

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

---

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ  
ЗАВЕДЕНИЙ

---

*Лесной журнал*

*ГОД ИЗДАНИЯ ДЕВЯТНАДЦАТЫЙ*

1

1976

АРХАНГЕЛЬСК

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

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

---

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

Выходит 6 раз в год.

© ИВУЗ, «Лесной журнал», 1976.

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

---

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ  
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 1  
(Год издания девятнадцатый)

---

Сдан в набор 31/ХІІ 1975 г. Подписан к печати 1/ІІІ 1976 г.  
Форм. бум. 70Х108<sup>1/16</sup>. Печ. л. 15,4 + 5 вкл. Физ. л. II. Уч.-изд. л. 15,76.  
Тираж 2100. Сл. 00067. Заказ 8404. Цена I руб.

---

Типография им. Скляпина издательства Архангельского обкома КПСС,  
г. Архангельск, Набережная В. И. Ленина, 86.

## ЛЕСНАЯ ВЫСШАЯ ШКОЛА В БОРЬБЕ ЗА ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС

С большим вниманием и подлинной заинтересованностью обсуждали все советские люди проект ЦК КПСС XXV съезду партии «Основные направления развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 гг.». Итоги девятой пятилетки показывают, что наша страна продвинулась вперед на всех направлениях коммунистического строительства. Высокими темпами развивались производительные силы общества. Значительно возрос научно-технический потенциал страны, совершенствовались социалистические производственные отношения. Созданы необходимые условия для решения новых, более крупных задач в соответствии с долговременной социально-экономической политикой Коммунистической партии.

Главная задача десятой пятилетки состоит в последовательном осуществлении курса Коммунистической партии на подъем материального и культурного уровня жизни народа на основе динамичного и пропорционального развития общественного производства и повышения его эффективности, ускорения научно-технического прогресса, роста производительности труда, всемерного улучшения качества работы во всех звеньях народного хозяйства.

Важнейший экономический показатель — национальный доход — предстоит увеличить на 24—28%, производство промышленной продукции — на 35—39%. Реальные доходы на душу населения возрастут на 20—22%. Динамично, высокими темпами будут развиваться все отрасли народного хозяйства.

В лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности производство продукции намечено увеличить на 22—25%. Отрасли лесного комплекса, как и в прошедшей IX пятилетке, будут развиваться по пути более полного и комплексного использования древесного сырья без существенного увеличения лесозаготовок.

Будет продолжено планомерное перемещение центра тяжести объема лесозаготовок в сторону лесоизбыточных районов Сибири и Дальнего Востока. В европейской части страны главная задача лесозаготовки состоит в более рациональном использовании лесосырьевых ресурсов, широком вовлечении в переработку мягколиственной и низкооборотной хвойной древесины.

Перед лесозаготовительными отраслями поставлена задача ускорить наращивание мощностей по химической и химико-механической переработке древесных отходов, низкокачественного хвойного и мягколиственного сырья. На 15—25% увеличится выпуск бумаги и картона, в 1,4—1,5 раза — производство мебели.

Важно подчеркнуть, что весь прирост выпуска лесопродукции должен быть обеспечен путем повышения производительности труда; ее рост намечен: в лесной и деревообрабатывающей промышленности — на 25—27%, в целлюлозно-бумажной отрасли — на 23—25%.

Дальнейшее развитие получит наше лесное хозяйство. Основная задача здесь — обеспечить повышение продуктивности лесов, получение большего количества товарной древесины с каждого гектара лесной площади, рациональное использование лесных ресурсов. Предстоит большая работа по техническому перевооружению и химизации лесного хозяйства. Установлены конкретные задания по лесовосстановлению, защитному лесоразведению, осушению земель, лесоустройству, охране лесов от пожаров, вредных насекомых и болезней.

Основные средства решения задач X пятилетки — интенсификация и всемерное повышение эффективности производства — предъявляют все возрастающие требования к руководящим и инженерным кадрам промышленности. Умение правильно ориентироваться в направлениях технического прогресса, всесторонне учитывать тех-

нические, организационные и социально-психологические факторы производства и предвидеть последствия принимаемых решений, выбирать оптимальный образ действия и решительно добиваться его осуществления, вырабатывать способность увлечь за собою весь коллектив — всеми этими и многими другими качествами должен быть наделен современный инженер. Это значит, что на новую более высокую ступень должна быть поднята и вся деятельность советской высшей школы. «Считать важнейшей задачей высших учебных заведений, — записано в проекте ЦК КПСС, — повышение уровня подготовки и идейно-политического воспитания специалистов. Расширить материальную базу высших учебных заведений. Активнее внедрять в учебный процесс технические средства и новые методы обучения. Улучшить оснащение лабораторий, учебных и учебно-методических кабинетов, мастерских современным оборудованием, приборами, инструментами, учебными пособиями».

Особое внимание уделяется обеспечению кадрами районов интенсивного развития производительных сил. Необходимо шире привлекать в вузы молодежь с большим производственным опытом. Предприятия лесной промышленности должны полнее использовать предоставленное им право командировать на учебу передовых рабочих.

Глубоко обоснованная и ясная программа развития науки, сформулированная в разделе VII проекта ЦК КПСС, целиком относится и к научно-педагогическому составу вузов. Добиться органического сочетания педагогической, научно-исследовательской и воспитательной работы всех преподавателей — одна из главных задач высшей школы и в то же время — основное средство повышения качества подготовки выпускаемых специалистов. Ученые лесотехнических вузов внесли немалый вклад в создание новой техники и технологии для всех отраслей лесного комплекса. Подтверждение тому — большое количество авторских свидетельств, патентов, медалей ВДНХ, научных монографий, статей. Заметно расширились и укрепились связи вузовской науки с производством. Одной из эффективных форм этой связи являются договоры о творческом содружестве вузов с промышленными предприятиями и объединениями. Более планомерным становится процесс внедрения рекомендаций науки в производство.

Отдача научных исследований вузов будет еще выше, если их научные силы будут сконцентрированы на решении крупных проблем, выдвигаемых самой промышленностью «сверху» и финансируемых на долгосрочной хоздоговорной основе. Необходимы единые координационные планы по комплексным проблемам, имеющим важное народнохозяйственное значение. Дальнейшее и притом ускоренное развитие должна получить сеть проблемных и отраслевых лабораторий при вузах.

Крупный резерв усиления научной деятельности вузов заключен в более широком привлечении студентов. В лесотехнических вузах полностью оправдала себя практика разработки комплексных планов привлечения студентов к научной работе на весь период обучения. Необходим поиск новых форм активизации научного творчества студентов.

Годы IX пятилетки и особенно последние предсъездовские месяцы ознаменовались стремительным взлетом социалистического соревнования. День ото дня обогащаются его формы, растет действенность. Соревнование охватило все сферы деятельности, включая и высшее образование. Первый опыт организации соревнования в вузах принес обнадеживающие результаты.

Новый прилив творческих сил и инициативы вызвало постановление ЦК КПСС, Совета Министров СССР, ВЦСПС и ЦК ВЛКСМ «О Всесоюзном социалистическом соревновании за повышение эффективности производства и качества работы, за успешное выполнение народнохозяйственного плана на 1976 год».

Вместе со всем советским народом высшая лесная школа уверенно вступает в новую пятилетку.

Все наши силы и знания отдадим делу строительства коммунизма!

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 634.0.221.0

## ЛЕСОВОДСТВЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ СПЛОШНЫХ И ПОСТЕПЕННЫХ РУБОК В ДУБРАВАХ ЦЧО

Е. Г. ГНАТЕНКО, И. В. СУХОВ

Воронежский лесотехнический институт

Излагаются результаты изучения влияния сплошных и постепенных 2- и 3-приемных рубок на формирование семенных дубовых насаждений в условиях Шипова леса. Исследования проводили на опытных рубках Г. Г. Юнаша, заложенных в 1929 г. Установлено, что после обильных урожаев постепенные рубки дают наибольший лесоводственный эффект при коротких сроках повторяемости приемов. При отсутствии предварительного возобновления дуба под пологом леса рекомендуются сплошные рубки с последующими культурами на свежих вырубках.

