зелени, мм	Исходная влажность ДЗ, % к навеске	Степень отжима жидкой фазы, %		Влажность ДЗ после отжима, % к навеске
			от массы ДЗ	от исходного содержания влаги	
Сосновая ДЗ					
1	3—5	57,7	32,0	55,5	36,5
1	2—3	57,2	32,2	54,2	36,7
1	1—2	56,8	28,8	51,8	38,4
Еловая ДЗ					
2	3—5	58,9	37,7	63,7	34,0
2	2—3	57,7	35,3	61,1	34,5
2	1—2	56,1	28,9	51,7	38,2
Еловая ДЗ					
3	3—5	45,6	21,9	44,5	30,8
3	2—3	45,1	19,9	43,6	31,7
3	1—2	44,5	12,6	29,8	34,1

Отжатая жидкость представляет собой натуральный хвойный клеточный сок, содержащий ценные компоненты: витамины С и Р, сахара, органические кислоты, микроэлементы; ее можно использовать в пищевой промышленности и сельском хозяйстве [5].

Выход клеточного сока составляет 30—38 % от массы прессуемого материала с влажностью 56—59 % и 18—22 % — с влажностью 44—46 %. В процессе отжима влажность ДЗ понижается с 44—59 % до 30—38 %. Максимальный выход клеточного сока наблюдается для фракции ДЗ 3—5 мм. С повышением степени измельчения и уменьшением исходной влажности ДЗ выход клеточного сока снижается.

После отжима жидкой фазы древесную зелень с показателями, представленными в таблице, экстрагировали бензином дефлегмационно-оросительным методом в течение 2,5 ч. Для сравнения проводили контрольные экстракции ДЗ, не подвергнутой предварительному механическому обезвоживанию. Экстракт анализировали на содержание суммы бензинорастворимых веществ, зеленых и желтых пигментов.

На рис. 1 представлено изменение относительной концентрации суммы биоактивных веществ  $M_i/M_0$ , зеленых и желтых пигментов в древесной зелени сосны с течением процесса экстракции.

Основная масса БАВ из ДЗ, подвергнутой предварительному механическому отжиму, до 80—90 % от всех извлеченных за 2,5 ч экстракции, извлекается в первые 15—30 мин процесса путем растворения и

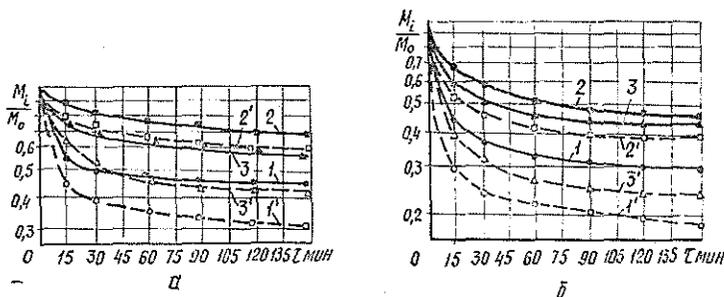
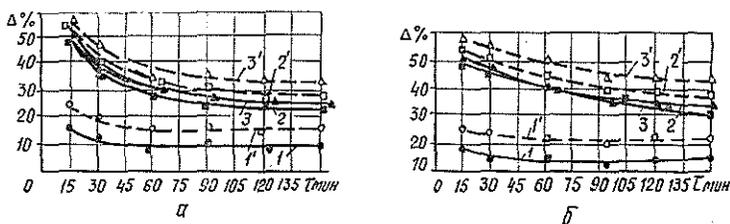


Рис. 1.

а — фракция 3—5 мм; б — 1—2 мм; 1, 1' — сумма БАВ; 2, 2' — зеленые пигменты; 3, 3' — желтые пигменты; 1, 2, 3 — контрольные опыты; 1', 2', 3' — экстракция предварительно обезвоженной ДЗ.

смыва с поверхности экстрагируемого материала, причем сырье истощается в гораздо большей степени, чем за это же время в контрольных опытах. В течение 60—90 мин (в зависимости от исходной влажности и измельченности древесной зелени) процесс извлечения, в основном, заканчивается: извлекается до 93—97 % веществ от всех извлеченных, при этом во всех случаях значительно повышается выход суммы биоактивных веществ, зеленых и желтых пигментов.

С возрастанием измельченности ДЗ возрастает доля веществ, извлекаемых в первый период экстракции путем растворения и смыва биоактивных веществ, находящихся на поверхности экстрагируемого материала и в легко доступных для растворителя местах. Скорость процесса извлечения из обезвоженной древесной зелени в первые 15 мин процесса в 1,5—2,2 раза выше, чем в контрольных опытах; с течением времени она уменьшается, причем очень резко в случае обезвоженной ДЗ. Через 60—90 мин скорость процесса становится в 1,5—2,5 раза ниже, чем в контрольных опытах.

Рис. 2. Изменение эффективности ( $\Delta$ , %) извлечения БАВ из ДЗ сосны.

а — фракция 1—2 мм; б — 3—5 мм; 1, 1' — сумма БАВ; 2, 2' — зеленые пигменты; 3, 3' — желтые пигменты. Способы обезвоживания: 1', 2', 3' — отжим влаги; 1, 2, 3 — подсушивание.

Максимальная эффективность предварительного механического отжима влаги (относительное повышение выхода БАВ по сравнению с контролем  $\Delta$ , %) наблюдается в начале процесса экстракции (рис. 2, 3). В первые 15 мин в случае ДЗ сосны (рис. 2) различных фракций с исходной влажностью 57—59 % эффективность составляет для суммы БАВ 24—26 %, для зеленых пигментов — 56—61 %, для желтых пигментов — 57—62 %; в случае ДЗ ели (рис. 3) с исходной влажностью

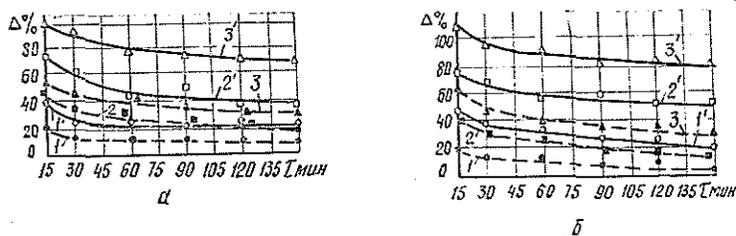


Рис. 3. Изменение эффективности ( $\Delta$ , %) извлечения БАВ из ДЗ ели.

а — фракция 1—2 мм; б — 3—5 мм; 1, 1' — сумма БАВ; 2, 2' — зеленые пигменты; 3, 3' — желтые пигменты. Исходная влажность ДЗ: 1', 2', 3' — 56—58%; 1, 2, 3 — 44—46%.

56—59 % эффективность составляет для суммы БАВ 32—61 %, для зеленых пигментов — 70—93 %, для желтых пигментов — 98—132 %, а с исходной влажностью 44—46 % — соответственно 19—37, 36—59, 49—81 %. По мере течения процесса через 2,5 ч экстракции эффективность уменьшается в 1,2—1,7 раза. В наибольшей степени влияние механического обезвоживания проявляется для фракции 3—5 мм. С повышением степени измельчения и понижением исходной влажности эффективность обезвоживания уменьшается. Во всех случаях эффект предварительного обезвоживания в большей степени проявляется при извлечении пигментов, вследствие чего конечный продукт в 1,8—2,6 раза обогащается зелеными и желтыми пигментами.

Экстрагирование ДЗ сосны, механически обезвоженной до влажности 35—38 % и подсушенной нагретым теплоносителем до такой же влажности, показало, что в первом случае выход БАВ на 6—8 % выше (рис. 2). Исходя из вышеприведенных результатов можно полагать, что для ДЗ ели эта величина будет значительно больше, особенно для фракции 3—5 мм. При механическом обезвоживании происходит дополнительное нарушение клеточной структуры древесной зелени в процессе прессования и возможно выдавливание БАВ из внутренних полостей к поверхности экстрагируемого материала, что интенсифицирует последующий процесс извлечения БАВ.

Проведенные исследования показали, что механический отжим жидкой фазы дает возможность более полно использовать биоактивные компоненты древесной зелени, позволяя за 1,5—2,0 ч экстракции (вместо 3—5 ч) увеличить выход БАВ с 45—55 до 80 %, повысить эффективность использования экстрактора на 15—20 %, уменьшить потери пигментов и получить дополнительный продукт — хвойный клеточный сок.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Малютин Л. А., Выродов В. А. Термостойкость биологически активных веществ в процессе экстракции древесной зелени. — Реф. информ., 1977, № 3, с. 11—12 (Лесохимия и подсочка). [2]. Малютин Л. А., Выродов В. А. Влияние влаги на извлечение биологически активных веществ из древесной зелени. — Межвуз, сб. науч. тр. Химическая и механическая переработка древесины и древесных отходов, 1979, вып. 5, с. 96—98. [3]. Муравьев И. А. Технология лекарств. — М.: Медицина, 1971. — 263 с. [4]. Стабников В. Н. Процессы и аппараты пищевых производств. — М.: Пищевая пром-сть, 1976. — 663 с. [5]. Трушевская А. М., Томчук Р. И. Получение хвойного сока при комплексной переработке лесосечных отходов. — Лесохоз. информ., 1973, № 17, с. 19—21.

Поступила 8 июля 1981 г.

УДК 676.1.022.168

## ВЛИЯНИЕ СОСТАВА СЕРНИСТЫХ СОЕДИНЕНИЙ БЕЛОГО ЩЕЛОКА НА ВЫХОД И СВОЙСТВА СУЛЬФАТНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Ю. А. МАЛКОВ, ПАПА ДИАНЬ

Ленинградская лесотехническая академия

Успех промышленного применения полисульфидной варки целлюлозы в значительной степени зависит от способа приготовления полисульфидного раствора. Все известные способы получения полисульфидных растворов путем окисления сульфидной серы в той или иной степени приводят к образованию ионов тиосульфата в щелоке, так что в полисульфидном варочном растворе сера находится, в основном, в трех валентных состояниях:  $S^{-2}$ ,  $S_x^{-2}$  и  $S_2O_3^{-2}$ . Соотношение между ними зависит от глубины и селективности реакции окисления сульфидной серы и, в свою очередь, должно определять результаты варки целлюлозы [1]. Известно также, что концентрация сульфидной серы в белом щелоке определяет количество образующихся летучих серосодержащих соединений [2].

В настоящей работе предпринята попытка получить количественные зависимости свойств целлюлоз от состава сернистых соединений варочного раствора (соотношения в нем сульфидной и полисульфидной серы и серы в ионах тиосульфата). С этой целью реализован план Шеффе ( $q = 3$ ,  $d = 3$ ), в котором переменными факторами были массовые доли серы в различном валентном состоянии в белом щелоке, взятом для варки.

Для опытов использовали древесину сосны сибирской, содержащую в среднем 25,7 % лигнина, 50,5 % целлюлозы, 7,1 % пентозанов и 2,6 % веществ, экстрагируемых водой. Температурно-временной график сравнительных варок: подъем до конечной температуры 170 °С в течение 120 мин; варку при температуре  $170 \pm 1$  °С проводили до достижения значения Н-фактора, равного во всех опытах 1000. Сравнительные варки проводили в батарейных автоклавах объемом 300 мл, в которые загружали по 60 г абс. сухой щепы. Дистиллированную воду и растворы сульфида натрия, полисульфидов, тиосульфата и гидроксида натрия с известной концентрацией серы и активной щелочи в них заливали в автоклавы из бюреток в соответствии с расчетным количеством.

В качестве исходных данных для расчета количества реагентов, подаваемых на варку в каждом опыте, приняты следующие:

расход активной щелочи — 18 % к массе абс. сухой древесины, или 10,8 г в ед.  $Na_2O$ ;

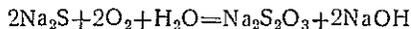
сульфидность исходного белого щелока (опыт 1 в табл.) — 35 %;

в белом щелоке в результате окислительно-восстановительных реакций всегда присутствуют ионы тиосульфата (до 3,0 г/л в ед. серы по нашим данным), поэтому в опытах 1, 2, 4, 5 принят минимальный расход серы в виде ионов тиосульфата, равный 0,315 г;

минимальный расход сульфидной серы в опытах, равный 0,497 г (см. табл.), определен, исходя из соотношения сульфидной и полисульфидной серы в полисульфидном растворе 1 : 3.

Следовательно, количество варьируемой серы в опытах составило 1,458 г, или 2,43 % к массе абс. сухой древесины, тогда как общий расход серы на варку в каждом опыте составлял 2,27 г, или 3,78 % к массе абс. сухой древесины. Остальные исходные данные для реализации плана Шеффе третьего порядка приведены в таблице.

В опытах 3, 6, 7, 8, 9, 10 расход щелочи на варку, равный 10,8 г в ед.  $Na_2O$ , нами завышен по следующей причине. При окислении сульфидной серы до тиосульфата по схеме



№ п/п	Состав сернистых соединений белого щелока, частей от общего расхода серы на варку				Расход серы в различном валентном состоянии на варку, г			Результаты варки целлюлозы					
	$S^{-2}$ $x_1$	$S_x^{-2}$ $x_2$	$S_2O_3^{-2}$ $x_3$	0	$S^{-2}$ $x_1$	$S_x^{-2}$ $x_2$	$S_2O_3^{-2}$ $x_3$	Выход $u_1$ , %	Степень делити- фикации $u_2$ , ед. Каппа	Разрыв- ная длина $u_3$ , км	Сопротивление		
											продавли- ванию $u_4$ , КПа	раздир- анию $u_5$ , Н	излому $u_6$ , ч. д.в. пер.
1	1	0	0	0	1,955	—	0,315	49,4	41,8	7,5	393	1,3	540
2	0	1	0	0	0,497	1,458	0,315	51,4	38,3	7,9	456	1,2	410
3	0	0	1	1	0,497	—	1,773	53,9	71,5	7,4	370	1,0	3580
4	2/3	1/3	0	0	1,47	0,485	0,315	49,55	40,4	8,1	433	1,3	6640
5	1/3	2/3	0	0	0,983	0,972	0,315	50,6	39,8	7,85	381	1,2	5360
6	2/3	0	1/3	1/3	1,47	—	0,8	48,6	38,4	7,7	403	1,2	3200
7	1/3	0	2/3	2/3	0,983	—	1,287	49,75	46,9	7,5	386	1,1	3890
8	0	2/3	1/3	1/3	0,497	0,973	0,8	52,7	40,7	7,6	374	1,2	4160
9	0	1/3	2/3	2/3	0,497	0,485	1,287	51,2	49,8	6,9	350	1,1	4390
10	1/3	1/3	1/3	1/3	0,983	0,485	0,8	50,9	44,7	7,8	408	1,2	3890
11	1/2	0	1/2	0	1,226	—	1,044	48,7	44,1	7,6	410	1,1	5000

на один моль окисленной серы в растворе концентрация активной щелочи должна снижаться на 31 г в ед.  $Na_2O$ . Поэтому, например, в опыте 3 (см. табл.), где моделируются условия варки целлюлозы с полностью окисленным белым щелоком (вся сульфидная сера окислена до тиосульфата), расход активной щелочи на варку должен составлять 9,3 г, или 87 % от принятого, а в опытах 6, 8, 10 и 7, 9 — соответственно 95,7 и 91,3 % от принятого нами.

Варки повторяли дважды с рандомизацией во времени. Полученные результаты оценивали шестью показателями. Физико-механические испытания отливок целлюлоз (60 °ШР, 75 г/м<sup>2</sup>) проводили по общепринятым методикам.

Исследуемые зависимости свойств целлюлозы от состава сернистых соединений белого щелока аппроксимированы полиномами третьей степени (уравнения (1)–(6)). В соответствии с работой [3] определена ошибка воспроизводимости единичного измерения, доверительный интервал для  $y_i$  при уровне значимости  $\alpha = 0,05$ , проведена адекватность уравнений с помощью  $t$ -статистики по экспериментальным данным в двух опытах II ( $x_1 = 0,5$ ;  $x_2 = 0,0$ ;  $x_3 = 0,5$ ).

$$y_1 = 49,4x_1 + 51,4x_2 + 53,9x_3 - 1,46x_1x_2 - 11,14x_1x_3 - \\ - 3,15x_2x_3 - 2,59x_1x_2(x_1 - x_2) + 2,36x_1x_3(x_1 - x_3) + \\ + 15,75x_2x_3(x_2 - x_3) + 29,25x_1x_2x_3; \quad (1)$$

$$y_2 = 41,8x_1 + 38,3x_2 + 71,5x_3 + 0,225x_1x_2 - 55,575x_1x_3 - \\ - 43,425x_2x_3 - 3,825x_1x_2(x_1 - x_2) + 42,525x_1x_3(x_1 - x_3) + \\ + 60,5x_2x_3(x_2 - x_3) + 145,579x_1x_2x_3; \quad (2)$$

$$y_3 = 7,5x_1 + 7,9x_2 + 7,4x_3 + 1,24x_1x_2 + 0,675x_1x_3 - 1,8x_2x_3 + \\ + 2,59x_1x_2(x_1 - x_2) + 2,475x_1x_3(x_1 - x_3) + \\ + 3,6x_2x_3(x_2 - x_3) + 5,06x_1x_2x_3; \quad (3)$$

$$y_4 = 39,3x_1 + 45,6x_2 + 37,0x_3 - 7,875x_1x_2 + 5,85x_1x_3 - \\ - 22,95x_2x_3 + 49,275x_1x_2(x_1 - x_2) + 6,3x_1x_3(x_1 - x_3) - \\ - 3,15x_2x_3(x_2 - x_3) + 79,425x_1x_2x_3; \quad (4)$$

$$y_5 = 1,3x_1 + 1,2x_2 + 1,0x_3 + 0,225x_2x_3 + 0,45x_1x_2(x_1 - x_2) + \\ + 0,225x_2x_3(x_2 - x_3) - 3,825x_1x_2x_3; \quad (5)$$

$$y_6 = 5,45x_1 + 4,12x_2 + 3,58x_3 + 5,47x_1x_2 - 4,16x_1x_3 + 1,91x_2x_3 + \\ + 5,65x_1x_2(x_1 - x_2) - 8,26x_1x_3(x_1 - x_3) - \\ - 2,77x_2x_3(x_2 - x_3) - 22,975x_1x_2x_3. \quad (6)$$

На рис. 1–6 графически представлены полученные зависимости свойств целлюлозы от состава сернистых соединений варочного раствора в виде изолиний в треугольных диаграммах состав — свойство. Аналитически координаты точек, принадлежащих изолиниям, вычисляли на ЭВМ «Найри-2».

Как видно из рис. 1, наблюдаются два максимальных выхода целлюлозы. Первый достигается при  $x_1 = 0$  и  $x_2 = 0,9$ , т. е. когда состав раствора соответствует крепкому полисульфидному щелоку: сульфидная сера окислена на 90 % до полисульфидов. Второй максимум выхода наблюдается при  $x_3 = 1,0$ , т. е. когда сульфидная сера окислена на 100 % до тиосульфата. Однако в последнем случае увеличение выхода целлюлозы обусловлено, в основном, более высоким содержанием лигнина в целлюлозе, что видно из рис. 2.

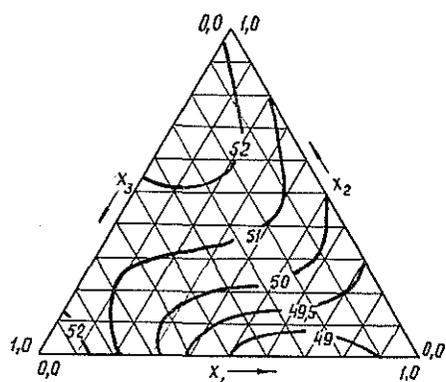


Рис. 1. Зависимость выхода целлюлозы, %, от состава сернистых соединений варочного раствора.

$$x_1 - S^{-2}; x_2 - S_x^{-2}; x_3 - S_2O_3^{-2}.$$

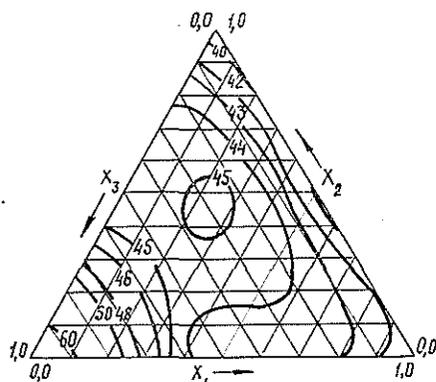


Рис. 2. Зависимость степени делигнификации целлюлозы, ед. Каппа, от состава сернистых соединений варочного раствора.

$$x_1 - S^{-2}; x_2 - S_x^{-2}; x_3 - S_2O_3^{-2}.$$

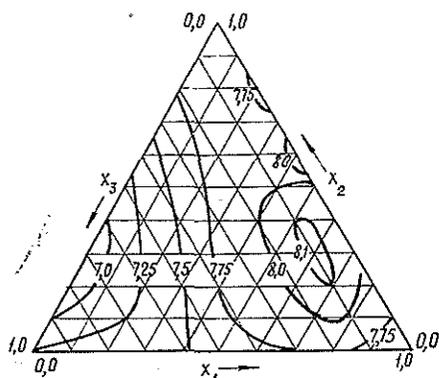


Рис. 3. Зависимость показателя разрывной длины, км, целлюлозы от состава сернистых соединений варочного раствора.

$$x_1 - S^{-2}; x_2 - S_x^{-2}; x_3 - S_2O_3^{-2}.$$

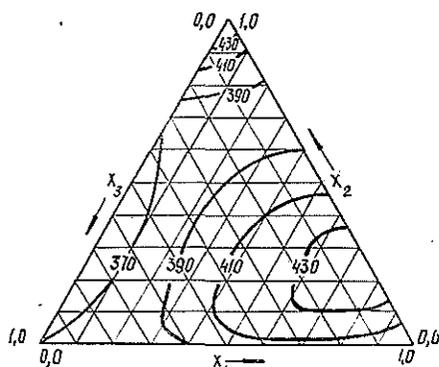


Рис. 4. Зависимость показателя сопротивления продавливанию, кПа, целлюлозы от состава сернистых соединений варочного раствора.

$$x_1 - S^{-2}; x_2 - S_x^{-2}; x_3 - S_2O_3^{-2}.$$

Полученные графические зависимости (рис. 3—6) позволяют заключить, что замена 50 % сульфидной серы на полисульфидную в исследованных пределах приводит также к увеличению показателя разрывной длины и сопротивления продавливанию; остальные прочностные показатели полученных целлюлоз остаются на уровне показателей сульфатной целлюлозы, т. е. при  $x_1 = 1,0$ . Замена сульфидной серы варочного щелока ионами тиосульфата приводит к снижению скорости делигнификации древесины при варке, особенно значительно в области изменения  $x_1$  от 0,5 до 0,0.

Прочностные показатели полученных целлюлоз — разрывная длина, сопротивление раздиранию, продавливанию и излому — снижаются на 5—20 % в зависимости от остаточного содержания сульфидной серы в варочном щелоке.

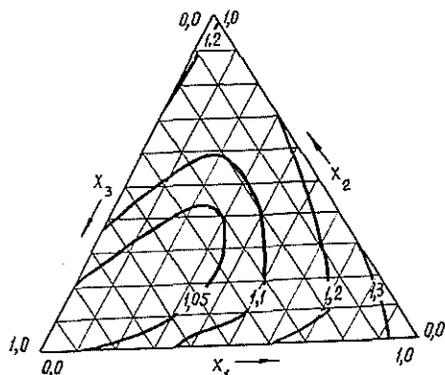


Рис. 5. Зависимость показателя сопротивления раздиранию,  $H$ , целлюлозы от состава сернистых соединений варочного раствора.

$$x_1 - S^{-2}; x_2 - S_x^{-2}; x_3 - S_2O_3^{-2}.$$

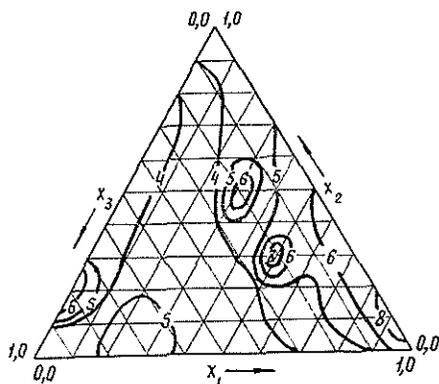


Рис. 6. Зависимость показателя сопротивления излому, тыс. дв. перегибов, целлюлозы от состава сернистых соединений варочного раствора.

$$x_1 - S^{-2}; x_2 - S_x^{-2}; x_3 - S_2O_3^{-2}.$$

Полученные зависимости свойств целлюлозы и ее выхода от содержания серы в различном валентном состоянии в варочном щелоке позволяют прогнозировать результаты варки целлюлозы с окисленным белым щелоком и определить оптимальные границы окисления сульфидной серы белого щелока при получении полисульфидного раствора. Применительно к древесине сосны сибирской для повышения выхода целлюлозы на 2,0 % при одинаковой степени делигнификации с сульфатной целлюлозой необходимо обеспечить глубину окисления сульфидов на 60 % с выходом полисульфидной серы по реакции окисления в пределах 60—70 %.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Зедгинидзе И. Г. Планирование эксперимента для исследования многокомпонентных систем. — М.: Наука, 1976. — 390 с. [2]. Получение полисульфидной целлюлозы и применение ее для производства тарного картона/ И. С. Иванова, А. Н. Александрович, В. В. Долинко и др. — В кн.: Совершенствование технологии целлюлозно-бумажного производства. М., 1975, с. 18—20. [3]. Kongo Rynichigo, Kondo Tamiо. Поведение серы в процессе сульфатной варки. — J. Jap. Wood Res. Soc., 1977, vol. 23, № 8, p. 388—399.

Поступила 14 октября 1981 г.

УДК 630\*813

### О ЛИГНИНОВЫХ ВЕЩЕСТВАХ ХВОИ СОСНЫ

Н. А. ВЕЛИЧКО, С. М. РЕПЯХ, Н. А. ЧУПРОВА

Сибирский технологический институт

В клеточных стенках почти всех наземных растений присутствуют лигнины в виде полимерных веществ. Лигнин содержится в древесных голосеменных и покрытосеменных растениях в количестве от 15 до 36 % [4], а также во всех других сосудистых растениях. Содержание лигнина в хвое ели 25,3—26,9, пихты 23,3—25,4 % [5].

В данной работе изучено изменение содержания лигниновых веществ в хвое сосны (*Pinus silvestris* L.) в зависимости от ее возраста. Выделяли и изучали также препараты диоксанлигнинов.

Пробы отбирали в учебно-опытном хозяйстве Сибирского технологического института. Хвою сосны предварительно экстрагировали водой и эфиром. Содержание лигниновых веществ определяли методом Класона в модификации Комарова [3], зольных веществ — по методике [3], азота — по методике [2], исследование препаратов диоксанлигнина — по методике [6].

Таблица 1

Возраст хвои, лет	Содержание в хвое веществ, % от абс. сухой навески,					
	экстрактивных			лигниновых		
	Водорастворимые	Эфирорастворимые	Сумма экстрактивных	Зольные	Протеин (азот × 6,25)	Лигнин Класона
1	17,15	8,32	25,47	0,75	18,31	24,48
2	19,15	8,64	27,79	0,75	17,25	22,17
3	18,58	10,78	29,36	0,75	11,81	20,54
4	19,35	11,43	30,78	0,68	12,24	20,14

Результаты эксперимента, представленные в табл. 1, показали, что в хвое происходит накопление экстрактивных веществ в зависимости от возраста. В хвое 1- и 2-го годов содержание этих веществ одинаково. С увеличением возраста хвои до 4 лет содержание эфирорастворимых веществ повышается в 1,3 раза.

В табл. 1 приведены также данные по содержанию зольных веществ, протеина (количество общего азота × 6,25), лигнина Класона и лигнинового вещества в хвое за вычетом зольных веществ и сырого протеина.

В литературе [1] имеются сведения по изучению функциональных групп лигнинов, выделенных из ядра, корки, луба, заболони, но данных о функциональных группах лигнинов, выделенных из хвои, мы не обнаружили. Для изучения качественных характеристик лигниновых веществ нами получены препараты диоксанлигнина хвои, как наиболее близкого к природному. Выход диоксанлигнина составляет 30—35 % от массы сернокислотного лигнина. Полученные препараты представляли порошкообразные аморфные вещества, окраска которых изменялась от светло-серой до темно-коричневой; самый светлый препарат — из хвои 4-го года жизни.

Таблица 2

Возраст хвои, лет	Содержание функциональных групп диоксанлигнинов хвои, % от абс. сухой навески				
	Общие —ОН	Фенольные —ОН	Алифатические —ОН	—СО	—ОСН <sub>3</sub>
1	3,43	3,32	0,11	0,61	1,85
2	2,71	2,32	0,41	1,00	
3	2,96	2,67	0,29	0,77	
4	2,87	2,29	0,71	0,64	

В препаратах диоксанлигнина определяли содержание функциональных групп (табл. 2). Количество общих гидроксильных групп в диоксанлигнине, полученном из хвои 1-го года, наибольшее — 3,43 %, затем оно уменьшается и остается почти одинаковым в хвое 3- и 4-го годов. В диоксанлигнине, полученном из хвои 1-го года, содержится наибольшее количество фенольных гидроксильных групп — 3,32 %. По разности

между содержанием общих и фенольных гидроксильных групп определено количество алифатических гидроксильных групп в диоксанлигнине хвои сосны. В гидроксильных группах диоксанлигнинов хвои сосны содержится только 10 % алифатических групп, остальные — фенольные.

Из приведенных в табл. 2 данных видно, что в диоксанлигнинах хвои, отобранной по годам, различия средних значений содержания карбонильных групп незначительны. Следовательно, содержание карбонильных групп не зависит от возраста хвои.

Для определения молекулярной массы, степени полидисперсности и молекулярно-массового распределения препаратов диоксанлигнинов применяли гель-хроматографию. Хроматографию проводили на стеклянной колонке, заполненной сефадексом G-75. В качестве элюента использовали диметилсульфоксид. В процессе хроматографирования отбирали пробы и определяли их оптическую плотность на СФ-14. На основании полученных данных строили дифференциальные и интегральные кривые распределения. По полученным кривым подсчитывали среднемассные и среднечисловые молекулярные массы и степень полидисперсности (табл. 3).

Таблица 3

Возраст хвои, лет	Среднемассная молекулярная масса $\bar{M}_w$	Среднечисловая молекулярная масса $\bar{M}_n$	Степень полидисперсности $n$
1	10 900	8900	1,2
2	6600	2420	2,7
3	3280	2740	1,2
4	10 500	5300	1,9

Молекулярная масса и степень полидисперсности диоксанлигнинов сильно зависят от возраста хвои. У диоксанлигнина, полученного из хвои 1-го года, наибольшая среднемассная и среднечисловая молекулярные массы и наименьшая степень полидисперсности.

С увеличением возраста хвои до 3 лет среднемассная молекулярная масса снижается до 3280, а с увеличением возраста до 4 лет она возрастает примерно в три раза.

Таким образом, нами установлено, что содержание веществ лигниновой природы изменяется в зависимости от возраста хвои. В хвое 1-го года их содержание составляет 24,5 %, а к 4-му году постепенно уменьшается до 20,1 %. Молекулярная масса полученных препаратов диоксанлигнинов также зависит от возраста хвои. Диоксанлигнин, выделенный из хвои 1- и 4-го годов, имеет максимальное значение среднемассной молекулярной массы ( $\bar{M}_w = 10\,900$  и  $10\,500$ ,  $n = 1,2$ ), диоксанлигнин, выделенный из хвои 3-го года, имеет минимальную среднемассную молекулярную массу ( $\bar{M}_w = 3280$ ,  $n = 1,2$ ).