Дуб черешчатый — основная древесная порода в лесах ЦЧО. Построенные дубравы занимают 68% площади, и только 32% представлено семенными высокоствольными насаждениями. В связи с этим до настоящего времени весьма актуален вопрос о восстановлении семенных дубовых насаждений путем использования подроста, имеющегося под пологом леса.

В интересах повышения биологической устойчивости и продуктивности дубрав необходимо умело сочетать различные способы рубок с учетом биологии пород и типов леса.

Для сравнительного изучения влияния способов рубок (сплошных и постепенных 2- и 3-приемных) на семенное возобновление дубрав и последующее формирование насаждений, в 1974 г. в Шиповом лесу на участках опытных рубок Г. Г. Юнаша [2], [3] было повторно заложено 19 пробных площадей размером 0,5 га каждая.

На пробных площадях проводили сплошной пересчет деревьев. Для сравнительного изучения роста насаждений в зависимости от способов рубок брали модельные деревья и делали их полный анализ.

По материалам наблюдений 1974 г., а за более ранние сроки по данным Г. Г. Юнаша [2], [3] и А. К. Тюрина [1], выполнен сравнительный таксационно-лесоводственный анализ насаждений, сформировавшихся после сплошных и постепенных рубок в Шиповом лесу на протяжении 45 лет. При анализе все варианты объединяли в группы с учетом времени нахождения подроста под неизреженным пологом насаждения.

Рассмотрим результаты изучения количества и сохранности дуба по группам в зависимости от сплошных и постепенных рубок. Данные табл. 1 показывают, что к 45-летнему возрасту древостоя в первых двух группах наблюдается более высокая сохранность дуба после постепенных 2- и 3-приемных рубок. При сравнении первых двух групп видно, что сохранность повышается в 1,7—2,1 раза, что связано с увеличением срока пребывания подроста под неизреженным пологом с 1 до 2 лет.

С увеличением времени пребывания подроста дуба под пологом неизреженного насаждения до 3—4 лет сохранность деревьев в возрасте 45 лет уже не зависит от способа рубки. Это подтверждается данными для III и IV групп, где сохранность деревьев в сравниваемых вариантах не превышает 12—14%. В целом же количество деревьев на 1 га к возрасту 45 лет во всех вариантах насаждений постепенно

выравнивается, но самая низкая густота наблюдается в варианте после сплошной рубки в I группе.

Для более полного представления о влиянии сплошных и постепенных рубок на формирование насаждений рассмотрим рост дуба за 45 лет по диаметру и высоте. Из данных таблицы видно, что способы рубок оказывают значительное влияние на рост дуба в высоту и по диаметру, особенно в возрасте до 23 лет. Наилучшие показатели по высоте и диаметру в этом возрасте наблюдаются в насаждениях после сплошных рубок.

К 45-летнему возрасту древостоя это влияние снижается до минимума, а в некоторых случаях наибольшая средняя высота наблюдается после постепенных рубок. Это говорит о том, что у дуба, который позже освободился от влияния материнского полога, имеется тенденция к повышению прироста по диаметру и высоте. Эту же закономерность подтверждает анализ хода роста модельных деревьев, которые были взяты на пробных площадях 16, 11 и 2.

Наиболее обобщенное представление о влиянии способов рубок на формирование насаждений можно получить при сравнении запаса на 1 га и среднего объема одного дерева в насаждениях различных вариантов сплошных и постепенных рубок. Данные таблицы показывают, что до 23-летнего возраста средний объем одного дерева в насаждениях после сплошной рубки выше, чем после постепенной, в отдельных случаях в 5 раз. К возрасту 45 лет эта разница значительно уменьшается. При анализе влияния различных способов рубок на запас насаждений необходимо учитывать и сохранность дуба. Запас 45-летних древостоев, сформировавшихся после постепенных рубок, несколько больше, чем в древостоях после сплошных рубок.

### Выводы

1. Как постепенные 2- и 3-приемные, так и сплошные рубки после обильных урожаев обеспечивают формирование насаждений с господством семенного дуба.

2. Наибольшая сохранность дуба в возрасте 45 лет наблюдается в насаждениях после постепенных рубок при сроке пребывания подроста под неизреженным пологом до 2 лет.

3. Наблюдается тенденция увеличения прироста по высоте, диаметру и среднего объема одного дерева в насаждениях дуба, где подрост в течение более длительного времени испытывал влияние изреженного материнского полога.

4. При проведении постепенных 3-приемных рубок общий срок вырубки не должен превышать 11 лет.

В случае обильных урожаев в дубравах лесостепи в первые два-три года можно рекомендовать сплошные рубки с одновременным проведением на других участках первого приема 2- и 3-приемных постепенных рубок. Это обеспечит семенное возобновление дуба на вырубках в течение 11 лет.

При отсутствии обильного урожая или возобновлении дуба под пологом леса целесообразно практиковать обычные сплошные узколесосечные рубки с последующими культурами дуба на вырубках.

### ЛИТЕРАТУРА

11. Тюрин А. К. Влияние способов рубок на формирование молодняков в дубравах лесостепи. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1969, № 3. [2]. Юнаш Г. Г. Возобновление дуба в Шиповом лесу. — «Лесное хозяйство», 1940, № 10. [3]. Юнаш Г. Г.

Способы главных рубок и их влияние на продуктивность молодняков. — В сб. работ по лесному хозяйству, ВНИИЛМ, 1956, вып. 33.

Поступила 20 октября 1975 г.

УДК 634.0.2.4 (571.15)

## К ВОПРОСУ ОБ ИНТЕНСИВНОСТИ ВЫБОРОЧНЫХ РУБОК В РАЗНОВОЗРАСТНЫХ СОСНЯКАХ ЛЕНТОЧНЫХ БОРОВ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Н. Г. КОСАРЕВ

Воронежский лесотехнический институт

Установлено влияние выборочных рубок различной интенсивности на таксационную характеристику сосновых древостоев в наиболее распространенном типе леса — сухой бор пологих всхолмлений. Выявлено изменение количества подроста сосны под пологом сосновых древостоев в зависимости от интенсивности выборочных рубок. Даны рекомендации по проведению выборочных рубок в разновозрастных сосняках ленточных боров интенсивностью, не превышающей 20% по запасу.

В междуречье Оби и Иртыша среди обширных степей Алтайского края произрастают сосновые леса, протянувшиеся в виде узких лент на сотни километров. По своеобразному расположению эти леса получили название ленточных боров. В 1943 г. эти боры, как имеющие большое почвозащитное, водоохранное и полезащитное значение, были отнесены к лесам I группы. Общая площадь их составляет 044,5 тыс. га, насаждения сосны занимают 86,3% лесопокрытой площади.

До 1952 г. рубки главного пользования в ленточных борах совсем не проводились. С 1952 г. в них были разрешены лесовосстановительные рубки.

Введенные в 1970 г. «Правила рубок главного пользования в лесах западной Сибири» [3] предусматривают проведение в ленточных борах добровольно-выборочных рубок. При этом вырубает спелые и перестойные деревья, в результате чего создаются лучшие условия для роста появившегося самосева и быстрейшего формирования молодых древостоев из подроста, который находился под пологом леса. На необходимость проведения выборочных рубок в ленточных борах указывали П. Р. Вангниц [1] и Л. Н. Грибанов [2], однако в имеющихся литературных источниках нет данных о том, как выборочные рубки различной интенсивности влияют на рост насаждений и ход естественного возобновления.

Для разрешения этого вопроса в Ключевском лесхозе Алтайского края в 1960 г. были заложены четыре постоянные пробные площади размером 1 га каждая в чистых сосняках, IV класса бонитета, в наиболее распространенном типе леса — сухом бору пологих всхолмлений. Этот тип леса занимает 41,2% лесопокрытой площади ленточных боров.

На каждой пробной площади выполнен перечет всех деревьев и обследовано естественное возобновление. В перечет включали деревья диаметром на высоте груди не менее 1,1 см. Экземпляры сосны с диаметром 1,0 см и ниже относили к подросту.

В древостоях этих пробных площадей в 1960 г. были срублены спелые, перестойные деревья и деревья, мешавшие росту молодняка. На каждой пробной площади было вырублено 56—96 деревьев сосны (19—42% запаса древостоя). По отдельным пробным площадям интенсивность выборочных рубок характеризуется следующими цифрами:

Номер пробной площади	1	2	3	4
Выбрано древесины по запасу, %	37	42	33	19

В 1973 г. на пробных площадях был произведен повторный пере-  
чет деревьев и учет естественного возобновления.

Таксационная характеристика древостоев в разные годы показана в табл. 1.

Таблица 1

№ пробной площади	Состав древостоя	Покое-ление	Таксационные показатели по поколениям			Число стволов на 1 га, шт.	Площадь сечения на 1 га, м <sup>2</sup>	Полнота древостоя	Запас стволовой древесины на 1 га, м <sup>3</sup>
			Средний возраст, лет	Средний диаметр, см	Средняя высота, м				
До рубки в 1960 г.									
1	10С	I	105	33,8	18,3	196	17,6	0,52	142
	10С	III	53	6,1	6,1	190	0,6	0,03	3
2	10С	I	108	34,9	18,1	116	11,1	0,33	87
	10С	II	84	18,9	13,5	47	1,3	0,04	9
	10С	III	55	4,5	5,2	1457	2,3	0,15	10
3	10С	I	129	36,7	18,7	150	15,8	0,47	134
	10С	II	93	21,5	16,1	67	2,4	0,07	20
	10С	III	46	5,1	4,7	201	0,4	0,03	2
4	10С	I	146	33,1	18,6	236	20,6	0,62	184
	10С	III	44	5,2	4,9	264	0,6	0,04	3
После рубки в 1960 г.									
1	10С	I	104	33,6	18,3	122	10,8	0,32	88
	10С	III	53	6,1	6,1	186	0,6	0,03	3
2	10С	I	105	34,4	18,0	62	5,8	0,17	44
	10С	II	85	20,1	14,1	39	1,2	0,04	9
	10С	III	55	4,5	5,2	1423	2,2	0,15	9
3	10С	I	125	38,1	18,9	92	10,1	0,30	89
	10С	II	91	23,7	16,2	41	1,8	0,06	15
	10С	III	46	5,1	4,7	197	0,4	0,03	2
4	10С	I	145	34,1	19,1	180	16,4	0,49	149
	10С	III	44	5,2	4,9	264	0,6	0,04	3
По результатам обмера в 1973 г.									
1	10С	I	113	35,3	18,8	123	12,0	0,35	99
	10С	III	50	3,4	5,2	604	0,6	0,04	3
2	10С	I	109	34,5	18,1	66	6,2	0,19	49
	10С	II	89	17,9	14,0	30	0,8	0,03	5
	10С	III	58	4,7	5,2	3417	5,8	0,37	26
3	10С	I	132	38,3	18,9	111	12,8	0,38	109
	10С	II	89	21,9	15,8	36	1,4	0,04	11
	10С	III	41	3,4	4,3	1134	1,0	0,08	4
4	10С	I	147	35,1	19,3	185	17,9	0,53	165
	10С	III	39	3,5	4,2	2440	2,3	0,18	7



Древостои пробных площадей относятся к разновозрастным, в которых представлены два или три возрастных поколения. Первое поколение преобладает по запасу.

Как видно из данных табл. 1, через 13 лет после проведения выборочных рубок на пробных площадях оказалось от 727 до 3513 деревьев сосны, то есть в несколько раз больше первоначального. Такое резкое увеличение числа стволов сосны произошло за счет перехода подроста в состав древостоя после проведения выборочных рубок. Это подтверждается тем, что 73—83% деревьев сосредоточено в ступенях толщины 2 и 4 см.

Влияние интенсивности выборки на полноту и запас древостоя довольно различно на разных пробных площадях. Так, на трех пробных площадях (№ 1, 2, 3) за 13 лет полнота и запас не восстановились, а оказались значительно ниже первоначальных показателей. Это объясняется большой интенсивностью выборочных рубок, когда выбиралось до 33—42% запаса древесины. Только на пробной площади № 4, на которой при выборочной рубке срублено 19% запаса древесины, полнота превысила первоначальное значение, а запас древесины практически восстановился.

В результате проведенного в 1960 и 1973 гг. учета возобновления установлено, что интенсивность выборочных рубок оказывает большое влияние на появление и развитие соснового подроста (табл. 2).

Как видно из табл. 2, на пробных площадях № 3 и 4 количество подроста сосны увеличилось в 3—4 раза. Этому способствовали выборочные рубки интенсивностью 20—30%. Численность подроста на пробных площадях № 1 и 2 снизилась. Это вызвано гибелью части подроста после выборочной рубки высокой интенсивности (37—42%).

Предварительное и последующее возобновление сосны распределяется неравномерно и зависит от интенсивности выборочных рубок (табл. 3).

Таблица 2

№ пробной площади	Количество соснового подроста на 1 га, шт.	
	до рубки в 1960 г.	по данным обследования в 1973 г.
1	17554	15300
2	15430	10412
3	16674	41958
4	12338	53346

Таблица 3

№ пробной площади	Количество соснового подроста на 1 га (числитель—шт.; знаменатель—%)		
	предварительного возобновления	последующего возобновления	итого
1	2805	12495	15300
	18,3	81,7	100
2	6320	4092	10412
	60,5	39,5	100
3	7416	34542	41958
	17,7	82,3	100
4	16688	36658	53346
	31,4	68,6	100

Высокая интенсивность выборочных рубок (42%) приводит к тому, что возобновление состоит преимущественно из сохранившегося подроста (60,5%), тогда как подрост последующей генерации составляет всего лишь 39,5% (пробная площадь № 2). Это свидетельствует

об отрицательном влиянии высокой интенсивности выборки на появление и рост соснового подроста.

В древостоях сосны, пройденных выборочными рубками интенсивностью 33—37% (пробные площади № 1, 3), преобладает последующее возобновление (81,7—82,3%). Это свидетельствует о том, что в результате рубок были созданы благоприятные условия для появления подроста. В то же время количество подроста предварительной генерации снизилось за счет отпада части подроста при вырубке материнского древостоя (33—37% по запасу).

После проведения выборочных рубок интенсивностью до 20% создаются наиболее благоприятные условия для появления последующего возобновления и развития предварительного возобновления. Об этом свидетельствуют данные пробной площади № 4.

Наши исследования показывают, что ход естественного возобновления, рост и развитие деревьев молодых поколений наиболее успешны в насаждениях сосны, пройденных выборочными рубками интенсивностью не более 20% по запасу.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Вангниц П. Р. Ленточные боры. М.—Л., Гослесбумиздат, 1953. [2]. Грибанов Л. Н. Степные боры Алтайского края и Казахстана. М.—Л., Гослесбумиздат, 1960. [3]. Правила рубок главного пользования в лесах Западной Сибири. М., 1970.

Поступила 11 мая 1975 г.

УДК 634.0.56

## К ВОПРОСУ О ТИПАХ РОСТА КАРПАТСКИХ ЕЛЬНИКОВ

Е. И. ЦУРИК

Полесская агролесомелиоративная опытная станция УкрНИИЛХА

На основе анализа материалов собственных исследований и работ других авторов доказывается наличие трех типов роста карпатских ельников. Установлено, что возрасты количественной и технической спелости, ход изреживания древостоев, а также изменение их запасов и общей продуктивности заметно отличаются в зависимости от типов роста. Делается вывод о необходимости учитывать типы роста еловых древостоев при инвентаризации лесного фонда и организации ведения хозяйства в лесах Карпат.