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. О лигнине древесины лиственницы сибирской/ В. В. Елкин, Н. Н. Шорыгина, А. Д. Алексеев, В. М. Резников. — В кн.: Химия древесины. Рига: Знание, 1974, № 14, с. 85—91. [2]. Плешков Б. П. Практикум по биохимии растений. — М.: Колос, 1976, с. 3—9. [3]. Практические работы по химии древесины и целлюлозы/ А. В. Оболенская, В. П. Шеголев, Г. Л. Аким и др. — М.: Лесн. пром-сть, 1965. — 411 с. [4]. Сарканиев К. В., Людвиг Л. Х. Лигнины. — М.: Лесн. пром-сть, 1975. — 629 с. [5]. Томчук Р. И., Томчук Г. Н. Древесная зелень и ее использование в народном хозяйстве. — М.: Лесн. пром-сть, 1973. — 240 с. [6]. Рерперг I. M., Braaylis, Adler E. — Journ. Chem., 1969, 37, p. 1241.

УДК 662.613.11

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗОЛЫ  
ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ***В. И. НАЙДЕНОВ, И. Ф. КОПЕРИН, В. Р. ПУРИМ*

ЦНИИМЭ, п/о «Лесэнерго»

Энергетическое использование древесных отходов, не пригодных для технологических целей, позволило бы сэкономить до 7—8 млн. т условного топлива, что явилось бы существенной добавкой к топливному балансу отдельных районов страны.

Эффективное сжигание этого топлива в котлоагрегатах определяется физико-химическими характеристиками его золы. Во многих случаях поведение шлакозольного остатка при высоких температурах оказывает решающее влияние на выбор способа сжигания и конструктивное его оформление. Несмотря на то, что в качестве топлива древесину применяют давно, физико-химические свойства минеральной части древесных отходов изучены недостаточно. Раньше для топлива использовали достаточно качественную древесину, не загрязненную внешними минеральными примесями (глина, песок и т. д.). Наличие этих примесей существенно увеличивает не только количество золы в древесных отходах, но и изменяет многие теплотехнические характеристики, например, температуру плавкости, температуру нормального шлакоудаления, вязкость шлакового расплава, абразивность и т. д.

Необходимо детально изучить теплотехнические свойства древесных отходов с целью разработки наиболее эффективных способов их сжигания.

В данной статье рассматриваются некоторые физико-химические свойства золы древесных отходов и прогнозируется ее роль в процессах горения в топочных устройствах.

Общая зольность древесных отходов — величина переменная, которая не поддается статистической обработке из-за влияния многих факторов; в отдельных случаях она может достигать 10 % на сухую массу, например, в лесосечных отходах. Более стабильна внутренняя зольность древесных отходов, которая представляет собой зольность собственно древесного вещества как продукта растительного происхождения. Количество золы сравнительно невелико и в расчете на сухую массу составляет в стволой древесине 0,3—1, коре 2—8, гнилой древесине 1—5 %. Зольность листьев и хвои изменяется в пределах 3—4 %, зольность корней дерева — в пределах 3—5 % [2]. Эта зола состоит из растворимых в воде соединений (поташ, сода) и нерастворимых веществ (углекислые, кремнекислые, фосфорнокислые соли кальция, магния, железа). Соотношение указанных компонентов зависит от вида древесной биомассы (кора, ствол, сучья, ветви, хвоя), условий местопроизрастания, породного состава.

Химический состав золы стволовой древесины (табл. 1) и сосновой хвои существенно различается [1, 3].

Химический состав золы двухлетней сосновой хвои характеризуется следующими показателями (в процентах к общей золе [3]):

K (40,13 %), Ca (12,12), Mg (6,99), Si (3,72),

Al (2,06), Fe (7,40), Na (1,30), P (1,01 %).

Таблица 1

Порода	Зольность А <sup>с</sup> , %	Химический состав золы, %						
		K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	MgO	CaO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>
Бук	0,55	16,36	3,6	10,9	56,4	5,4	1,80	5,54
Береза	0,26	11,5	7,7	7,7	57,7	7,7	3,85	3,85
Дуб	0,51	9,8	3,9	3,9	72,5	5,8	2,00	2,1

Из приведенных данных видно, что в древесной золе, которую называем внутренней, преобладают основные оксиды (модуль основности  $O = 7 \div 11$ ), причем К и Са содержатся в большем количестве, чем остальные элементы. В связи с этим необходимо сделать следующее замечание. Обычно футеровку топочных устройств, в которых сжигаются древесные отходы, выполняют из шамотного кирпича, содержащего кислые оксиды SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Древесная зола вступает в химическое взаимодействие с этими оксидами, что приводит к интенсивной шлаковой коррозии стен камеры. Поэтому при разработке высокофорсированных топочных устройств (циклонные топки), сжигающих древесные отходы, целесообразно футеровку выполнять инертной к основным оксидам.

Из данных табл. 1 видно, что сера в древесных отходах присутствует в виде сульфитов, т. е. находится в связанном состоянии, поэтому при проектировании хвостовых поверхностей нагрева котла за температуру точки росы дымовых газов можно принимать температуру конденсации чистых водяных паров при их парциальном давлении.

Несмотря на наличие в золе легкоплавких соединений (Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O) внутренняя древесная зола не может образовывать шлаки, так как присутствие в ней кислых оксидов SiO<sub>2</sub> и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> очень мало. Следовательно, древесные отходы, не загрязненные посторонними минеральными включениями, — нешлакующее топливо. Загрязнение древесных отходов существенным образом меняет физико-химический состав минеральной части. В этом случае к внутренней золе древесного вещества, которая имеет достаточно стабильные характеристики, добавляется «внешняя зола», химический и минералогический составы которой могут быть самыми разнообразными.

В качестве примера рассмотрим золу древесно-шлифовальной пыли, образующейся при калибровании древесностружечных и древесноволокнистых плит. При калибровании обычно используют шлифовальную шкурку, в качестве наполнителя которой применяют абразивный порошок, состоящий из корунда Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, карборунда SiC, двуокиси кремния SiO<sub>2</sub> и алюмосиликатных стекол. Следовательно, древесно-шлифовальная пыль представляет собой смесь собственно древесных частиц с абразивным порошком; содержание этого порошка может состав-

Таблица 2

Отходы	Температура плавкости золы, °С			Химический состав золы на бессульфитную массу, %						
				SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O
Пыль	1150	1160	1170	30,8	6,6	4,1	37,3	8,5	8,8	3,9
	1150	1160	1170	24,8	10,6	21	34,2	1,5	5,7	2,2
Мелкие древесные отходы	1300	1330	1400	15	7,7	8,3	48,9	8,0	9,4	2,7
Смесь мелких древесных отходов с пылью	1270	1280	1290	26,2	6,0	14,3	37,8	6,6	5,6	3,3

лять до 1—2 % от массы абс. сухой пыли, что является величиной одного порядка с количеством внутренней золы древесных частиц. При сжигании древесно-шлифовальной пыли кислые оксиды абразивного порошка  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ( $\text{SiC}$  при высоких температурах окисляется до  $\text{SiO}_2$ ) вступают в химические реакции с основными оксидами золы древесины с образованием легкоплавких эвтектик ( $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$ ,  $\text{K}_2\text{O} \cdot 4\text{SiO}_2$ ,  $2\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$  и т. п.). Следовательно, древесно-шлифовальная пыль в отличие от «чистых» древесных отходов — шлакующее топливо, что подтверждается многими практическими данными. По лабораторным опытам Союзтехэнерго химический состав золы некоторых видов древесных отходов приведен в табл. 2.

По сравнению с химическим составом древесной золы (табл. 1) в золе древесных отходов существенно увеличивается доля кислых оксидов  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , что связано с наличием внешних минеральных примесей (глины, песка, абразива и т. п.). Плавкостные характеристики золы снижаются ( $t_{\text{пл}} \sim 1170^\circ\text{C}$ ), что является результатом химического взаимодействия основных оксидов древесной золы с кислыми оксидами внешних примесей.

В связи с этим при сжигании, например, лесосечных отходов, загрязненных в значительной степени землей, на колосниковой решетке, вероятно, появится жидкая фаза шлака, что необходимо учитывать при проектировании топочных устройств.

Таким образом, при энергетическом использовании древесных отходов необходимо считаться с тем обстоятельством, что зольность их существенно выше, чем зольность стволовой древесины, и что во многих случаях древесные отходы — шлакующее топливо, зола которого может привести к образованию жидкого шлака при обычных топочных температурах ( $900\text{—}1200^\circ\text{C}$ ).

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Козлов В. Н. Пиролиз древесины. — М.: Изд-во АН СССР, 1952. [2]. Найденов В. И., Коперин И. Ф. Теплотехнические характеристики и средние калорийные эквиваленты древесных отходов. — Деревообраб. пром-сть, 1980, № 12. [3]. Репях С. М., Науменко Н. К., Голикова О. В. Состав минеральных компонентов хвойной сосны. — Химия древесины, 1981, № 2.

Поступила 13 июля 1981 г.

## ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 674.093.26 : 65.011.54/56

**К ВОПРОСУ  
О СОКРАЩЕНИИ ЗАТРАТ РУЧНОГО ТРУДА  
В ФАНЕРНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ***Б. С. ПЕТРОВ, Л. Н. ГАЛОЧКИНА*

Ленинградская лесотехническая академия

В материалах XXVI съезда КПСС отмечается, что в восьмидесятые годы наша страна должна завершить поворот экономики на путь интенсификации, осуществить новые меры по дальнейшему повышению эффективности социалистического производства. Важнейший фактор интенсивного развития экономики — снижение трудоемкости производства продукции. Один из путей сокращения затрат труда на единицу продукции — комплексная механизация и автоматизация производственных процессов, в том числе ручных и физически тяжелых работ. Особого внимания требует сокращение малоквалифицированного ручного и устранение тяжелого физического труда, что обеспечивает как повышение производительности труда и снижение трудоемкости продукции, так и облегчение условий труда и сохранение здоровья работающих. Поэтому в числе первоочередных задач пятилетки и на перспективу названа разработка программы сокращения применения ручного труда.

Устранение тяжелых, социально непривлекательных и неблагоприятных условий труда на всех без исключения работах — одна из основных задач экономической и социальной политики партии на современном этапе развития.

Проблема сокращения затрат ручного труда на основе более полной механизации и автоматизации производства остро стоит и на предприятиях лесной, целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленности. Так, в целом по Минлесбумпрому СССР ручным трудом занято примерно 40 % рабочих, в том числе в основном производстве — 35 %, во вспомогательном — 53 %. За годы десятой пятилетки механизация труда в лесопильном производстве составила 40 %, в мебельной промышленности — около 70 %, в фанерном производстве 51—52 %.

Проблема сокращения затрат ручного труда в фанерной промышленности особо актуальна. Так, по данным ЦНИИФа, доля ручных операций в изготовлении фанеры составляет 45—46 %, машинно-ручных и полумеханизированных — 46—47 %, полуавтоматических — 7—9 %. На начало 1981 г. уровень ручного труда на предприятиях ВПО Союзфанспичпром составил в среднем 42,6 % (от 78,7 % на Ленинградском промышленно-экспериментальном фанерном заводе до 27,7 % на Жешартском фанерном комбинате). По отрасли в целом механизация производственных процессов еще недостаточна, и предстоит большая работа по сокращению ручного труда.

В решении данных вопросов имеются определенные, общие для всех предприятий отрасли проблемы и трудности, которые резко снижают эффективность работы по механизации ручного труда. К ним относятся недостаточная обеспеченность финансовыми и материальными ресурсами. Как правило, на мероприятия по ликвидации ручного труда

не выделяются специальные материальные и финансовые средства, а излишняя централизация не всегда позволяет предприятиям направить имеющиеся у них средства на обеспечение этих мероприятий. По-видимому, в фонде развития производства следует выделять целевые расходы на мероприятия по ликвидации ручного труда и проявлять больше инициативы в изыскании средств за счет других собственных резервов.

Серьезная трудность заключается в том, что проблемы механизации труда в отрасли не всегда отражаются в планах научно-исследовательских, проектно-конструкторских и технологических институтов. Механизация трудоемких работ в фанерном производстве невозможна без повышения технической оснащенности этих работ. Например, высокая доля ручного труда характерна для работ, связанных с сортировкой шпона, набором пакетов фанеры. Нельзя сколько-нибудь значительно повысить уровень механизации труда на этих операциях без изменения существующей технологии, применения новых видов оборудования. Поэтому вопрос о планировании научно-исследовательских и проектных работ по механизации ручного труда должен быть в центре внимания при решении проблем механизации труда.

Особо сложная проблема — отсутствие единой системы планирования, учета, контроля и отчетности по показателям механизации труда на предприятиях фанерной промышленности. Существующие методики оценки уровня механизации труда и применяемые показатели не отвечают требованиям сегодняшнего производства.

Вопрос о сокращении применения ручного труда в фанерной промышленности требует комплексного решения. Эта система должна предусматривать: 1) учет ручного труда, основой чего является инвентаризация ручного труда на всех операциях; 2) разработку мероприятий, направленных на механизацию и облегчение условий труда; 3) контроль за их выполнением.

Прежде всего, нужна методика учета ручного труда на предприятиях фанерной промышленности. При этом необходимо исходить из того, что ручной труд не может быть целиком исключен из трудового процесса. Практически это невозможно, а в ряде случаев экономически нецелесообразно. Однако ручной, физически тяжелый, социально непривлекательный труд должен постепенно вытесняться механизированным. Поэтому, приступая к инвентаризации, необходимо выделить из ручных работ те, где применяется физически тяжелый и социально непривлекательный труд, в соответствии с «Перечнем профессий рабочих, занятых ручным трудом, подлежащих первоочередной механизации».

При инвентаризации ручного труда следует использовать специальные карты учета ручного труда, разработанные применительно к фанерному производству и предназначенные для обработки на ЭВМ. Карты, составляемые на все виды ручных работ, должны содержать информацию о мероприятиях, направленных на механизацию этих работ, а также о сроках и затратах на их проведение.

Результативность намеченных мероприятий во многом зависит от степени использования отечественного и зарубежного опыта. Поэтому инвентаризация должна сопровождаться соответствующей информацией о работе по сокращению ручного труда на других фанерных предприятиях страны и за рубежом. Данные инвентаризации должны также содержать сведения об экономической целесообразности проведения намеченных мероприятий, количестве высвобождаемых рабочих, сроках проведения и т. д.

Обобщение результатов инвентаризации должно найти отражение в планах технического развития производства в специальном разделе «Со-

крашение применения ручного, физически тяжелого и малоквалифицированного труда». Централизованный контроль за выполнением мероприятий по сокращению применения ручного труда, намеченных на основании инвентаризации, позволит выявить экономически эффективные методы сокращения ручного труда на одних фанерных предприятиях и в последующем рекомендовать их для других.

Поступила 20 ноября 1981 г.

УДК 658.012.011.56

## О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ УПРАВЛЕНИЯ В ЛЕСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ\*

Ю. В. МАРКИН

Ленинградская лесотехническая академия

Вопросы развития и совершенствования управления народным хозяйством всегда были и остаются в центре внимания Коммунистической партии и Советского правительства.

XXVI съезд КПСС определил основные направления дальнейшего совершенствования управления народным хозяйством страны. В частности, на съезде было намечено: «Осуществить меры, направленные на преодоление ведомственной разобщенности, более полное сочетание отраслевого и территориального управления» [9].

В настоящей статье рассматривается возможность и целесообразность организации единой системы управления лесной, деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной промышленностью и лесным хозяйством. Важнейшая особенность развития этих отраслей в перспективе — строительство новых предприятий преимущественно в виде крупных лесопромышленных комплексов (ЛПК).

ЛПК возникли в нашей стране в 50-е годы. Первым и наиболее крупным по праву считается Братский ЛПК. Второй, не менее крупный, — Сыктывкарский ЛПК. В 1973 г. было начато строительство Усть-Илимского ЛПК. Начаты предпроектные и проектные работы по строительству еще ряда ЛПК (70—80 объектов) [4].

В основных лесосырьевых районах страны ЛПК будут иметь определяющее значение в развитии лесной, деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной промышленности и лесного хозяйства.

Однако, несмотря на то, что ЛПК получили повсеместное признание и доказали свою значимость, единой точки зрения на определение понятия «лесопромышленный комплекс» до сих пор нет ([1, 2, 5, 7, 8, 11, 12] и др.). В то же время, единое определение понятия ЛПК, признанное большинством специалистов, имело бы, на наш взгляд, принципиальное значение.

До последнего времени управление лесной, деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной промышленностью и лесным хозяйством осуществляли Гослесхоз СССР, Министерство лесной и деревообрабатывающей промышленности СССР, Министерство целлюлозно-бумажной промышленности СССР, Главное управление микробиологической промышленности при Совете Министров СССР. В октябре 1980 г. образовано единое союзно-республиканское Министерство лесной, целлюлозно-бумажной и

\* Печатается в порядке постановки вопроса.

деревообрабатывающей промышленности СССР. Тем не менее существующая структура управления, даже с учетом указанного объединения, весьма дифференцирована. При этом каждое специализированное министерство и ведомство решало только конкретные ведомственные задачи, вне связи с отраслью в целом, что приводило к известной несогласованности в управлении.

Так, в Карельской АССР объем заготавливаемой древесины в ближайшие годы будет уменьшен до 11 млн. м<sup>3</sup>. В то же время мощности по переработке древесины в этом районе непрерывно увеличиваются и в следующей пятилетке достигнут 13,5 млн. м<sup>3</sup> в год. Лесосырьевая база, закрепленная в свое время за Братским ЛПК, по запасам составляла 400 млн. м<sup>3</sup> древесины, что при правильном освоении позволяло бы снабжать сырьем предприятия ЛПК в течение 80—100 лет. Основным заготовителем древесины был определен Минлеспром СССР. Однако в настоящее время в сырьевой базе Братского ЛПК работает более 60 предприятий других министерств и ведомств. В результате за истекший период уже вывезены сотни тысяч м<sup>3</sup> древесины, а оставшейся хватит не более чем на 40 лет.

Очевидно, что координацией работы лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности должен был бы заниматься Госплан СССР. Однако, как свидетельствуют приведенные примеры, в полной мере эта работа Госпланом не осуществлялась.

В связи с изложенным и с учетом общей тенденции развития отраслей лесного комплекса представляется целесообразным осуществить ряд мероприятий по дальнейшему совершенствованию управления отраслью.

В последние годы в печати высказываются предложения, направленные на дальнейшее повышение эффективности управления отраслью ([1, 3, 6, 10] и др.). Наибольшее значение в развитии лесной, деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной промышленности и лесного хозяйства в перспективе будут иметь ЛПК, организуемые в районах с богатыми лесосырьевыми ресурсами (северо-восток европейской части страны, Западная и Восточная Сибирь и Дальний Восток).

В нашем понимании ЛПК должен представлять собой группу предприятий и производств, обеспечивающих воспроизводство, заготовку, транспортировку, разделку, отгрузку и переработку древесины в пределах определенной лесосырьевой базы. Профиль и состав предприятий и производств, образующих ЛПК, определяется в каждом конкретном случае в зависимости от структуры лесосырьевой базы, потребности данного экономического района и народного хозяйства в целом в продукции, получаемой в результате заготовки и переработки древесины.

Лесосырьевая база, закрепленная за ЛПК, должна быть юридически оформлена, и без ведома руководства ЛПК какая бы то ни было деятельность посторонних заготовителей древесины в ней исключается.

Предприятия и производства ЛПК, в особенности связанные с переработкой древесины, в зависимости от природных условий могут размещаться на одной или отдельных промышленных площадках.

Предусматривается, что предприятия и производства ЛПК имеют единую систему электро-, тепло- и водоснабжения, общее транспортное, ремонтное, жилищно-коммунальное хозяйство и т. д.

Обязательное и решающее условие успешного функционирования ЛПК — единство организационного управления всеми предприятиями и производствами, входящими в состав ЛПК, независимо от их ведомственной подчиненности.

Так, в пределах лесосырьевой базы ПО «Братский ЛПК» основными отраслевыми органами управления являются Минлесбумпром

СССР, четыре всесоюзных промышленных объединения (Иркутсклеспром, Союзхимлес, Союзлесстрой и Союзцеллюлоза), шесть производственных объединений и один трест, в ведении которых находилось более 30 предприятий (леспромхозы, сплавные конторы, химлесхозы и т. д.). Кроме того, здесь же работают предприятия и организации Минлесхоза РСФСР.

Нам представляется, что в целях повышения эффективности управления отраслью в пределах лесосырьевой базы ПО «Братский ЛПК» следует иметь единый орган управления. В связи с этим в состав ПО «Братский ЛПК» предлагается включить следующие основные производства и предприятия: лесохозяйственное (воспроизводство лесных ресурсов), лесозаготовительное (заготовка и первичная обработка древесины), лесохимическое (заготовка стволового и пневого осмола и добыча живицы), транспортное (доставка древесины к месту ее переработки), завод по подготовке древесного сырья к переработке, целлюлозно-картонный комбинат, хлорный завод, биолесохимический завод, деревообрабатывающий комбинат, ТЭС-2 и ТЭС-3, ремонтный завод.

Управление ПО «Братский ЛПК» в таком составе должна осуществлять генеральная дирекция, на которую будет полностью возлагаться ответственность за воспроизводство, заготовку, транспортировку, разделку, отгрузку и переработку всей древесины.

Очевидно, что предлагаемая организационная структура управления предприятиями и производствами лесной, деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной промышленности и лесным хозяйством в пределах лесосырьевой базы ПО «Братский ЛПК» значительно проще, более мобильна, чем современная. При ее осуществлении у руководства ЛПК появится возможность своевременно производить весь комплекс работ, связанных с воспроизводством лесных ресурсов, заинтересованность в более рациональном использовании заготовленной древесины, создадутся лучшие условия для большего маневрирования трудовыми и материальными ресурсами ЛПК. Кроме того, организация ЛПК с единым органом управления позволит более эффективно разрабатывать и внедрять автоматизированные системы управления (АСУ).

Вместе с тем, по нашему мнению, ЛПК должны быть подчинены непосредственно министерству, минуя промежуточные органы управления. До последнего времени ПО «Братский ЛПК», в частности, входило в состав ВПО Союзцеллюлоза, не имея прямой связи с Минлесбумпром СССР.

Министерство, в ведении которого будут находиться ЛПК, должно быть единым, т. е. организовывать и направлять работу всех предприятий не только лесной, деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной промышленности, но и лесного хозяйства.

В этих условиях в основных лесосырьевых районах принципиальная схема управления отраслью будет иметь вид: единое министерство — ЛПК. В лесодефицитных районах, очевидно, эта схема будет выглядеть несколько иначе: единое министерство СССР — министерства союзных республик — производственные объединения (предприятия), а в отдельных случаях и ЛПК.

В то же время нецелесообразно создавать дополнительные промежуточные звенья для управления ЛПК в рамках административных районов (Коми АССР, Красноярского края и т. д.).

Концентрация управления в рамках отдельных, но достаточно крупных ЛПК, позволит сконцентрировать управление в одном органе, повысить ответственность руководителей как ЛПК, так и единого министерства.

Заметим, что хотя и произошло объединение Минлеспрома СССР и Минбумпрома СССР, организационная перестройка структуры управления коснулась лишь непосредственно центрального аппарата, т. е. высшего уровня управления. В организационной структуре среднего звена управления (ВПО, республиканские министерства) изменений пока нет.

Нам представляется, что следующим этапом в дальнейшем повышении эффективности управления лесной, деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной промышленностью и лесным хозяйством должен стать предлагаемый нами переход в основных лесосырьевых районах страны на управление по двухзвенной системе: единое министерство — ЛПК.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Антонов В. К. ЛПК — новая прогрессивная форма размещения производства и управления. — В кн.: Эффективность размещения лесопромышленного производства и оценка лесных ресурсов. М.: СОПС при Госплане СССР, 1975. [2]. Апенько Л. М. Лесопромышленные комплексы Европейского Севера. — Лесн. пром-сть, 1968, № 10. [3]. Буркеев Д. И. Основы проектирования лесопромышленного производства как объектов автоматизированного управления: Автореф. дис. . . . канд. экон. наук. — Йошкар-Ола, 1972. [4]. Глотов В. В. Размещение лесопромышленного производства. — М.: Лесн. пром-сть, 1977. [5]. Капитальные вложения и основные фонды в отраслях лесной промышленности/ Н. А. Медведев, В. В. Глотов, Е. И. Германов, Б. А. Шатилов. — М.: Лесн. пром-сть, 1968. [6]. Кацеленбаум А. З., Шац А. Б. Сырьевые проблемы целлюлозно-бумажной промышленности. — М.: ВНИПИИлеспром, 1979. [7]. Лобовиков Т. С. Экономические аспекты организации и развития лесопромышленных комплексов. — В кн.: Актуальные проблемы функционирования лесопромышленных комплексов. М.: Лесн. пром-сть, 1975. [8]. Лобовиков Т. С., Цивин В. Л. О понятии «лесопромышленный комплекс». — В кн.: Материалы науч.-техн. конф. ИЭФ ЛО ЛТА. Л.: ЛТА, 1967. [9]. Материалы XXVI съезда КПСС. — М.: Политиздат, 1981. [10]. Монокин В., Коняков А. Будущее — за комплексами. — Лесн. пром-сть, 1979, 16 мая. [11]. Спринцын М. И. Лес — национальное богатство советского народа: Вступительная статья. — М.: Лесн. пром-сть, 1967. [12]. Фогель Д. И., Белицкий А. А. О параметрах лесопромышленных комплексов Сибири и Дальнего Востока. — Лесн. пром-сть, 1962, № 6.

Поступила 20 октября 1981 г.

УДК 630\*284.003

### К ВОПРОСУ О РАЙОНИРОВАНИИ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ПОДСОЧКИ

А. В. ПЕТЕРСОН, Ю. И. ДЕМИНЦЕВ, Р. П. ИСАЕВА

Уральский лесотехнический институт  
Уральская ЛОС

Научно обоснованное ведение лесного хозяйства и рациональное использование лесных ресурсов в нашей стране требует дифференцированного подхода к решению этих вопросов в различных районах, что обусловливает необходимость отражения разнообразия природных и экономических условий посредством районирования.

В лесохозяйственном районировании наибольшее распространение получили схемы, предусматривающие разделение территории на природно-экономические (лесохозяйственные) районы.

Такое районирование на Урале разработано Б. П. Колесниковым. Оно представляет собой синтез лесорастительного и лесоэкономического районирования и учитывает разнообразие лесорастительных условий, уровень технико-экономического развития района, организационно-производственные возможности лесного хозяйства, состояние лесного фонда лесхозов; лесохозяйственный район должен характеризоваться однород-

ными способами ведения лесного хозяйства и лесозаготовки. В пределах лесной зоны на территории Свердловской области Б. П. Колесниковым выделено 10 лесохозяйственных районов.

Уральской ЛОС в 1976—1980 гг. при разработке для Свердловской области региональных систем лесохозяйственных мероприятий на типологической основе лесохозяйственные районы были уточнены, некоторые укрупнены. В результате выделено семь укрупненных районов (см. табл.) и дана характеристика их лесохозяйственного потенциала.

Характеристика сосновых насаждений  
по лесохозяйственным районам Свердловской области

Лесохозяйственный район	Преобладающая группа типов леса	Доля, %	Класс бонитета	Средняя полнота древостоев	Индекс смолопродуктивности
I. Североуральский горный	Брусничные	27	III, 6	0,77	1,04
	Ягодниковые	33			
	Травяно-зеленомошные	27			
II. Лозьвинско-Пельмский равнинный	Брусничные	19	IV, 6	0,65	1,00
	Ягодниковые	21			
	Сфагновые	37			
III. Сосьвинско-Туринский предгорно-равнинный	Ягодниковые	18	III, 8	0,66	1,08
	Травяно-зеленомошные	18			
	Сфагновые	33			
IV. Качканарско-Павдинский горный	Ягодниковые	47	III, 1	0,71	1,05
	Разнотравные	26			
V. Сергинско-Чусовской горный	Подсочка не проводится				
VI. Тагильско-Свердловский зауральский предгорный	Ягодниковые	45	II, 6	0,71	1,10
	Разнотравные	29			
VII. Предлесостепной сосново-березовый равнинный	Ягодниковые	44	II, 3	0,72	1,22
	Разнотравные	24			

Естественно, что в пределах каждого лесохозяйственного района и даже отдельного массива леса неоднородны, поэтому при разработке систем лесохозяйственных мероприятий были учтены хозяйственные группы типов леса. Применительно к выделенным лесохозяйственным районам и группам типов леса разработаны системы мероприятий, направленных на повышение продуктивности лесов.

Кафедра экономики УЛТИ изучает возможности использования принятых Уральской ЛОС укрупненных лесохозяйственных районов на территории Свердловской области для районирования сырьевой базы подсобного производства.

Уровень смолопродуктивности сосны зависит от многих факторов. Чаще всего за основу для классификации сосновых насаждений принимают условия местопроизрастания. Именно они оказывают преимущественное влияние на формирование насаждений, их количественно-качественные характеристики.

Согласно действующим правилам подсочки, территория СССР разделена на три пояса: северный, центральный и южный. Поясное деление позволяет дифференцированно подходить к выбору и обоснованию технологических схем подсочки, устанавливать интенсивность производственного процесса в течение сезона и общую продолжительность подсочки.

ки. Однако применяемое районирование сырьевой базы подсосного производства не отражает в должной мере уровня смолопродуктивности насаждений.

Дальнейшее развитие подсосного производства должно базироваться на исследованиях лесоводственно-биологических особенностей сосны, в частности ее смолопродуктивности. Одно из направлений этих исследований — теоретическое обоснование возможных вариантов районирования сырьевой базы подсоски.

Вопросы индивидуальной и групповой изменчивости смолопродуктивности сосновых насаждений изучали многие исследователи. Обобщение ряда исследований позволяет сделать вывод о весьма существенном различии уровня смолопродуктивности сосновых насаждений, расположенных как в разных районах страны, так и в одном административном районе, но произрастающих в неодинаковых лесорастительных условиях.

Один из возможных вариантов дифференцированного подхода к определению смолопродуктивности при планировании подсосного производства в Свердловской области — применение схемы лесохозяйственного районирования и групп типов леса, предложенных Уральской ЛОС при разработке региональных систем лесохозяйственных мероприятий.

Сосновые леса размещены по всей территории Свердловской области, но наибольшее значение для подсосного производства имеют четыре лесохозяйственных района: Лозьвинско-Пелымский равнинный, Сосьвинско-Туринский предгорно-равнинный, Тагильско-Свердловский зауральский предгорный и Предлесостепной сосново-березовый равнинный.

На основании материалов первичного учета производственных подразделений, занимающихся подсоской леса, и опытных данных определена смолопродуктивность сосновых насаждений по лесохозяйственным районам Свердловской области и установлено относительное соотношение уровня смолопродуктивности в виде индексов, приведенных в таблице.

Наибольшую смолопродуктивность имеют насаждения сосны, расположенные в Предлесостепном районе. Здесь выход живицы на карроподновку на 22—24 % выше, чем в насаждениях II района. Такая разница в значительной степени обусловлена преобладанием тех или иных групп типов леса. Во II районе преобладает сфагновая группа типов леса (37 %), в VII — ягодниковая (44 %).

За последние годы для некоторых районов страны определена смолопродуктивность по типам леса. Подобная классификация необходима и для Свердловской области.

Тип леса — один из важнейших показателей, определяющих условия местопрорастания насаждений, но на уровень смолопродуктивности влияют также класс бонитета, состав и полнота насаждений.

Класс бонитета зависит от условий климата и почвы; чем благоприятнее почвенно-климатические условия, тем выше смолопродуктивность сосновых насаждений.

Так, в равнинных сосновых лесах Свердловской области (районы II, III, VI и VII) по мере повышения с севера на юг класса бонитета с IV,6 до II,3 индекс смолопродуктивности увеличился с 1 до 1,22.