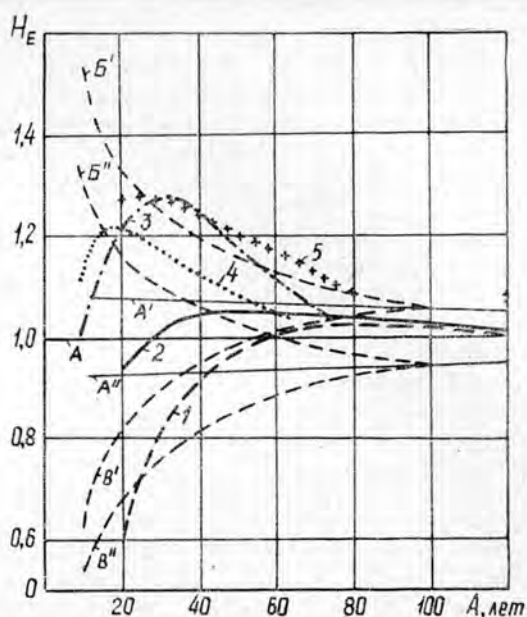
При выполнении лесотаксационных работ и решении многих вопросов лесохозяйственного проектирования используются таблицы хода роста древостоев. В зависимости от принципов построения, качества использованного экспериментального материала и степени его обобщения таблицы разделяются на всеобщие и местные.

В лесотаксационной литературе нет единого мнения о том, каким из этих двух видов таблиц отдавать предпочтение. Одни ученые (М. М. Орлов, А. В. Тюрин, Е. Герхардт) считали, что рост нормальных древостоев одной и той же породы происходит одинаково в разных географических районах: другие (А. Гуттенберг, Н. В. Третьяков, В. К. Захаров, П. В. Воропанов, М. В. Давидов), наоборот, утверждают, что даже на рост нормальных древостоев влияют факторы местного значения.

Многолетняя отечественная и зарубежная практика составления опытных таблиц хода роста показала, что в росте и развитии древостоев одних и тех же пород, произрастающих в различных лесорастительных условиях, наблюдаются значительные различия.

Рис. 1. Сопоставление средних высот еловых насаждений Ia класса бонитета разных типов роста с бонитировочными шкалами.

$A$  — средняя линия;  $A'$  — верхняя и  $A''$  — нижняя границы Ia класса бонитета по М. М. Орлову;  $B'$ ,  $B''$  и  $B'$ ,  $B''$  — соответствующие границы дифференцированной бонитировочной шкалы по К. Е. Никитину для насаждений с относительно медленным ( $B$ ) и относительно быстрым ( $B'$ ) ростом в молодости. 1 — данные автора, 2 — по Г. А. Ходоту; 3 — по Н. И. Оныськиву и Г. А. Порнцкому; 4 — по К. Е. Никитину; 5 — по Я. А. Сабану и О. С. Чорному.



тельных зонах и регионах, имеют место как общие черты и закономерности, так и немало местных отличий, которые не укладываются в общие схемы. Поэтому в последнее время все больше внимания уделяется выявлению именно местных особенностей развития древостоев. На этой основе возникло в лесной таксации учение о типах роста древостоев. Еще Ф. Флюри и А. Гуттенберг [7] при изучении хода роста ельников Швейцарии и Австрии обратили внимание на то, что ель в молодости растет значительно быстрее на равнинах, чем в горах.

Несколько позже проф. Н. В. Третьяков [7], анализируя многие работы по изучению хода роста древостоев, пришел к выводу, «что даже для нормальных древостоев существует несколько типов развития, не охватываемых не только рамками одного и того же класса бонитета, но иногда даже двух смежных общепринятых классов бонитета». В связи с этим им провизорно были намечены три типа развития древостоев: обычный, с падающей и с возрастающей интенсивностью роста по мере увеличения возраста.

Многочисленными работами проф. М. В. Давидова и его учеников [1], [6] наличие разных типов роста у древостоев одних и тех же пород, произрастающих в неодинаковых условиях, было неоднократно подтверждено.

При таксационных исследованиях карпатских ельников нами [11], [12] вопрос о типах роста специально не изучался, но исследования других авторов [9], [10], [3—5] позволяют уже сейчас сделать некоторые выводы.

На рис. 1 сопоставляется ход роста по высоте карпатских ельников Ia класса бонитета по материалам исследований разных авторов в сравнении с общепонитировочной (М. М. Орлова) и дифференцированной по темпам роста (К. Е. Никитина) бонитировочными шкалами [6]. Для большей наглядности средние высоты древостоев выражены в долях от высот средней линии Ia класса бонитета по М. М. Орлову в соответствующих возрастах.

Нетрудно видеть, что карпатские ельники Ia класса бонитета в молодом возрасте растут неодинаково. В горных условиях древо-

стой естественного происхождения в зависимости от возрастной структуры растут либо по обычному типу роста (данные Г. А. Ходота для одновозрастных древостоев), либо по типу с возрастающей интенсивностью роста (материалы наших исследований для условно одновозрастных древостоев). Еловые же монокультуры, созданные в Прикарпатье за пределами ареала ели, в молодости растут, как правило, очень быстро, но уже в возрасте 50—60 лет рост их резко снижается. Об этом свидетельствуют материалы таксационных исследований еловых культур во Львовской [10], [3] и других областях [5]. Характерно, что относительно быстрым ростом в молодом возрасте отличаются также еловые монокультуры, созданные еще дальше за пределами естественного ареала ели, на Винничине [2].

Аналогичные результаты получены и при сравнении средних высот исследованных еловых древостоев Карпат и Прикарпатья с бонитировочными шкалами М. М. Орлова и К. Е. Никитина по другим классам бонитета.

Вполне естественно, что выявленные различия в темпах роста по средней высоте наблюдаются и в изменении других таксационных показателей карпатских ельников, в том числе и таких, учет которых чрезвычайно важен при лесовыращивании и организации рационального лесопользования. Это возрасты спелостей и ход изреживания древостоев.

В табл. 1 приведены данные о возрастах количественной и технической спелостей, вычисленные нами по разным таблицам хода роста еловых древостоев. Легко видеть, что как количественная, так и техническая спелости карпатских ельников в пределах классов бонитета значительно различаются в зависимости от типов роста. Так, количественная спелость древостоев Ib класса бонитета, растущих по обычному и возрастающему типам роста, различается на 24 года, а древостоев Ia и I классов бонитета — соответственно на 20 и 18 лет между теми же типами роста.

Такая же закономерность различий возрастов количественной спелости наблюдается и между ельниками, растущими по обычному и убывающему типам роста.

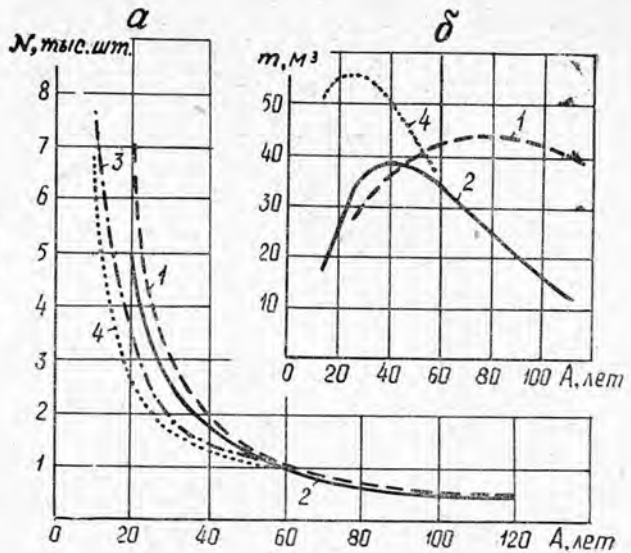
Таблица 1

Данные таблиц	Типы роста ельников	Возрасты спелостей по классам бонитета					
		количественная			техническая		
		Iв	Ia	I	Iв	Ia	I
Наши	$T_v$	74	79	85	82	88	95
Г. А. Ходота	$T_o$	50	59	67	56	67	78
Н. И. Оныськива и Г. А. Порицкого	$T_y$	—	40	50	—	50	55
К. Е. Никитина	$T_y$	—	45	—	—	55	—

Примечание:  $T_v$  — возрастающий,  $T_o$  — обычный и  $T_y$  — убывающий типы роста еловых насаждений.