Значительно меньше изучено влияние полноты насаждений на уровень смолопродуктивности, но установлено, что при увеличении разреженности древостоя обычно повышается выход живицы. Это положение характерно и для анализируемых лесохозяйственных районов, что под-

тверждается экспериментальными и статистическими материалами. Районы VI и VII не имеют существенного различия по типам леса и классам бонитета, однако в сырьевых базах предприятий, размещенных в этих районах, выход живицы различен. Один из факторов, влияющих на уровень смолопродуктивности, — полнота насаждений в сырьевых базах, отведенных для подсочки сосны. В Предлесостепном районе в составе сырьевых баз значительна доля среднеполнотных насаждений, в которых отмечается более высокая индивидуальная смолопродуктивность деревьев.

Приведенные примеры показывают, что факторы, положенные в основу лесохозяйственного районирования, можно считать главными при определении уровня смолопродуктивности, а схему лесохозяйственного районирования лесов Уральского региона приемлемой для планирования смолопродуктивности насаждений при подсочке сосны.

Уровень нормативной смолопродуктивности должен быть дифференцирован по лесохозяйственным районам, а для отражения особенностей отдельных древостоев следует применять поправочные коэффициенты к исходному нормативу смолопродуктивности, учитывающие отклонения от средних условий, характерных для данного района. В первую очередь нужно учитывать группу типов леса, класс бонитета, состав и полноту насаждений. Размер корректирующих коэффициентов может быть установлен экспериментальным путем.

Разработка нормативов смолопродуктивности по лесохозяйственным районам послужит базой для более обоснованного планирования технико-экономических показателей подсочного производства.

Поступила 31 августа 1981 г.

УДК 630\*79.001.2

## КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОЕКТНЫХ РАБОТ

*Б. И. ПАВЛОВ*

Ленинградская лесотехническая академия

Широко распространена точка зрения, что основная работа проектных организаций — составление документации на строительство новых, расширение, реконструкцию и техническое перевооружение действующих предприятий, т. е. технических проектов и рабочих чертежей. Однако такая трактовка работ проектных организаций недостаточна, ибо она сужает действительное назначение проектной документации, охватывающей широкий круг проблем. Известно, что проектные организации выполняют большой объем работ по перспективному развитию и размещению отрасли промышленности, по созданию нормативно-методической базы для проектирования. Эти работы по методике и характеру исполнения и назначения существенно отличаются от составления технического проекта и рабочих чертежей.

Разработке технического проекта предшествует большой объем проектных работ по обоснованию целесообразности, эффективности и технической возможности ввода новых производственных мощностей отрасли в конкретном экономическом районе и конкретной точке строительства; обеспечение объекта проектирования сырьем, топливом, электроэнергией и т. д. Эти вопросы задолго до разработки технического проекта изучаются при составлении технико-экономических докладов,

генеральных схем, технико-экономических обоснований и выдаче заданий на проектирование.

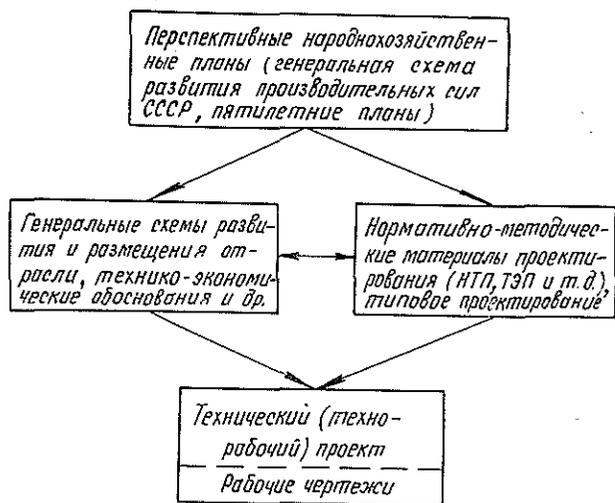
Проектирование в условиях социалистической экономики призвано решать не только задачи строительного производства, но и широкий круг проблем, имеющих отношение к планированию темпов и изысканию наиболее эффективных направлений развития и размещения производственных мощностей народного хозяйства и отдельных отраслей промышленности. Поэтому представляется целесообразным работы проектных организаций классифицировать следующим образом:

предпроектные работы, направленные на обоснование перспективы и темпов развития и размещения производственных мощностей отрасли (генеральные схемы развития и размещения отрасли промышленности, технико-экономические обоснования, задание на проектирование и др.);

нормативно-методические работы, экспериментальное проектирование, типовое проектирование;

проектные работы, направленные на разработку комплекса технической и экономической документации (описание, расчеты, чертежи), выявляющие возможность и целесообразность строительства, расширения или реконструкции конкретного предприятия или объекта на определенной строительной площадке, в конкретной географической точке (технические проекты и рабочие чертежи).

Связь между отдельными группами проектных работ представлена на схеме.



К первой группе относятся так называемые предпроектные работы, имеющие целью осветить перспективу развития и размещения производственных мощностей отрасли. Задача предпроектных работ не только вырабатывать рекомендации на перспективу, но и сделать первые экономические обоснования проектирования и строительства предприятия с указанием его основных параметров (характеристика сырьевой базы, способ транспортировки сырья и материалов, объем производства и др.).

Одна из первых предпроектных работ — составление генеральной схемы развития и размещения одной или нескольких отраслей промышленности. Генсхемы разрабатывают не менее чем на 15 лет (по пятилеткам). Через каждые 5 лет в схемы вносят необходимые уточнения. Исходными данными для разработки генеральной схемы служат идеи, задачи и направления перспективного плана развития народного хозяйства, отрасли промышленности, а также лесосырьевые ресурсы, размер расчетной лесосеки. В генеральных схемах устанавливают целевое назначение лесного фонда и направление его использования, объем переработки древесины на изделия деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной, гидролизной и лесохимической промышленности, профиль лесоперерабатывающих предприятий и их размещение.

В генеральных схемах разрабатывают материалы с необходимыми расчетами, обосновывающие целесообразность проектирования, строительства, реконструкции или расширения конкретного предприятия, определяется расчетная стоимость строительства (реконструкции) и другие основные технико-экономические показатели. Рекомендации генсхемы (перечень вновь начинаемыхстроек, перечень намечаемых к реконструкции действующих предприятий) используют при составлении пятилетних планов капитального строительства.

Значение нормативно-методических документов для проектирования трудно переоценить. Через эти нормативы Госстрой СССР и головные отраслевые проектные институты проводят техническую и экономическую политику в проектировании. Нормативно-методические документы, утвержденные Госпланом СССР, Госстроем СССР, министерством и ведомством, носят директивный характер, и применение их при проектировании обязательно.

К нормативно-методическим документам проектирования относятся: инструкция по разработке проектов и смет, строительные нормы и правила, нормы технологического проектирования, технико-экономические показатели для проектирования, эталон технического проекта и др. При разработке норм проектирования учитывают последние достижения науки и практики по созданию и эксплуатации новейших образцов и механизмов, оборудования. Новые предприятия должны по своему техническому и экономическому уровню превосходить аналогичные действующие предприятия в нашей стране и за рубежом.

Технический проект и рабочие чертежи разрабатывают в полном соответствии с инструкцией по разработке проектов и смет для промышленного строительства (СН-202), устанавливающей содержание, состав, порядок разработки, согласования и утверждения проектов и смет, по которым должно осуществляться строительство новых, расширение или реконструкция действующих промышленных предприятий и сооружений.

Назначение технического (техно-рабочего) проекта на строительство нового или реконструкцию действующего предприятия состоит в установлении основных технических, технологических и экономических решений для данных конкретных условий, обеспечивающих возможность наиболее эффективного использования общественного труда, материальных и денежных ресурсов как при строительстве, так и при эксплуатации предприятия, объекта.

Рабочие чертежи разрабатывают в соответствии с утвержденным техническим проектом. При разработке рабочих чертежей уточняют и детализируют предусмотренные техническим проектом решения в той

степени, в которой это необходимо для производства строительно-монтажных работ.

Конечная цель проектирования — разработка технического проекта и рабочих чертежей на строительство нового или реконструкцию действующего предприятия. Этой цели подчинены все предшествующие техническому проекту работы.

Предлагаемая классификация проектных работ позволяет осуществлять системный подход к изучению непосредственного содержания процесса проектирования, объединяющий широкий круг работ, отличающихся как назначением, так и методикой исполнения, а также выявить роль и место проектирования в сфере материального производства.

---

Поступила 14 декабря 1981 г.

## ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ

УДК 06.091.5

## БРЯНСКОМУ ОПЫТНОМУ ЛЕСНИЧЕСТВУ 75 ЛЕТ

Брянское опытное лесничество, ныне вошедшее в состав Брянского учебно-опытного лесхоза, было организовано в 1906 г. по инициативе классика лесоводства Г. Ф. Морозова и при непосредственном участии известного деятеля по лесному опытному делу М. М. Орлова. Действуя от имени Постоянной комиссии по лесному опытному делу в России, ученые посетили и осмотрели Брянский лесной массив и выделили 13 кварталов из соседней с Брянском Свенской дачи.

Лесоустроительные работы, начатые штатом лесничества непосредственно после его организации, закончились только в 1912 г. составлением плана хозяйства. Углубленным изучением природных условий лесничества занимались местные специалисты и ряд ученых (С. И. Краснопольский, П. З. Виноградов-Никитин, П. В. Веселовский, М. В. Агафонов, А. В. Тюрин, В. Н. Сукачев, И. В. Тюрин, В. П. Тимофеев, а затем В. П. Разумов, В. Г. Казанский, Г. Г. Юнаш, К. В. Крыжановский, Г. М. Козленко и др.). В 1930 г. лесничество было присоединено к основанному в этот год лесотехническому институту. В описании местных природных условий приняли участие и другие исследователи, которые не относились непосредственно к лесничеству, но были крупными знатоками местного края (В. Н. Хитрово, Н. К. Старк, В. Н. Старк, В. М. Домбровский и др.).

Климатические условия края обобщенно были очень удачно охарактеризованы по личным наблюдениям Н. К. Старком, по многолетним метеорологическим наблюдениям доц. Д. И. Манцевичем. Сводка фенологических наблюдений была сделана В. Г. Казанским. Сводку многолетних наблюдений над уровнем грунтовых вод составил проф. А. А. Роде. В работах М. И. Сахарова обобщены данные наблюдений на подпологовых метеостанциях и дана характеристика фитоклиматов в разных типах леса.

Геологическое строение Брянского лесного массива нашло отражение в работах проф. Землячского, Г. Ф. Морозова, доц. С. А. Ковригина и др. Краткая характеристика лесных почв массива была сделана Н. К. Старком, более подробная — С. А. Ковригиным, который написал учебник почвоведения. И. В. Тюрин составил карту почв Брянского опытного лесничества. Под руководством проф. В. П. Корнева доценты кафедры почвоведения Г. М. Орловский и Е. М. Остроумов выполнили картирование почв обоих лесничеств, входящих в Брянский учебно-опытный лесхоз.

Естественная история сосновых боров массива была разработана проф. А. В. Тюриным, елово-лиственных насаждений — проф. В. П. Тимофеевым, в бытность их лесничими Опытного лесничества. Интереснейшая в естественноисторическом и хозяйственном отношении елово-широколиственная формация привлекала внимание многих исследователей, в том числе проф. В. П. Разумова, П. С. Погребняка, Н. А. Коновалова, В. П. Тарасенко, Л. А. Чмутова и др. Типы насаждений массива впервые были установлены М. В. Агафоновым, который дал не только их описание, но также составил карту типов. Н. А. Коновалов дал очерк типов елово-широколиственной формации. Карты типов леса с их подробным описанием были составлены кафедрой лесоводства под руководством проф. Б. Д. Жилкина, позже проф. Б. В. Гроздовым было дано описание типов леса, а проф. В. П. Разумовым разработано учение об участке леса как природно-хозяйственном единстве и составлены планы участков для обоих лесничеств лесхоза. Изучению живого напочвенного покрова в лесу и на вырубках с учетом его динамики посвящены исследования В. В. Сахаровой, М. И. Крыловой, Т. В. Трошиной, Л. П. Поляковой и др. Видовой состав грибных болезней древесных пород был представлен в виде коллекций, собранных П. З. Виноградовым-Никитиным и описанных А. С. Бондарцевым. В более позднее время исследованиями грибных болезней в массиве занимались доц. В. М. Дронжевский, Н. В. Катичева и др.

Систематический обзор фауны лесничества был сделан А. В. Федосовым. Изучение почвенной мезофауны по типам леса составило предмет докторской диссертации доц. М. Т. Лаврова. Энтомофауну брянских лесов изучали Н. К. Старк, позже проф. А. И. Воронцов, А. В. Яценковский, П. Г. Трошанин, Н. З. Харитонова, доц. М. Т. Лавров, А. В. Давыдова, В. С. Балабешко, Н. В. Катичева, С. А. Ковригин, В. А. Зудилин и др. Разработан интегрированный способ борьбы с вредителями леса и его наиболее перспективная часть — биологический способ.

Интересны работы по корневому питанию древесных растений, выполненные проф. Н. В. Лобановым и доц. В. Ф. Риём.

Не меньшее внимание было уделено изучению второй стороны комплекса — хозяйства, получившего всестороннее освещение в многочисленных трудах сотрудников лесничества и института, использовавших результаты опытных работ.

В 1935 г. на территории Опытного лесничества был организован дендрарий, ранее был заложен небольшой дендрарий в Карачижско-Крыловском лесничестве. Уже в 1940 г. в первом было представлено до 500 видов местных и экзотических растений. Здесь проф. Б. В. Гроздовым был написан ряд работ по экзотам. Проблему водоохранных лесов удачно решил проф. Б. Д. Жилкин, его балльная оценка вошла в учебники лесоводства (1940). Вопросами использования побочных продуктов леса занимались проф. Н. А. Обозов, доц. В. И. Сельчуков, Е. Н. Самошкин и др. В 1927 г. в план Опытного лесничества была включена опытная подсочка сосны. Вопросы использования древесины нашли отражение в работах Б. Д. Жилкина и М. И. Сахарова; они подтвердили высокие технические качества брянской сосны. Проф. П. Н. Хухрянский занимался вопросами прессования древесины ряда пород.

Наибольшее внимание в работах лесничества и института было уделено вопросам воспроизводства леса: его восстановлению и выращиванию. Началом этого цикла по существу являются рубки главного пользования. Они и были, прежде всего, включены в программу опытных работ лесничества. Изучением разных способов главных рубок занимались А. В. Тюрин, В. П. Разумов, П. Н. Вашкулат и др. Продолжительность восстановительного периода при разных рубках различна. В. П. Тимофеев показал возможность восстановления ели после рубок в елово-лиственных насаждениях, а В. П. Разумов — в елово-широколиственных. Большое внимание исследователи (В. П. Тимофеев, П. С. Погребняк, В. П. Разумов и др.) уделили взаимоотношениям между дубом и елью.

Лесокультурная деятельность лесничества носила в основном опытный характер. Этими вопросами занимался весь персонал лесничества и многие работники института, в основном кафедры лесных культур (А. В. Тюрин, В. П. Тимофеев, В. Г. Казанский, В. М. Обновленский и др.). Результаты изучения экзотов изложены в монографии Б. В. Гроздова, в работах В. И. Бирюкова и др. Большое внимание было уделено вопросам селекции и семеноводства древесных пород. Результативными были посадки сосны из семян разного происхождения, полученных от В. Д. Огневского. Данные о семеноводстве древесных пород неоднократно публиковались и стали достоянием производства и лесной науки.

Надо отметить исследования роста и развития древесных пород, которые проводились на всем протяжении деятельности лесничества и служили основой для выращивания леса. Материалы пробных площадей по сосне были обработаны Б. Д. Жилкиным (1940). Вопросам прорезиваний в елово-лиственных насаждениях были посвящены работы И. И. Андросова и В. П. Разумова. В послевоенные годы широко развернулись работы по обрезке сучьев в сосняках и ельниках (В. П. Разумов), по обновлению рубок ухода (М. Я. Оскретков и А. П. Сляднев). В Опытном лесничестве получила осуществление идея комплексного ухода (А. П. Сляднев), а также разных приемов ухода в смешанных молодняках (И. С. Марченко). Предложенное им учение о биополе лесных экосистем выходит далеко за пределы первоначально намеченных рамок.