Аналогично различаются еловые древостои разных типов роста и по возрастам технической спелости. Как видно из табл. 1, у ельников возрастающего типа роста возраст технической спелости больше, а убывающего типа роста — меньше в среднем на 15—20 лет по сравнению с древостоями обычного типа роста. А это значит, что при организации лесного хозяйства и планировании рационального лесопользования возрасты рубок карпатских ельников должны быть дифференцированы в зависимости от типов роста.

Рис. 2. Изменение числа стволов (а) и запаса выбираемой части (б) еловых насаждений Iа класса бонитета в зависимости от типов роста. Обозначения те же, что на рис. 1.



Вопросы обоснования оптимальных возрастов рубок для карпатских условно разновозрастных ельников, растущих относительно медленно в молодом возрасте, мы рассматривали ранее [12]. Очевидно, что для еловых древостоев обычного и возрастающего типов роста оптимальные возрасты рубок следует устанавливать аналогичным образом. Однако по имеющимся сведениям, без дополнительных специальных исследований сортиментной структуры и динамики товарности ельников этих типов роста, сделать это сейчас не представляется возможным. Несомненно лишь то, что возрасты рубок должны быть на один — два 10-летних класса возраста соответственно ниже, чем для исследованных нами ельников.

Установление дифференцированных возрастов рубок для еловых древостоев с учетом типов их роста, в свою очередь, потребует улучшения качества выполнения полевых лесотаксационных работ, связанных с необходимостью натурального выделения участков карпатских ельников по энергии роста и соответствующего обоснования ведения хозяйства в них по лесовыращиванию. В частности, такое распределение древостоев необходимо при проектировании и проведении рубок ухода, поскольку в зависимости от типов роста интенсивность изреживания еловых древостоев оказывается неодинаковой в разные возрастные периоды (рис. 2, а и б).

Из рисунков можно видеть, что как по уменьшению количества стволов, так и по изменению запаса выбираемой части, в молодняках интенсивнее изреживаются древостои убывающего типа роста. С увеличением же возраста древостоев влияние типов роста на интенсивность изреживания постепенно уменьшается, а в старом возрасте интенсивнее изреживаются древостои возрастающего типа роста. Эти различия в изреживании карпатских ельников безусловно следует учитывать при проведении практических лесохозяйственных мероприятий.

В заключение приводим сравнение запасов и общей продуктивности карпатских ельников разных типов роста в зависимости от возраста (табл. 2). Как и следовало ожидать, в молодняках наибольшие

Таблица 2

Данные таблиц	Типы роста ельников	Запас, м³, в возрасте, лет			Общая продуктивность, м³, в возрасте, лет		
		20	60	120	20	60	120

## I в класс бонитета

Наши	T <sub>в</sub>	71	741	1160	71	924	1660
Г. А. Ходота	T <sub>о</sub>	197	859	1212	235	1109	1571

## Iа класс бонитета

Наши	T <sub>в</sub>	51	599	998	51	739	1392
Г. А. Ходота	T <sub>о</sub>	129	683	1026	147	849	1314
Н. И. Оныськива	T <sub>у</sub>	251	686	—	—	—	—
и Г. А. Порицкого	T <sub>у</sub>	209	680	—	262	925	—

## I класс бонитета

Наши	T <sub>в</sub>	35	464	843	35	566	1143
Г. А. Ходота	T <sub>о</sub>	83	533	867	92	647	1093
Н. И. Оныськива	T <sub>у</sub>	153	549	—	—	—	—
и Г. А. Порицкого	T <sub>у</sub>	—	—	—	—	—	—

запасы и общую продуктивность имеют еловые древостои убывающего, а наименьшие — возрастающего типа роста; средние по отношению к ним показатели запасов и общей продуктивности имеют ельники обычного типа роста. Однако по мере увеличения возраста древостоев эта разница в запасах и общей продуктивности заметно уменьшается и в старых древостоях (к 80—100 годам) становится незначительной. Характерно, что к 120-летнему возрасту общая продуктивность древостоев возрастающего типа роста даже на 5—6%, а текущий прирост в 1,3—1,8 раза больше, чем еловых древостоев обычного типа роста. Это позволяет считать, что наибольшей общей продуктивности в условиях Карпат способны достичь, в соответствующем возрасте, ельники возрастающего типа роста. Здесь ель формируется, как правило, условно одновозрастные древостои, ход роста которых аналогичен тому, который отражен в общих таблицах хода роста еловых древостоев [8].

Наличие в горных и предгорных районах Карпат ельников обычного и убывающего типов роста объясняется, прежде всего, несоответствием комплекса лесорастительных условий биологическим свойствам ели. Примерами такого несоответствия для ели могут быть чрезмерное богатство почв и климата в Прикарпатье, экзогенное вмешательство в естественный процесс формирования ее древостоев и др.

Выявленное наличие в карпатских еловых лесах разных типов роста древостоев со специфическими особенностями изменения таксационных показателей требует соответствующей организации дифференцированного ведения лесного хозяйства, которое возможно лишь при высококачественной инвентаризации карпатских еловых лесов. Для практического решения этой задачи необходимо разработать обоснованную методику и установить лесотаксационные нормативы по натурному выделению еловых древостоев по типам роста.

## ЛИТЕРАТУРА

Ш. Давидов М. В., Нікітін К. Е., Руденко Ю. М., Савич Ю. М. Удосконалення методів таксації насаджень та обліку лісів УРСР. — В кн.: Підвищення

продуктивності лісів. Наукові праці лісгосподарського факультету УСГА. Київ, 1968. [2]. Нікітін К. Е. Ялинові культури як зразок високопродуктивних насаджень на Україні. — Наукові праці лісгосподарського факультету УСГА, т. XVI, вып. 8. Київ, 1960. [3]. Оныськів Н. И., Порицкий Г. А. Ход роста культур ели обыкновенной в горных районах Львовской области. — В кн.: Лесонасаждения и повышение продуктивности лесов. Тезисы докладов научно-производственной конференции. Дрогобыч, 1967. [4]. Пітікін А. И. Особенности роста и текущий прирост ельников разной густоты в Закарпатье. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. сельскохозяйств. наук. Брянск, 1967. [5]. Сабан Я. А., Чорный О. С. Рост и продуктивность еловых и смешанных насаждений Карпат. — В кн.: Повышение эффективности производства на основе достижений науки. Тезисы докладов на республиканской конференции. Ивано-Франковск, 1974. [6]. Таблиці ходу росту і товарності насаджень деревних порід України. Друге видання. Київ, «Урожай», 1969. [7]. Гретьяков Н. В. Методика учета среднего и текущего приростов древостоев. — В сб.: Вопросы лесной таксации, ЦНИИЛХ. Л., Гослестехиздат, 1937. [8]. Тюрин А. В. Нормальная производительность насаждений сосны, березы, осины и ели. М.—Л., «Сельхозгиз», 1931. [9]. Ходот Г. А. Исследование хода роста карпатских ельников. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. сельскохозяйств. наук. Київ, 1959. [10]. Ходот Г. А., Сабан Я. О. Особенности роста ялиновых молодняків. — В кн.: Використання лісових багатств. Ужгород, «Карпати», 1966. [11]. Цурик Е. И. Ход роста и продуктивность условно одновозрастных еловых насаждений в Украинских Карпатах. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1973, № 4. [12]. Цурик Е. И. Динамика товарности карпатских ельников, возрасты их спелости и главных рубок. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1974, № 6.

Поступила 30 января 1975 г.