В лесничестве проводились экскурсии и семинары разных уровней — областные, межобластные, республиканские и всесоюзные, а также технологические и преддипломные практики. Тематика дипломных проектов охватывала весь комплекс вопросов лесного хозяйства, а экспериментальная часть отражала опытную деятельность лесничества и лесхоза.

По материалам, собранным в лесхозе или в соседних предприятиях лесного хозяйства Брянщины, написаны диссертации В. П. Разумова, Б. В. Гроздова, В. М. Обновленского, А. П. Сляднева, Ф. В. Кищенко, М. Т. Лаврова, И. С. Марченко, Н. З. Харитоновой, Г. Л. Кравченко, М. Я. Оскреткова, В. Г. Чистилина, В. П. Тарасенко, Л. А. Чмутова, Д. И. Манцевича, В. Г. Митина, В. А. Помогаевой, А. А. Луцевича, Г. В. Лисицы, А. И. Котова, М. Н. Неруша, Г. М. Орловского, Е. М. Остроумова, В. Ф. Рия, В. И. Рубцова, В. Н. Никончука, И. Н. Лигачева, В. И. Бирюкова и др.

Хочется пожелать, чтобы и в дальнейшем Учебно-опытный лесхоз оставался важнейшим очагом лесоводственной культуры не только для Брянщины, но и за ее пределами.

В. П. Разумов.

Брянский технологический институт

## КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

УДК 630\*228.81 (049.3)

## ДЕВСТВЕННЫЕ ЛЕСА ЧЕХОСЛОВАКИИ\*

Вопросы изучения, использования и охраны девственных лесов давно интересуют лесоводов разных стран, и не только многолесных. Этим вопросам посвящена недавно вышедшая в Чехословакии книга заведующего кафедрой лесоводства Высшей сельскохозяйственной школы г. Брно чл.-кор. Чехословацкой Академии наук проф. М. Вискота с большим коллективом соавторов.

Книга открывается предисловием акад. Ц. Блатного.

Значение рассматриваемой проблемы в настоящее время возрастает в связи с тем, что площадь девственных лесов на земном шаре заметно сокращается, исчезли многие массивы. Между тем, в таких лесах можно с наибольшей полнотой не только постигать природные закономерности строения и формирования леса, устойчивости и равновесия, изменений в соотношениях прироста и отпада, но на этой основе решать и практические проблемы, например повышения продуктивности лесов, установления для этой цели эталонных лесов, переходить от «сущего к должному». Поэтому книга М. Вискота и др. представляет не только региональный, но и более общий интерес.

В книге шестнадцать крупных разделов, охватывающих широкий спектр вопросов от отдельных признаков девственного леса, его общей и локальной характеристики до описания лесных резерваций и их охраны.

В Чехословакии, как и в большинстве стран Европы, подлинно девственных лесов осталось очень мало, большая часть их видоизменена человеком. Поэтому в книге уделено много внимания истории проникновения человека в первичные девственные леса, отвоеванию земель для хлебопашества и пастбищ; лес постепенно оттеснялся на худшие почвы, склоны холмов и гор. Большие изменения леса претерпевали в связи с развитием горно-рудной, а затем и лесной промышленности. Интенсивная индустриализация в XIX в. в Чехии и Моравии и последовавшие за нею мероприятия по облесению привели к большим изменениям в составе и устойчивости лесов. Создаваемые на протяжении двух столетий монокультуры ели и сосны на первых порах обеспечивали высокий доход от древесины, выращиваемой в более короткие сроки, но оказались неустойчивыми к внешним воздействиям, стихийным бедствиям. В 1976 г. в результате сильных ветров и снегопадов в лесах Чехословакии образовалось 9 млн. м<sup>3</sup> ветровалов и буреломов, что составило около половины годового объема лесозаготовок.

В Словакии, вследствие трудного для освоения рельефа и ряда других причин, сохранилось больше лесов с чертами девственного леса, особенно с преобладанием бука.

В горных областях Чехословакии существуют и другие остатки девственных лесов, например «девственный лес Жофин и, в особенности, известный Боумбинский девственный лес, который стал Меккой лесоводов, природоведов и любителей природы».

В книге девственные леса рассматриваются как природный фактор, составная часть окружающей человека среды, саморегулирующаяся система со всеми ее компонентами. Подробно характеризуются признаки природного леса, законы его динамического равновесия.

Хорошо ощутима тесная связь научных взглядов чехословацких и советских ученых, влияние научных идей акад. В. Н. Сукачева на развитие биогеоценотических концепций ученых Чехословакии.

В разделе, посвященном изменению леса под влиянием человека, обращено внимание на воздействие человека на лес в историческом плане. Показано, как в различные исторические эпохи человека интересовали разные составные части леса. Вначале человек сводил леса для расширения пашен, затем научился использовать лес. Показано, какие изменения в существование леса вносит человек.

В настоящее время нередко можно услышать высказывания о том, что девственный лес без вмешательства человека обречен на деградацию и гибель. Однако это узкий, односторонний взгляд, не отражающий действительного положения. Авторы кни-

\* Вискот М. и коллектив. Девственные леса Чехословакии. — Прага: Академия, 1981. — 270 с.

Vyskota M., kolektiv. Ceskoslovenské Pralesy. — Praha: Academia, 1981.  
На чешском языке. Резюме на русском и английском языках.

ги также придерживаются мнения, что девственный лес отличается устойчивостью и равновесием. Указанным вопросам посвящен раздел «Сохранение свойств и вида природных лесов без вмешательства человека».

В разделе «Охрана и защита леса» говорится о необходимости бережного отношения к лесам как важнейшему природному фактору.

В книге показаны возникновение и развитие природной растительности в связи с экологическими факторами: климатическими, гидрологическими, эдафическими; дан обзор смен растительных формаций, изложены принципы дифференцирования природной растительности, ее генетической динамики.

Понимая большое значение сохранения биогеноценозов и условий их существования, авторы призывают к усилению роли государственных природных резерватов (заповедников). Показано отношение человека к различным факторам и свойствам леса: экономическим, эмоциональным, целебным и др. Большое внимание уделено использованию лесов в прошлом и настоящем, дана их сравнительная характеристика. Заключают книгу описания природных резерватов Чехословацкой Социалистической Республики.

Придавая большое значение девственным лесам, авторы в то же время отмечают, что «только копирование и подражание первоначальным девственным лесам по их остаткам проводить нельзя...», необходимо находить пути, опирающиеся на знание природы естественных лесов, но одновременно учитывающие хозяйственные и культурные потребности развития современного человеческого общества. Девственные леса «представляют собой огромное культурное богатство, служащее просвещению, внушающее человеку, прежде всего молодежи, любовь и уважение к природе».

Эта интересная и ценная книга дает возможность глубже осознать современное значение девственных лесов, понять их огромную роль как природного средообразующего фактора. Она пронизана мыслью о бережном отношении к лесам вообще и девственным, в частности. Обстоятельная информация о полезностях леса сопровождается призывом и предложениями, направленными на более бережное отношение к лесу, более рациональное его использование. Материал изложен на высоком научном уровне и в то же время достаточно популярно и лаконично.

Книга хорошо иллюстрирована схемами в тексте и прекрасно выполненными цветными и черно-белыми фотографиями в приложении (135 фотографий), отражающими структуру и внешний облик сохранившихся в Чехословакии фрагментов девственного леса.

**И. С. Мелехов**

**Е. П. Сергеева**

Московский лесотехнический институт

## ЮБИЛЕИ

## ИВАН ДАНИЛОВИЧ ЮРКЕВИЧ

## К 80-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ И 55-ЛЕТИЮ НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ И ОБЩЕСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Имя крупного ученого в области лесоведения, геоботаники и биогеоценологии, основателя белорусской геоботанической школы академика АН БССР И. Д. Юркевича широко известно в кругах научной общественности. В 1982 г. заслуженному деятелю науки БССР, лауреату Государственных премий СССР и БССР, профессору, доктору сельскохозяйственных наук Ивану Даниловичу Юркевичу исполняется 80 лет.



В 1926 г. сын крестьянина из д. Сергеевичи Минской области после окончания Марьингорского сельскохозяйственного техникума и двухлетней практической работы в лесничестве поступает в Белорусскую сельскохозяйственную академию (г. Горки). После окончания лесного факультета И. Д. Юркевич работает научным сотрудником, заведующим сектором и заместителем директора по научной части Белорусского научно-исследовательского института лесного хозяйства, одновременно преподает в Белорусском лесотехническом институте. В 1934—1941 гг. выходят первые монографии Ивана Даниловича, посвященные исследованию процессов естественного возобновления в лесных формациях республики. Изучение структуры и продуктивности лесной растительности завершилось разработкой первой классификации типов леса БССР (1940). С этих пор лесная типология становится ведущей темой научных исследований Ивана Даниловича. Теоретические разработки успешно сочетаются с практикой социалистического лесного хозяйства: разработанная И. Д. Юркевичем и постоянно совершенствуемая система типов и ассоциаций лесной растительности легла в основу хозяйственного устройства лесов республики. В 1969 г. были изданы «Лесо-

типологические таблицы», в 1972 г. — брошюра «Выделение типов леса при лесостроительных работах». В трудные годы Великой Отечественной войны весомый вклад в создание оборонного потенциала страны внесли исследования И. Д. Юркевича по использованию для производства гутты отечественного гуттаперченоса — бересклета бородавчатого. Рекомендации по организации и технике разведения бересклета в связи с почвенно-экологическими условиями явились итогом защищенной И. Д. Юркевичем в 1948 г. докторской диссертации; за эти работы Иван Данилович в числе других ученых был удостоен звания лауреата Государственной премии СССР.

Среди важнейших работ И. Д. Юркевича особое место занимают исследования типологии и проблемы восстановления знаменитых белорусских дубрав. Идея о зональных климатически замещающих типах дубрав, положенная в основу эколого-биологических исследований этой формации, вошла в монографии и учебники по лесной геоботанике, получила дальнейшее обоснование и развитие в лесотипологических исследованиях других формаций.

В 1953—1956 гг. Иван Данилович возглавляет Институт леса АН БССР в Минске, а с 1956 г. — созданную по его инициативе лабораторию геоботаники в системе Института экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича АН БССР. Под руко-

водством И. Д. Юркевича, избранного к этому времени академиком АН БССР, развертываются комплексные исследования лесной, луговой и болотной растительности Белоруссии, которые завершились изданием коллективной монографии «Растительный покров Белоруссии» с впервые составленной картой растительности (1969). В 1972 г. за серию работ по изучению растительности коллектив авторов во главе с И. Д. Юркевичем был удостоен Государственной премии БССР. В дальнейшем вопросам картографирования уделяется много внимания, и в 1979 г. выходит монография «Растительность Белоруссии, ее картографирование, охрана и использование» с картой растительности Белорусской ССР (И. Д. Юркевич, Д. С. Голод, В. С. Адерихо).

Итоги многолетних исследований лесных формаций обобщены в ряде монографий: по дубравам (1951, 1960); сероольшаникам (совместно с В. С. Гельтманом, В. И. Парфеновым, 1963); черноольшаникам (совместно с В. С. Гельтманом, Н. Ф. Ловчим, 1968), еловым лесам (совместно с Д. С. Голодом, В. И. Парфеновым, 1971), ясеневым лесам (совместно с В. С. Адерихо, 1973), сосновым лесам (совместно с Э. П. Ярошевичем, 1974). Материалы по изучению состава, структуры и размещения лесных формаций республики нашли отражение в монографии «География, типология и районирование лесной растительности» (совместно с В. С. Гельтманом, 1965). Зональные особенности лесной растительности полесского региона изложены в крупной монографии «Леса Белорусского Полесья» (совместно с Н. Ф. Ловчим и В. С. Гельтманом, 1977).

Геоботанические исследования луговой растительности ознаменовались выходом в 1981 г. монографии «Геоботаническая структура и биологическая продуктивность пойменных лугов» (совместно с Н. А. Буртыс, С. Р. Бусько).

Разработка и пропаганда биогеоэкологических идей акад. В. Н. Сукачева снискали Ивану Даниловичу признание научной общественности. Неумолимо и последовательно отстаивает И. Д. Юркевич ключевые позиции учения о взаимосвязи и взаимовлиянии компонентов растительного сообщества.

Акад. АН БССР И. Д. Юркевич — автор и соавтор свыше 500 научных статей и работ, посвященных актуальным теоретическим и прикладным проблемам лесоведения, лесоводства и геоботаники.

Научную деятельность Иван Данилович успешно сочетает с педагогической и общественной работой. В качестве заведующего кафедрой и профессора в Белорусском лесотехническом (ныне технологическом) институте он активно участвовал в подготовке высококвалифицированных специалистов для народного хозяйства; под его руководством защищено 5 докторских и 27 кандидатских диссертаций, создана научная школа лесоводов и геоботаников Белоруссии. В 1968 г. И. Д. Юркевичу присвоено почетное звание заслуженного деятеля науки БССР.

Член КПСС с 1927 г., И. Д. Юркевич активно выполняет многочисленные общественные и партийные поручения. Он основатель, организатор и неизменный руководитель Белорусского отделения Всесоюзного ботанического общества. Много лет возглавляет научный совет АН БССР по проблеме «Биологические основы рационального использования, преобразования и охраны растительного мира», член научных советов АН БССР по проблемам биосферы и проблемам Полесья, редколлегий журналов «Лесоведение» и «Доклады АН БССР», бессменный ответственный редактор всех изданий Белорусского отделения ВБО.

Теоретические исследования акад. И. Д. Юркевича, внедрение их в практику и пропаганда научных знаний высоко оценены партией и правительством: он награжден двумя орденами Трудового Красного Знамени, орденом Октябрьской Революции и медалями.

Более чем полувековая научно-педагогическая и общественная деятельность Ивана Даниловича является ярким примером беззаветного служения биологической науке, принципиального и доброжелательного отношения к ученикам и коллегам. Все знающие Ивана Даниловича желают юбиляру здоровья, счастья, новых творческих идей и успехов.

**Е. Г. Петров.**

Институт экспериментальной ботаники АН БССР.

**О КОНКУРСАХ, ПРОВОДИМЫХ ВСЕСОЮЗНОЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА  
И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
АКАДЕМИЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК  
ИМ. В. И. ЛЕНИНА В 1983 ГОДУ НА СОИСКАНИЕ ЗОЛОТЫХ  
МЕДАЛЕЙ ИМЕНИ ВЫДАЮЩИХСЯ УЧЕНЫХ**

В целях поощрения ученых за выдающиеся научные работы и открытия в области сельского, водного и лесного хозяйства Всесоюзная академия сельскохозяйственных наук имени В. И. Ленина объявляет в 1983 году очередные конкурсы на соискание присуждаемых раз в три года золотых медалей имени выдающихся ученых и присуждаемой ежегодно золотой медали имени И. В. Мичурина с премией.

1. Золотая медаль имени К. К. Гедройца присуждается за работы в области агрохимии.

Срок представления работ до 6 декабря 1982 г.

2. Золотая медаль имени В. Р. Вильямса присуждается за работы в области земледелия, агропочвоведения, луговодства и пастбищного хозяйства.

Срок представления работ до 9 июня 1983 г.

3. Золотая медаль имени К. А. Тимирязева присуждается за работы в области физиологии и биохимии растений.

Срок представления работ до 3 февраля 1983 г.

4. Золотая медаль имени Н. И. Вавилова присуждается за работы в области растениеводства, генетики, селекции и интродукции растений.

Срок представления работ до 25 июля 1983 г.

5. Золотая медаль имени И. В. Мичурина с премией в размере 1000 рублей присуждается за работы в области биологии сельскохозяйственных растений.

Срок представления работ до 25 июня 1983 года.

6. Золотая медаль имени С. Н. Вышелесского присуждается за работы в области общей и частной эпизоотологии.

Срок представления работ до 2 июля 1983 года.

7. Золотая медаль имени М. Ф. Иванова присуждается за работы в области животноводства.

Срок представления работ до 2 июня 1983 года.

8. Золотая медаль имени В. С. Немчинова присуждается за работы в области экономики социалистического сельского хозяйства.