УДК 634.0.85

## ПЛОТНОСТЬ ДРЕВЕСИНЫ ЕЛИ ПРИ КОМПЛЕКСНОМ ВЫРАЩИВАНИИ С БЕРЕЗОЙ И ОСИНОЙ

А. С. ТИХОНОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Описаны изменения условной плотности древесины ели из II яруса до и после рубки I яруса на примере «проходных» рубок Д. М. Кравчинского. Сделан вывод о необходимости разреживания или рубки березы и осины не позднее 50-летнего возраста ели.

Плотность древесины — основной показатель ее качества. Данные о плотности важны при использовании древесины в целлюлозно-бумажной промышленности и для оценки пиломатериалов [9].

Лесоведам важно знать условную плотность выращиваемой древесины, чтобы запас древостоя перевести в весовые единицы производительности леса. Под условной плотностью древесины подразумевается величина, полученная от деления массы абс. сухого образца на объем того же образца в насыщенном водой состоянии (ГОСТ 11491—65. Древесина. Методы определения плотности). Хотя влажность свежесрубленной древесины составляет 50—60%, но объемное разбухание до точки насыщения волокон влагой или усушка имеют место лишь при влажности 30% и ниже [4]. Таким образом, умножив условную плотность на запас древостоя, можно получить вес сухого вещества ствольной древесины на I га.

О том, что плотность древесины изменяется под влиянием лесоводственных мероприятий, было известно еще в прошлом веке [3]. В 1900 г. на одном из заседаний Международного Союза лесных опытных станций, при участии корифея лесоводства Г. Ф. Морозова, исследование изменения качества древесины в результате рубок ухода было поставлено в разряд вопросов, имеющих международное значе-

ние. Позднее такое значение было наглядно доказано акад. ВАСХНИЛ И. С. Мелеховым [7], когда он отстаивал репутацию северной ели на мировом рынке. Исследованиями разных авторов было установлено, что плотность древесины у хвойных пород, в том числе у ели, падает с увеличением годичного слоя ([2], [7], [1] и др.), то есть известный в лесоводстве «почвенно-световой» прирост ели представляет собой древесину худшего качества.

Нами поставлена задача изучить условную плотность древесины ели, растущей несколько десятилетий под пологом березы и осины, а затем оставленной после рубки деревьев лиственных пород по системе комплексного выращивания [10]. Для этого были использованы найденные в Ленинградской области объекты проходных рубок Д. М. Кравчинского [5] в типе леса ельник-черничник свежий (табл. 1). Второй ярус ели осветлен в 60—80 лет, когда диаметр на высоте груди был 8—14 см. К этому возрасту ширина годичного слоя на высоте 1,3 м уменьшилась до 0,7 мм, затем быстро увеличилась до 2,7 мм, а в периферийной зоне составляла 1,0 мм.

Таблица 1

№ пробной площади	Ярус	Состав	Показатели для преобладающей породы			Полнота	Запас, м <sup>3</sup>
			Возраст, лет	Высота, м	Диаметр, см		
2	I	6Е2Б(130)2Ос(50)	130	24,9	29,0	0,67	299
	II	9Е1Ол(50)	90	16,4	18,2	0,09	25
3	I	9Е1Б + С	130	25,5	26,5	0,69	356
4	I	9Е1Б(50)	130	25,6	31,7	0,78	369

Для взятия образцов с каждой пробной площади срубали по 10 модельных деревьев из числа тех, где изменения ширины годичного слоя были максимальны, что устанавливали по кернам древесины. С нечетных метров высоты выпиливали диски толщиной 2,5—3,0 см. Из каждого диска, в бессучковой зоне, выкальывали 1—2 сектора шириной по хорде 3—6 см. Для изучения плотности в пределах поперечного сечения ствола из оставшихся частей диска выкальывали четыре образца небольших размеров (от 2,5×2,0×0,5 см до 3,0×3,0×3,0 см) с одинаковой шириной слоя из центра, зоны наибольшего угнетения, зоны усиленного роста и периферии.

Образцы отделяли от коры, высушивали в течение 10—15 ч при температуре 102±3°, взвешивали и двое суток увлажняли в ванночках. После этого определяли их объем по методу О. И. Полубояринова [8] — путем измерения выталкивающей силы, действующей на образец, погруженный в воду\*.

Результаты исследований 1 тыс. образцов показали, что древесина ели до высоты ствола 19 м имеет условную плотность 376—398 кг/м<sup>3</sup> (табл. 2). Плотность уменьшается от комля почти до половины высоты, затем возрастает, что согласуется с данными О. И. Полубояринова [9] по модальным ельникам. Но почти на всем протяжении ствола плотность выше за счет увеличения ее в период наибольшего угнетения и в периферийной зоне, вследствие высокого возраста (табл. 3).

Различие в плотности древесины в поперечном сечении ствола наиболее близких областей, зоны наибольшего угнетения и зоны усиленного роста достигает 12%. Чуть большую разницу в объемном весе дорубочной части древесины бывшего 100-летнего елового тонкомера и послерубочной получил П. Н. Львов [6] в Архангельской области и сделал предположение о возможном короблении и растрескивании лесных материалов. Действительно, как сообщает О. И. Полу-

\* Лабораторные работы выполнялись при консультации О. И. Полубояринова с участием студента В. Б. Зяблова. Автор приносит им глубокую благодарность.



Таблица 2

Высота ствола, м	Средняя условная плотность, кг/м <sup>3</sup>	Ошибка среднего значения, кг/м <sup>3</sup>	Квадратическое отклонение, кг/м <sup>3</sup>	Коэффициент варьирования, %	Точность опыта, %
1	392	± 4,95	± 26,6	± 6,78	± 1,26
3	389	± 4,26	± 24,8	± 6,38	± 1,09
5	388	± 3,88	± 24,0	± 6,21	± 1,00
7	388	± 4,07	± 22,7	± 5,85	± 1,05
9	379	± 3,29	± 21,6	± 5,70	± 0,87
11	376	± 3,25	± 21,5	± 5,72	± 0,86
13	378	± 3,40	± 22,8	± 6,03	± 0,90
15	385	± 3,96	± 25,9	± 6,73	± 1,03
17	389	± 4,07	± 26,4	± 6,78	± 1,05
19	398	± 5,75	± 34,5	± 8,66	± 1,44

Таблица 3

Высота ствола, м	Условная плотность, кг/м <sup>3</sup>			
	в центральной зоне	в зоне наибольшего угнетения	в зоне усиленного роста	в периферийной зоне
1	345	391	366	412
3	346	408	372	409
5	336	388	366	401
7	362	394	354	392
9	340	395	354	382

бояринов, различие плотности на 10% уже не допускается в ответственных пиломатериалах, так как физико-механические свойства при этом изменяются в большей мере.

Анализируя возрастание плотности в дорубочной части (табл. 3) в связи с уменьшением ширины годичного слоя (табл. 4), можно видеть, что этот недостаток зависит от срока выращивания ели под пологом мелколиственных пород. Так как резкое уменьшение ширины годичного слоя происходит после 50-летнего возраста древостоя, то для получения более высококачественной древесины разреживание первого яруса с помощью комплексных рубок надо проводить не позднее этого срока.

Таблица 4

Высота ствола, м	Средняя ширина годичного слоя, мм, в возрасте, лет					
	11 - 20	21 - 30	31 - 40	41 - 50	51 - 60	61 - 70
1	1,3	1,3	1,2	1,1	0,7	0,6
3	—	1,4	1,5	1,3	0,8	0,6
5	—	—	1,7	1,5	1,0	0,6
7	—	—	1,8	1,6	1,2	0,7
9	—	—	—	1,8	1,3	0,9

В ельнике плотность стволовой древесины уменьшается с размером деревьев [9], поэтому исследуемые образцы из стволов средних ступеней толщины характеризуют среднюю плотность древесины всего элемента леса. До 20-метровой высоты ствола плотность, рассчитанная пропорционально объемам 2-метровых отрубков, оказалась равной 386 кг/м<sup>3</sup>. Так как на высоте более 20 м плотность продолжает воз-

растать [9], то у самых высоких деревьев средняя плотность наибольшая. По широко известным данным [4], в БССР, Литовской ССР условная плотность ели составляет 390 кг/м<sup>3</sup>, а в центральных районах европейской части СССР — 382 кг/м<sup>3</sup>.

Таким образом, при комплексном выращивании ели с березой и осиной можно получать еловую древесину нормальной плотности, если возрастом главной рубки в этих ельниках считать VII класс. Во избежание образования отлупа в пиломатериалах (на границе зон наибольшего угнетения и усиленного роста) и снижения качества изделий, следует разреживать или вырубать I ярус березы и осины не позднее 50-летнего возраста ели.

#### ЛИТЕРАТУРА

11. Воропанов П. В. Результаты применения в ельниках рубок, основанных на мичуринском учении. Йошкар-Ола, Марийское книжное изд-во, 1956. 12. Гомилевский В. Прочность древесины. «Лесной журнал», 1907. 13. Гомилевский В. Ширина годичных слоев дерева и техническое качество древесины. «Лесной журнал», 1897, вып. 2. 14. Ерофеев Л. И. Нормирование расхода древесины и волокна в целлюлозно-бумажной промышленности. Изд. «Лесная промышленность», 1971. 15. Кравчинский Д. М. Улучшительные рубки в лесах северной и средней России. Спб., изд. Лобза, 1904. 16. Львов П. Н. О качестве древесины ели в древостоях, формирующихся из молодняка, сохраненного при лесозаготовках. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1960, № 3. 17. Мелехов И. С. Древесина северной ели. Гослестехиздат, 1934. 18. Полубояринов О. И. Определения содержания сухого вещества в древесном сырье. — Научные труды ЛТА, 1972, № 149. 19. Полубояринов О. И. Плотность древесины. Л., изд. ЛТА, 1973. 10. Тихонов А. С. Комплексное выращивание ели и мелколиственных пород. — Реферативная информация о законченных научно-исследовательских работах в вузах лесотехнического профиля РСФСР, вып. 11, «Лесное хозяйство. Лесоинженерное дело. Машины и механизмы лесной промышленности». Л., ЛТА, 1974.

Поступила 17 апреля 1975 г.

УДК 634.0.232

### ДЕФОЛИАЦИЯ КАК СПОСОБ, ОБЛЕГЧАЮЩИЙ ПРИЖИВАЕМОСТЬ САЖЕНЦЕВ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ ПРИ ПЕРЕСАДКЕ

В. П. ДАДЫКИН, Л. П. САМСОНОВА

Московский лесотехнический институт

Проведены опыты по испытанию искусственной дефолиации в качестве приема, позволяющего удлинить период весенних посадочных работ без недопустимого увеличения отпада саженцев или семян некоторых лиственных пород по сравнению с посадками в традиционные сроки. Полученные результаты позволяют надеяться, что дефолиация, наряду с применением антитранспирантов, может быть использована в лесокультурном производстве.

Исследуя вопрос о возможности удлинения сроков весенних лесопосадочных работ, мы заметили, что под воздействием пленочных антитранспирантов известная часть листьев вскоре засыхает и опадает [2], [3]. Из пазушных почек развиваются новые листья, и пересаженные растения хорошо приживаются и успешно растут. Эти наблюдения привели к мысли, что в целях удлинения сроков весенних лесопосадок, наряду с антитранспирантами, можно использовать искусственную дефолиацию и таким способом ограничить потерю воды сеянцами и саженцами, пересаживаемыми после распускания листьев.

Проблема регенерации обстоятельно рассмотрена Н. П. Кренке [8], который установил, что растения обладают большой способностью к восстановлению утраченных органов. Н. П. Кренке исследовал преимущественно регенерацию корней, укоренение черенков и листьев различных растений, а также образование каллосов. Регенерационную способность листьев высших растений он не рассматривал.

Вопрос о способности высших растений к регенерации листьев исследовала Н. И. Дубровицкая на табачном растении [4], [5]. Для древесных и кустарниковых пород этот вопрос начал исследоваться в связи с проблемой газо- и дымоустойчивости растений. Н. П. Красинский [7] установил, что устойчивость растений к газовым выбросам промышленных предприятий определяется способностью к быстрому восстановлению (регенерации) пораженных органов. Позднее Е. И. Князева [6] уточнила, что газоустойчивость хорошо выражена лишь в первой половине лета, в периоды роста деревьев и кустарников. В это время способность к регенерации поврежденных органов высока. Скорость роста может служить показателем степени устойчивости. В литературе есть сведения о неоднократном восстановлении листьев у некоторых древесных видов: В. В. Шаблюновский и Н. П. Красинский [10] сообщили о регенерации листьев у тополя и рябины; М. В. Булгаков [1] — у тополя бальзамического и жимолости татарской.

Ю. З. Кулагин [9] изучил способность к повторному облиствению 20 видов деревьев и кустарников при дефолиации в разные сроки. Оказалось, что способность к регенерации листы у подавляющего большинства исследованных древесных и кустарниковых видов сохраняется до середины июня, а у некоторых видов и дольше. Это позволяет рассчитывать на возможность использования приема дефолиации при пересадках древесных и кустарниковых пород в целях удлинения сроков весенних лесопосадок.

В связи с изложенным, нами в 1974 г. на базе питомника Курского механизированного лесхоза были проведены опыты\* по испытанию искусственной дефолиации в качестве приема, позволяющего удлинить период весенних посадочных работ без значительного отпада саженцев по сравнению с посадками в традиционные сроки — от оттаивания и прогревания почвы до начала распускания листьев.

В природных условиях Курска обычные сроки лесопосадок ограничиваются 12—15 днями второй половины апреля и лишь в годы с затяжной и холодной весной сдвигаются и захватывают первую декаду мая. Весна 1974 г. была затяжной, с температурой воздуха несколько ниже нормы. Июль и август также были несколько прохладнее обычного, и лишь в сентябре средняя температура почти на два градуса превысила норму.

Количество осадков в мае и июне вдвое превысило норму, июль соответствовал норме, август и сентябрь были необычно сухими. Обеспеченность почвы доступной для растений влагой была в течение всего лета высокой и приближалась к полевой влагоемкости.

Курский механизированный лесхоз закончил все лесопосадочные работы к 1 мая. В первых числах мая на большинстве лиственных растений полностью распустились листья.

Опыт заложен 3 июня, что на месяц позднее принятого в области срока завершения лесопосадок. Для опыта взяты: клен остролистный — 2 лет, тополь пирамидальный — черенки, высаженные в школьное отделение питомника в 1973 г., и береза бородавчатая — 3 лет. Посадочный материал был приобретен в питомнике Курского лесхоза. Выкопка материала, а также посадка произведены механизированным способом. Посадка выполнена машиной СШН-2 в заранее подготовленную почву по схеме  $2,0 \times 0,7$  м.

Опыт предусматривал следующие варианты: контроль — пересадка без обработки; пересадка с предварительной обработкой листьев анти-транспирантом, приготовленным на основе латекса ДММА-65-1ГП (13,5%-ный водный раствор с добавлением мыла и технического жела-

\* Большую помощь в работе оказали сотрудники Курского механизированного лесхоза и Курской сельскохозяйственной опытной станции, которым авторы приносят искреннюю благодарность.

тина) [3]; механическое удаление листьев. Результаты опыта представлены данными табл. 1.

Таблица 1

Древесная порода	Приживаемость, % (числитель) и прирост, см (знаменатель) в разных вариантах опыта			Приживаемость в обычный срок, %
	Контроль	Пересадка с обработкой антитранспирантом	Пересадка с удаленной листвой	
Клен остролистный	85	89	80	81
	-1,6	-5,3	-0,2	
Тополь пирамидальный	35	67	85	67*
	-52,0	-23,8	-12,1	
Береза бородавчатая	47	79	48	85
	2,7	4,6	1,0	

\* Данные для тополя, высаженного черенками в 1974 г.