Срок представления работ до 15 сентября 1982 года.

9. Золотая медаль имени В. П. Горячкина присуждается за работы в области земледельческой механики, механизации и электрификации сельского хозяйства.

Срок представления работ до 25 сентября 1982 года.

10. Золотая медаль имени А. Н. Костякова присуждается за работы в области гидротехнических мелиораций.

Срок представления работ до 28 ноября 1982 г.

11. Золотая медаль имени Г. Ф. Морозова присуждается за работы в области лесоведения, лесоводства и агролесомелиорации.

Срок представления работ до 7 сентября 1982 года.

## ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Золотые медали присуждаются персонально за выдающиеся научные работы и открытия, имеющие крупное научно-техническое или практическое значение в соответствующей области науки.

В конкурсах на соискание золотых медалей могут участвовать советские и прогрессивные зарубежные ученые, внесшие крупный вклад в развитие сельскохозяйственной науки. В конкурсах могут участвовать только отдельные лица.

Право выдвижения кандидатов на соискание золотых медалей представляется министерствам, ведомствам, научно-исследовательским учреждениям, высшим учебным заведениям, научным и научно-техническим обществам, общественным организациям и отдельным лицам.

Учреждения, организации и отдельные лица, выдвинувшие кандидатов на соискание золотой медали, представляют в установленные сроки в ВАСХНИЛ (107814, ГПС, Москва, Б-78, Б.Харитоньевский пер., дом 21) с подписью «На соискание золотой медали имени...» следующие материалы:

а) мотивированное представление, раскрывающее характер и значение работы для развития науки и народного хозяйства;

б) опубликованную научную работу (серию работ), материалы научного открытия или изобретений в трех экземплярах (при выдвижении закрытых работ допускается представление рукописных материалов в одном экземпляре);

в) сведения об авторе (перечень основных научных работ, открытий, изобретений, место работы и занимаемая должность, домашний адрес).

Работы, удостоенные Ленинской премии, Государственной премии СССР, премий Совета Министров СССР за работы в области сельского хозяйства, а также именных премий Академии наук СССР, академий наук союзных республик и Академии медицинских наук СССР, на соискание золотых медалей ВАСХНИЛ не принимаются.

Решения Президиума ВАСХНИЛ о присуждении золотых медалей и краткие аннотации о работах, удостоенных золотых медалей, публикуются в журналах «Доклады ВАСХНИЛ», «Вестник сельскохозяйственной науки», и в соответствующих отраслевых журналах с фотографиями ученых, награжденных золотыми медалями.

Золотые медали, а также дипломы о присуждении золотых медалей вручаются на Годичном Общем собрании ВАСХНИЛ.

Рассмотренные на заседании Президиума ВАСХНИЛ печатные научные работы, за которые присуждены золотые медали, передаются на хранение в Центральную научную сельскохозяйственную библиотеку ВАСХНИЛ.

Работы, за которые золотые медали не присуждены, возвращаются соискателям.

Ученым, удостоенным золотых медалей, предоставляется право при печатании работ отмечать в заголовке «Удостоена золотой медалью имени... Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук имени В. И. Ленина за 1983 год».

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>С. Н. Коган.</i> Осваивать и внедрять передовой опыт . . . . .	3
---	---

### ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

<i>Ю. И. Сухоруких, И. В. Трещевский, В. В. Успенский.</i> Способ выравнивания густоты древостоев при изучении их хода роста . . . . .	5
<i>О. И. Полубояринов, Г. Н. Некрасова, Р. Б. Федоров.</i> О взаимосвязи влажности и плотности древесины растущих деревьев . . . . .	7
<i>И. К. Блинов.</i> Влияние гидромелиорации и почв на рост культур сосны в Белорусском Полесье . . . . .	11
<i>М. М. Котов.</i> Внутрипопуляционная изменчивость содержания хлорофилла и термостойкости хлорофилло-белкового комплекса в хвое сосны обыкновенной . . . . .	14
<i>В. В. Успенский.</i> Способ учета ресурсов ветвей в сосновых лесах . . . . .	17
<i>В. И. Дитрих.</i> Особенности морфологического строения полога древостоев лиственницы сибирской . . . . .	20
<i>Л. П. Смоляк, Е. Д. Манцевич, М. И. Баранов.</i> Особенности влияния климатических условий Белоруссии на прирост сосны обыкновенной разного географического происхождения . . . . .	23
<i>В. В. Пахучий.</i> Производительность хвойных древостоев в связи с водным режимом почв на объектах старого осушения . . . . .	26
<i>Э. Л. Барткявичюс, А. П. Тябера.</i> Изменения производительности сосновых древостоев в условиях локального загрязнения окружающей среды . . . . .	29
<i>Я. А. Юдицкий.</i> Новая математическая функция роста . . . . .	32

### ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

<i>П. Ф. Марченко.</i> Инерционный момент автовоза при движении на повороте . . . . .	36
<i>Б. Д. Демидовский.</i> Исследование температурных режимов в узле трения колодочного тормоза тепловозов узкой колеи . . . . .	40
<i>Н. А. Белоусов.</i> Уравновешенные несимметричные звенья гусеничных движителей лесозаготовительных машин . . . . .	43
<i>К. А. Чекалкин.</i> Использование метода случайных функций в гидрологических обоснованиях проектов зимних плотбищ . . . . .	48
<i>В. В. Крылов.</i> Определение оптимальной скорости разворота грейферного захвата . . . . .	54
<i>К. Н. Баринов, О. Н. Русак, В. А. Александров, В. П. Горбачев.</i> К исследованию эргономики труда и прогнозирования деятельности оператора лесной машины . . . . .	57
<i>А. А. Аксянов.</i> Исследование зависимости разброса бревен по торцам в пачке от скорости продольного перемещения . . . . .	62

### МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

<i>Б. П. Ерыхов, А. П. Плотников.</i> Исследование кинетики структурных изменений в бумаге методом крутильных колебаний . . . . .	68
<i>В. Н. Петри, В. Д. Волкова.</i> Управление техническими свойствами лигноуглеродных древесных пластиков . . . . .	71
<i>Б. А. Освенский.</i> О сопротивлении древесины скалыванию при сочетании касательных напряжений вдоль волокон с нормальными напряжениями сжатия поперек волокон . . . . .	74
<i>М. А. Бубенчиков.</i> Физические свойства фанеропочиночной шпатлевки . . . . .	78
<i>В. В. Ченцов.</i> О погрешности определения размера при автоматическом контроле разнотолщинности ДСП . . . . .	83
<i>В. В. Харитонов, Б. Г. Стародубец.</i> Анализ процесса измерения диаметров бревен с использованием фазосдвигающего преобразователя . . . . .	85

<i>С. Н. Зигельбойм.</i> Определение модулей сдвига древесностружечных плит из опытов на кручение . . . . .	91
<i>В. В. Огурцов.</i> Влияние варьирования толщины и ширины пиломатериалов на достоверность их механической сортировки по прочности . . . . .	95
<i>В. В. Дунаева, В. Ф. Дунаев.</i> Экспериментальный метод исследования колебаний дисковых пил . . . . .	99

#### ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

<i>Л. А. Малютина, Е. В. Ушкова, В. А. Выродов.</i> Изучение процесса экстракции биоактивных веществ дефлегмационным методом с предварительным механическим обезвоживанием древесной зелени . . . . .	104
<i>Ю. А. Малков, Папа Диань.</i> Влияние состава сернистых соединений белого щелока на выход и свойства сульфатной целлюлозы . . . . .	108
<i>Н. А. Величко, С. М. Репях, Н. А. Чушрова.</i> О лигниновых веществах хвой сосны . . . . .	112
<i>В. И. Найденов, И. Ф. Коперин, В. Р. Пурим.</i> Физико-химические свойства золы древесных отходов . . . . .	115

#### ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

<i>Б. С. Петров, Л. Н. Галочкина.</i> К вопросу о сокращении затрат ручного труда в фанерном производстве . . . . .	118
<i>Ю. В. Маркин.</i> О совершенствовании управления в лесной промышленности и лесном хозяйстве . . . . .	120
<i>А. В. Петерсон, Ю. И. Деминцев, Р. П. Исаева.</i> К вопросу о районировании сырьевой базы подсоски . . . . .	123
<i>Б. И. Павлов.</i> Классификация проектных работ . . . . .	126

#### ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ

<i>В. П. Разумов.</i> Брянскому опытному лесничеству 75 лет . . . . .	130
---	-----

#### КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

<i>И. С. Мелехов, Е. П. Сергеева.</i> Девственные леса Чехословакии . . . . .	132
---	-----

#### ЮБИЛЕИ

<i>Е. Г. Петров.</i> Иван Данилович Юркевич (к 80-летию со дня рождения и 55-летию научно-педагогической и общественной деятельности . . . . .	134
<i>О конкурсах</i> . . . . .	136
<i>Рефераты</i> . . . . .	142

## CONTENTS

S. N. Kogan. Advanced experience should be adopted . . . . .	3
--	---

### FORESTRY

Yu. I. Sukhorukikh, I. V. Treshchevsky, V. V. Uspensky. Method of levelling the density of stands when studying the speed of rising forest plantations . . . . .	5
O. I. Poluboyarinov, G. N. Nekrasova. On the relation of water content and density of wood in growing trees . . . . .	7
I. K. Blintsov. Influence of forest hydromelioration and soils on the growth of pine cultures in Byelorussia Polesye . . . . .	11
M. M. Kotov. Innerpopulation changeability of chlorophyll content and thermostability of chlorophyll-protein complex in the needles of common pine . . . . .	14
V. V. Uspensky. The way of calculating branch resources in pine forests . . . . .	17
V. I. Ditrikh. Morphological structure peculiarities of siberian larch stands . . . . .	20
L. P. Smolyak, E. D. Mantsevich, M. I. Baranov. Influence of climatic conditions in Byelorussia on growing rate of common pine trees of different geographical origin . . . . .	23
V. V. Pakhuchy. Growing-stock of coniferous stands in connection with water regime of soils on the old drained swamps . . . . .	26
E. L. Bartkyavichyus, A. P. Tyabera. Changes of pine stands productivity at the impact level of environmental pollution . . . . .	29
Ya. A. Yuditsky. A new mathematical growth function . . . . .	32

### FOREST EXPLOITATION

P. F. Marchenko. Inertia moment of an autotruck when making a turn . . . . .	36
B. B. Demidovsky. Investigation of temperature regimes in the block brake friction assembly of narrow gauge locomotives . . . . .	40
N. A. Belousov. Asymmetrical balanced track shoes of logging machines propellers . . . . .	43
K. A. Chekalkin. Using the method of random functions in hydrological basings of winter rafting grounds projects . . . . .	48
V. V. Krylov. Determination of optimal rotating speed of the grapple . . . . .	54
K. N. Barinov, O. N. Rusak, V. A. Aleksandrov, V. P. Gorbachev. Some aspects of the research work devoted to ergonomics of labour in prognosing the activities of a forest machines' operator . . . . .	57
A. A. Aksyanov. Investigation of dependency of scattering logs by end-faces in a package upon the speed of longitudinal displacement . . . . .	62

### MECHANICAL TECHNOLOGY AND WOODSCIENCE

B. P. Erykhov, A. P. Plotnikov. Investigation of kinetics of structural changings in paper by the method of torsional vibrations . . . . .	68
V. N. Petry, V. D. Volkova. Controlling technical properties of lignocarbonate wood plastics . . . . .	71
B. A. Osvensky. On wood resistance to shearing at the combination of tangential stresses along the grain with normal compression stresses across the grain . . . . .	74
M. A. Bubenchikov. Physical properties of plywood repairing putty . . . . .	78
V. V. Chantsov. On the error of determining the size at automatic control of different thickness of particle boards . . . . .	83
V. V. Kharitonov, B. G. Starodubets. The analysis of the process of measuring log diameters while using phase-shifting transducer . . . . .	85
S. N. Zigelboim. Estimation of shear modulus of particle boards by means of torsion tests . . . . .	91
V. V. Ogurtsov. The influence of thickness and width modifications of saw-timber upon the trustworthiness of its mechanical grading for strength . . . . .	95
V. V. Dunaeva, V. F. Dunaev. Experimental method of investigating disc saws' vibrations . . . . .	99

---

 CHEMICAL WOODWORKING

<i>L. A. Maljutina, E. V. Ushkova, V. A. Vyrodov.</i> Studying extraction mechanism of bioactive substances by the method of deflegmation with preliminary mechanical dehydration of wood verdure . . . . .	104
<i>Yu. A. Malkov, Papa Diagne.</i> Influence of the composition of white liquor sulphuric compounds on the yield and properties of kraft pulp . . . . .	108
<i>N. A. Velichko, S. M. Repyakh, N. A. Chuprova.</i> On lignin substances in pine-needles . . . . .	112
<i>V. I. Naidenov, I. F. Koperin, V. R. Purim.</i> Physical and chemical properties of wood waste ash . . . . .	115

## ECONOMICS AND ORGANIZATION OF PRODUCTION

<i>B. S. Petrov, L. N. Galochkina.</i> On reducing manual labour in plywood production . . . . .	118
<i>Yu. V. Merkin.</i> On further improvement of management in forest industry and forestry . . . . .	120
<i>A. V. Peterson, Yu. I. Demintsev, R. P. Isaeva.</i> On the problem of dividing into districts the raw material base of tapping . . . . .	123
<i>B. I. Pavlov.</i> The classification of designed works . . . . .	126

## FROM HISTORY OF SCIENCE

<i>V. P. Razumov.</i> The Bryansk experimental forestry is 75 . . . . .	130
---	-----

## CRITIQUE AND BIBLIOGRAPHY

<i>I. S. Melekhov, E. P. Sergeeva.</i> Czechoslovakia's virgin forests . . . . .	132
--	-----

## JUBILEE

<i>E. G. Petrov, I. D. Yurkevich</i> (to the 80 <sup>th</sup> birthday and 55 years of scientific, pedagogical and social activities) . . . . .	134
<i>On the competition</i> . . . . .	136
<i>Referates</i> . . . . .	142

---

## РЕФЕРАТЫ

Осваивать и внедрять передовой опыт. КОГАН С. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 2, с. 3.

УДК 630\*566

Способ выравнивания густоты древостоев при изучении их хода роста. СУХОРУКИХ Ю. И., ТРЕЩЕВСКИЙ И. В., УСПЕНСКИЙ В. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 2, с. 5.

При выравнивании густоты древостоя по данным пробных площадей рекомендуется использовать произведение  $HDN$ , отличающееся высокой стабильностью и мало зависящее от возраста. Проверка по материалам фактических пробных площадей показала высокую точность: отклонение от данных таблиц А. В. Тюрина составляет — 2,1%. Табл. 3 Библиогр. список: 4 назв.

УДК 630\*81

О взаимосвязи влажности и плотности древесины растущих деревьев. ПОЛУВОЯРИНОВ О. И., НЕКРАСОВА Г. Н., ФЕДОРОВ Р. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 2, с. 7.

На модельных деревьях изучены условная плотность  $\rho_{усл}$  и абсолютная влажность  $W$  древесины ели, сосны, березы и осины. Для хвойных пород установлена сильная, а для березы — средняя теснота связи между этими показателями. Для осины связь не обнаружена. Установленные зависимости могут быть использованы при разработке методов весовой таксации леса. Ил. 3. Табл. 1. Библиогр. список: 16 назв.

УДК 630\*237.2:630\*233

Влияние гидроресмелиорации и почва на рост культур сосны в Белорусском Полесье. БЛИНЦОВ И. К. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 2, с. 11.

По материалам обследования лесных культур на мелиорированных землях Белорусского Полесья показана зависимость между почвами и продуктивностью сосновых культур. Установлены некоторые различия размеров хвоинок сосны в зависимости от почвенно-грунтовых условий. Табл. 4.

УДК 581.174.1

Внутрипопуляционная изменчивость содержания хлорофилла и термостойкости хлорофилло-белкового комплекса в хвое сосны обыкновенной. КОТОВ М. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 2, с. 14.

Изучено содержание и термостойкость хлорофилла в хвое сосны в сосняках беломошном и черничном II—III классов возраста. Показано, что изменчивость содержания хлорофилла в популяции составляет 20—30%. При воздействии на хвою повышенных температур хлорофилл разрушается. При 50°С и 20-минутной экспозиции разрушается в среднем 12%, а при 55°С — 40% хлорофилла. Засухоустойчивые особи сосны характеризуются повышенной термостойкостью хлорофилла. Табл. 2. Библиогр. список: 9 назв.

УДК 630\*531

Способ учета ресурсов ветвей в сосновых лесах. УСПЕНСКИЙ В. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 2, с. 17.

Разработан способ таксации запасов ветвей в сосновых древостоях на основании тесной корреляционной связи между запасом стволовой древесины и массой ветвей, выраженной в процентах от массы стволовой древесины. Точность определения ресурсов хвой  $\pm 15\%$ . Способ применим как для отдельных древостоев, так и для прогнозирования ресурсов на больших площадях. Ил. 1. Табл. 1. Библиогр. список: 15 назв.

УДК 630\*531

Особенности морфологического строения полога древостоев лиственницы сибирской. ДИТРИХ В. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 2, с. 20.

Изучено морфологическое строение полога древостоев лиственницы сибирской. Выявлены закономерности изменения диаметров и длин кроны в зависимости от возраста древостоев, класса бонитета и типа леса. Вычислены коэффициенты корреляции и изменчивости для основных показателей полога. Табл. 1. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 630\*181.65

Особенности влияния климатических условий Белоруссии на прирост сосны обыкновенной разного географического происхождения. СМОЛЯК Л. П., МАНЦЕВИЧ Е. Д., БАРАНОВ М. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 2, с. 23.

Исследуется влияние годичных колебаний климатических факторов центральной Белоруссии на абсолютный годичный прирост по площади сечения сосны обыкновенной разного географического происхождения. Выявлены различия в особенностях и степени реакции прироста изучаемых климатипов на воздействие факторов внешней среды. С возрастом происходит процесс постепенного сглаживания различий. Наибольшая корреляция индексов прироста прироста северным и местной соснам. Южные климатипы больше склонны к своеобразию в отражении факторов внешней среды. Табл. 2. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 630\*385.1:630\*114.122

Производительность хвойных древостоев в связи с водным режимом почвы на объектах старого осушения. ПАХУЧИЙ В. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 2, с. 26.

Рассмотрена зависимость роста леса от влажности почвы и глубины почвенно-грунтовых вод на староосушенном торфянике с небольшой мощностью торфа. Табл. 2. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 632.151.630\*52

Изменения производительности сосновых древостоев в условиях локального загрязнения окружающей среды. БАРТКЯВИЧЮС Э. Л., ТЯБЕРА А. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 2, с. 29.

Приводятся результаты исследований изменения текущего радиального прироста и суммы площадей сечений сосновых древостоев, произрастающих вблизи от Ионавского завода азотных удобрений. Ил. 1. Табл. 1. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 630\*5:001.5

Новая математическая функция роста. ЮДИЦКИЙ Я. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 2, с. 32.

Излагается способ получения математической модели процессов роста деревьев и древостоев, исходя из дифференциального уравнения. Дано сравнение табличных таксационных признаков и полученных моделированием. Табл. 2. Библиогр. список: 7 назв.

УДК 629.1-445.75.001.2

Инерционный момент автобуса при движении на повороте. МАРЧЕНКО П. Ф. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 2, с. 36.

Доказана необходимость учета распределения инерционного момента при неравномерном движении автобуса с  $\frac{L}{V} > 0,5$  на повороте между продольными составляющими боковых реакций на колеса, которые его воспринимают. Ил. 1. Табл. 1. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 625.156.6

Исследование температурных режимов в узле трения колодочного тормоза тепловозов узкой колеи. ДЕМИДОВСКИЙ Б. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 2, с. 40.

Приведены результаты исследования температурных режимов узла трения колодочного тормоза ТУ4 в эксплуатационных условиях. Исследованы тормозные колодки из асбофрикционных материалов, чугуно-капронового пресс-материала и чугуна. Полученные данные позволили выбрать наиболее перспективный материал, обеспечивающий удовлетворительный отвод тепла от узла трения при надлежащей тормозной эффективности и износоустойчивости. Ил. 2. Табл. 1. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 629.032.1.001.2

Уравновешенные несимметричные звенья гусеничных движителей лесозаготовительных машин. БЕЛОУСОВ Н. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 2, с. 43.

Изложена методика и обоснована необходимость создания уравновешенных несимметричных звеньев гусеничных движителей лесозаготовительных машин. Предложены аналитические зависимости для определения геометрических параметров уравновешенных несимметричных звеньев гусеничных движителей с учетом физико-механических свойств поверхности движения. Ил. 4. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 630\*378.2:311

Использование метода случайных функций в гидрологических обоснованиях проектов зимних плотниц. ЧЕКАЛКИН К. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 2, с. 48.

Вносится предложение об использовании метода случайных функций в гидрологических обоснованиях проектов зимних плотниц. Излагаются новые способы статистической обработки многолетних водомерных наблюдений для этой цели. Ил. 4. Табл. 2. Библиогр. список: 8 назв.

УДК 630\*377:621.86.063.2

Определение оптимальной скорости разворота грейферного захвата. КРЫЛОВ В. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 2, с. 54.

Рассматривается вопрос об уменьшении длительности разворота грейферного захвата неполноповоротным ротатором. Вычислены коэффициенты для определения экстремальной скорости разворота захвата. Минимальная продолжительность разворота грейферного захвата на 90 и 180° различается незначительно. Ил. 2. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 630\*36

К исследованию эргономики труда и прогнозирования деятельности оператора лесной машины. БАРИНОВ К. Н., РУСАК О. Н., АЛЕКСАНДРОВ В. А., ГОРБАЧЕВ. В. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 2, с. 57.

Приводится общий принцип моделирования системы среда — человек — машина — дерево на АВМ и результаты предварительного исследования нагрузок, действующих на оператора лесной машины. Дается пример расчета вертикальных колебаний системы и делается вывод о возможности прогнозирования деятельности оператора по использованию технических скоростей элементов манипулятора. Ил. 4. Табл. 1. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 630\*854

Исследование зависимости разброса бревен по торцам в пачке от скорости продольного перемещения. АКСЯНОВ А. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 2, с. 62.

Рассмотрено влияние скорости продольного перемещения бревна на разброс бревна по торцам. Установлено, что при повышенных скоростях и незначительной ширине площадки астакады транспортера бревно может падать в накопитель с некоторой остаточной продольной скоростью, которая не погасилась силами трения бревна о площадку. При падении бревна в накопитель с высоты  $H$  эта скорость вызывает дополнительный разброс. При скорости 1,2—1,5 м/с общий разброс достигает 65—70 см, следовательно, формирование качественных пачек невозможно, если не погасить скорости бревна после его сброса с тягового органа транспортера и др. Ил. 2. Табл. 3. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 676.017.2

Исследование кинетики структурных изменений в бумаге методом крутильных колебаний. ЕРЫХОВ В. П., ПЛОТНИКОВ А. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 2, с. 68.

Данная работа — продолжение исследований по дифференцированному воздействию жидкостей на различные связи в бумажном листе. Объектами изучения являлись хвойная сульфатная целлюлоза со степенью помола от 30 до 90° ШР, лиственная целлюлоза и типографская бумага Сыктывкарского ЛПК. Пропитку осуществляли трансформаторным и растительным маслами. Показано, что наблюдаемые при этом временные структурные изменения обусловлены межволоконным взаимодействием, которое существенно изменяется при диффузии масла в волокно и межволоконные промежутки и при последующем его высыхании с образованием упрочняющей образцы пленки. Водородные связи при таком воздействии, по-видимому, не затрагиваются. Ил. 3. Библиогр. список: 7 назв.

УДК 630\*865

Управление техническими свойствами лигноуглеводных древесных пластинок. ПЕТРИ В. Н., ВОЛКОВА В. Д. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 2, с. 71.

Показано, что варьирование технологическими факторами изготовления плит и использование различных приемов облагораживания сырья позволяет получать лигноуглеводные древесные пластики с широким диапазоном физико-механических свойств. Табл. 2. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 630\*812

О сопротивлении древесины скалыванию при сочетании касательных напряжений вдоль волокон с нормальными напряжениями сжатия поперек волокон. ОСВЕНСКИЙ Б. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 2, с. 74.

Разработанная автором ранее теория сопротивления древесины, основанная на ее микроструктуре, дает возможность установить сопротивление древесины при сложном напряженном состоянии. На основе этой теории и с помощью приведенных в данной статье формул установлено значение предельного сопротивления древесины при сочетании напряжений сдвига вдоль волокон с нормальными напряжениями сжатия поперек волокон. Полученные зависимости хорошо согласуются с опытными данными автора и экспериментальными данными зарубежных авторов. Ил. 4. Библиогр. список: 7 назв.

УДК 667.634.7

Физические свойства фанеропочиночной шпатлевки. БУБЕНЧИКОВ М. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 2, с. 78.

Разработан состав безусадочной шпатлевки для починки фанеры с целью повышения ее качества и сортности. Приведен состав шпатлевки, а также результаты изучения физических свойств ее. Разработанная шпатлевка обладает высокими физическими свойствами, обеспечивающими широкое практическое использование ее в различных отраслях деревообработки. Ил. 3. Табл. 1. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 674.815-41:531.717

О погрешности определения размера при автоматическом контроле разнотолщинности ДСП. ЧЕНЦОВ В. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 2, с. 83.

При автоматическом контроле разнотолщинности древесностружечных плит результаты измерений по трассам контроля связаны вероятностной зависимостью, что повышает точность определения толщины каждым преобразователем размеров. В статье рассматриваются качественные показатели измерительной системы при контроле толщины древесностружечных плит по трем трассам измерения. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 630\*3.002.56

Анализ процесса измерения диаметров бревен с использованием фазосдвигающего преобразователя. ХАРИТОНОВ В. В., СТАРОДУБЕЦ В. Г. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 2, с. 83.

Рассматриваются вопросы выбора величины квантования измеряемого диаметра и поправки на кору для практики проектирования первичных преобразователей со сдвигом фаз выходных сигналов. Предлагается метод исследования функционирования первичного измерительного преобразователя с помощью таблиц состояний, моделирующих квантование диаметра и поправки. Проведена аналитическая оценка влияния на погрешность учета круглых лесоматериалов величины квантования диаметра и поправки. Ил. 2. Табл. 1. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 630\*812.001.4

Определение модулей сдвига древесностружечных плит из опытов на кручение. ЗИГЕЛЬБОИМ С. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 2, с. 91.

В статье приведена методика графического расчета модулей сдвига древесностружечных плит, в основе которой лежит известное решение задачи о кручении анизотропного стержня прямоугольного сечения. Описана экспериментальная установка, приведен пример решения и значения модулей сдвига древесностружечных плит П-1Т и П-2Т (в отдельности для наружных и внутренних слоев). Ил. 3. Табл. 2. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 674.09-791.8

Влияние варьирования толщины и ширины пиломатериалов на достоверность их механической сортировки по прочности. ОГУРЦОВ В. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 2, с. 95.

Представлены графики, позволяющие оценивать снижение достоверности сортировки разнотолщинностью и разноширинностью, а также определять целесообразность введения автоматических поправок по толщине и ширине пиломатериалов. Ил. 4. Табл. 1. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 674.093.6.05

Экспериментальный метод исследования колебаний дисковых пил. ДУНАЕВА В. В., ДУНАЕВ В. Ф. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 2, с. 99.

Разработан еще один экспериментальный метод определения резонансных частот вперед и назад бегущих цепей волн во вращающемся диске. Задают частоту вращения диска и форму его колебаний, т. е. число узловых диаметров. Измеряют частоту вперед и назад бегущих цепей волн при резонансе. По известным формулам рассчитывают частоту собственных колебаний вращающегося диска, критическую частоту его вращения и другие величины. Ил. 3. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 674.87:66.061.4

Изучение процесса экстракции биоактивных веществ дефлегмационным методом с предварительным механическим обезвоживанием древесной зелени. МАЛЮТИНА Л. А., УШКОВА Е. В., ВЫРОДОВ В. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 2, с. 104.

Изучены закономерности механического отжима клеточного сока из древесной зелени сосны и ели промышленного измельчения. Исследован механизм извлечения биоактивных веществ дефлегмационным методом из обезвоженной древесной зелени. Показано, что предварительный механический отжим жидкой фазы сокращает длительность экстракции с 3—5 до 1,5—2 ч с повышенным выходом бензинорастворимых компонентов на 10—40%, обогащенных в 1,5—2,6 раза хлорофиллом и каротином. Ил. 3. Табл. 1. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 676.1.022.168

Влияние состава сернистых соединений белого щелока на выход и свойства сульфатной целлюлозы. МАЛКОВ Ю. А., ПАПА ДИАНЬ. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 2, с. 108.

В опытах по варке древесины сосны сибирской получены количественные зависимости выхода и свойств целлюлозы от состава сернистых соединений

белого щелока (соотношение в нем сульфидной и полисульфидной серы в ионах тиосульфата). Ил. 6. Табл. 1. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 630\*813

**О лигниновых веществах хвои сосны.** ВЕЛИЧКО Н. А., РЕПЯХ С. М., ЧУПРОВА Н. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 2, с. 112.

Изучено изменение содержания лигниновых веществ в хвое сосны в зависимости от ее возраста. Содержание их в хвое первого года составляет 24,5%, затем постепенно уменьшается до 20,1%. Выделены и изучены препараты диоксацилининов. Табл. 3. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 662.613.11

**Физико-химические свойства золы древесных отходов.** НАЙДЕНОВ В. И., КОПЕРИИ И. Ф., ПУРИМ В. Р. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 2, с. 115.

В статье рассматриваются вопросы прогнозирования поведения шлакозольного остатка в топочных камерах котлоагрегатов, в которых в качестве топлива используются древесные отходы. Показано, что наличие минеральных включений резко меняет физико-химические свойства древесной золы, в основном ее плавкостные характеристики. Обсуждены проблемы, связанные с выбором футеровочных масс для топочных камер. Табл. 2. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 674.093.26:011.54/56

**К вопросу о сокращении затрат ручного труда в фанерном производстве.** ПЕТРОВ Б. С., ГАЛОЧКИНА Л. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 2, с. 118.

УДК 658. 012.011.56

**О совершенствовании управления в лесной промышленности и лесном хозяйстве.** МАРКИН Ю. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 2, с. 120.

Освещаются основные направления развития отраслей. Обращается внимание на то, что в перспективе новые

предприятия будут создаваться преимущественно в виде лесопромышленных комплексов (ЛПК). Дается определение понятия ЛПК и на примере производственного объединения «Братский ЛПК» рассматривается организационная структура управления ЛПК и отраслью в будущем. Библиогр. список: 12 назв.

УДК 630\*284.003

**К вопросу о районировании сырьевой базы подсосны.** ПЕТЕРСОН А. В., ДЕМИНЦЕВ Ю. И., ИСАЕВА Р. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 2, с. 123.

Рассматривается вопрос о возможности применения схемы лесохозяйственного районирования, разработанной Уральской ЛОС, для дифференцированного подхода к технико-экономическим показателям подсосного производства, в частности для определения нормативной смолопродуктивности. Исчислены индексы смолопродуктивности сырьевых баз по лесохозяйственным районам Свердловской области. Табл. 1.

УДК 630\*79.001.2

**Классификация проектных работ.** ПАВЛОВ Б. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 2, с. 126.

Рассмотрена классификация проектных работ на предпроектные (генсхемы, технико-экономические обоснования и др.), нормативно-методические и проектные (технические проекты и рабочие чертежи). Ил. 1.

УДК 06.091.05

**Брянскому опытному лесничеству 75 лет.** РАЗУМОВ В. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 2, с. 130.

УДК 630\*228.81 (049.3)

**Девственные леса Чехословакии.** МЕЛЕХОВ И. С., СЕРГЕЕВА Е. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 2, с. 132.

**Иван Данилович Юревич. К 80-летию со дня рождения и 55-летию педагогической и общественной деятельности.** ПЕТРОВ Е. Г. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 2, с. 134.