Как видно, дефолиация, наряду с применением антитранспирантов, может стать приемом, позволяющим удлинить срок весенних посадочных работ. Особенно эффективной она оказалась для тополя пирамидального. Приживаемость тополя с удаленной листвой несколько превысила приживаемость, полученную при пересадках в обычный срок, и более чем вдвое превысила приживаемость в поздний срок без обработок. Клен остролистный способен хорошо приживаться при необычно позднем сроке пересадки, и обработка антитранспирантом и дефолиация для этой породы практически не нужны. Береза бородавчатая хорошо отозвалась на применение антитранспиранта, почти достигнув приживаемости, наблюдавшейся в обычный срок пересадки, но в варианте с дефолиацией приживаемость заметно снизилась. Возможно, что при удалении листьев в середине июня береза теряет способность к их восстановлению.

Необычно поздний срок пересадки у первых двух видов вызвал усыхание. Наименьшее усыхание отмечено в варианте искусственной дефолиации. У березы бородавчатой усыхания не отмечено, но прирост у нее практически во всех вариантах ничтожен.

По-видимому, имеет смысл, не прекращая работы с антитранспирантами, изучить влияние искусственной дефолиации на приживаемость и прирост саженцев различных пород при пересадках в необычно позднее время.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Булгаков М. В. Опыт озеленения города Красноустьинска. — Материалы по озеленению городов Урала, вып. 1, Свердловск, 1958. [2]. Дадькин В. П. Анти-транспиранты. — Сибирский вестник сельскохозяйственной науки, 1972, № 3. [3]. Дадькин В. П., Самсонова Л. П. О возможных путях удлинения срока весенних лесопосадочных работ с помощью антитранспирантов. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1974, № 3. [4]. Дубровицкая Н. И. Регенеративная способность листьев табака. — Рефераты работ учреждений отделения биологических наук АН СССР за 1945 г. Изд. АН СССР, 1946. [5]. Дубровицкая Н. И. Влияние возрастного состояния листьев на регенеративную способность. — ДАН СССР, 1949, т. 66, № 5. [6]. Князева Е. И. Газоустойчивость растений в связи с их систематическим положением и морфо-анатомическими и биологическими особенностями. — В сб.: Дымоустойчивость растений и дымоустойчивые ассортименты. Горький. — М., изд. Горьковского университета и Академии коммунального хозяйства, 1950. [7]. Красинский Н. П. Озеленение промплощадок дымоустойчивым ассортиментом. М., «Власть Советов», М., 1937. [8]. Кренке Н. П. Регенерация растений. М.—Л., изд. АН СССР, 1950. [9]. Кула-

гин Ю. З. Древесные растения и промышленная среда. М., «Наука», 1974, [10].  
Шаблювский В. В., Красинский Н. П. Повреждение зеленых насаждений  
дымовыми отходами на промышленных площадках цветной металлургии. — В сб.:  
Дымоустойчивость растений и дымоустойчивые сортаменты. Горький. — М., изд.  
Горьковского университета и Академии коммунального хозяйства, 1950.

Поступила 8 мая 1975 г.

УДК 634.0.5

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМЫ И ПОЛНОДРЕВЕСНОСТИ ЕЛИ В УКРАИНСКИХ КАРПАТАХ

### (Закономерности распределения)

А. А. СТРОЧИНСКИЙ, А. З. ШВИДЕНКО

Украинская сельскохозяйственная академия

Приводятся статистики распределения показателей формы и полндревесности стволов ели по результатам таксации шести пробных площадей со сплошной рубкой деревьев. Отмечено влияние на изменчивость видовых чисел, коэффициентов и классов формы возрастной структуры древостоев. Показано, что вполне приемлемой моделью распределения изучаемых показателей является разложение Грама — Шарлье.

Исследования формы и полндревесности стволов в приспевающих и спелых ельниках Карпат мы проводили для обоснования математических моделей таблиц, предназначенных для таксации лесосечного фонда и пригодных для использования в системе учета лесных ресурсов с применением ЭВМ. Разработка математических моделей, позволяющих расчетным путем оценивать точность результатов их применения в конкретном объекте, потребовала изучения соответствующих закономерностей распределения и связи показателей формы и полндревесности с другими таксационными показателями, а также соблюдения основных статистических предпосылок пассивного эксперимента (условие рандомизации, учет погрешностей моделирования, репрезентативности и т. д.).

Ранее [1—3], [5] было показано, что в силу влияния вертикальной зональности на рост и продуктивность ели в Карпатах нормативные лесосчетные материалы следует разрабатывать применительно к двум высотно-зональным поясам: среднегорному (до 1100 м над уровнем моря) и верхнегорному (выше 1100—1150 м над уровнем моря). Первому поясу преимущественно свойственны условно-одновозрастные (УО), а второму — условно-разновозрастные (УР) и разновозрастные (Р) древостой. Такое распределение на пояса несколько условно (в сомнительных случаях приходится учитывать также тип возрастной структуры), но с высокой вероятностью подтверждено статистическими критериями и для практических целей оправдано. Так, для 95 приспевающих и спелых древостоев среднегорного пояса видовое число \*  $f = 0,473 \pm 0,002$ , второй коэффициент формы  $q_2 = 0,695 \pm 0,002$ , приближенный показатель разновозрастности (разница между возрастными учетными деревьями)  $\Delta a = 34 \pm 3,5$  года. Для аналогичных по таксационной характеристике 50 древостоев верхнегорного пояса эти показатели равны:  $f = 0,419 \pm 0,003$ ;  $q_2 = 0,650 \pm 0,002$ ;  $\Delta a = 83 \pm 7,7$ . При

\* Приводимые величины вычислены как средние из средних показателей древостоев.

Лесокомбинат	№ участка	Высота над уровнем моря, м	Тип возрастной структуры	Состав	Класс бонитета	Полнота	Запас, м <sup>3</sup>
Усть-Чернянский	1	1000	УО	10Е + Бк, ед. Пх	I	0,9	670
Раховский	2	1100	УР	9Е1Пх, ед. Бк	Ia	0,8	660
"	3	1150	УР	9Е1Пх, ед. Бк	I	0,8	540
"	4	1150	УР	10Е, ед. Пх	I	0,8	640
Межгорский	5	1000	УР	8Е2Пх + Бк	Ia	0,9	610
Путильский	6	1300	Р	10Е	II	1,0	650

этом наблюдается различие не только в средних величинах, но и в дисперсиях. Так, коэффициент изменчивости древостоев  $f$  верхнегорного пояса составил 5,8%, а среднегорного — 3,9%. Поэтому использованный материал (200 пробных площадей, около 4 тыс. учетных деревьев) анализировали по типам возрастной структуры и объединяли лишь в тех случаях, когда возможность такого объединения подтверждалась статистически.

Практически все исследования формы и полнодревесности стволов основываются на предположении, что поперечное сечение ствола имеет форму круга. Погрешности подобного подхода были оценены нами [4] путем статистического анализа геометрии поперечных сечений деревьев ели. При этом оказалось, что однократное измерение поперечника на высоте груди сопровождается среднеквадратической погрешностью (моделирования!) в 2,5%, а измерение двух взаимно перпендикулярных диаметров снижает ее до 0,9%. Систематическая ошибка (относительно площади, определенной по формуле Симпсона) составила +0,7%.

Закономерности распределения показателей формы и полнодревесности отдельных деревьев в пределах древостоев изучали по данным шести участков, характеристика которых приведена в табл. 1.

Статистики распределения показателей формы и полнодревесности приведены в табл. 2.

Несмотря на некоторую неполноту экспериментального материала (не представлены малопродуктивные ельники приполонинного пояса), на основе данных табл. 2 можно проследить ряд закономерностей для насаждений, являющихся основным объектом промышленной эксплуатации.

Видовые числа. Влияние типа возрастной структуры на изменчивость  $f$  очевидна: от 8,7% до УО до 13—15% для УР и Р древостоев, причем разница между последними не обнаружена. Изменчивость  $f_{0,1}$  практически не зависит от типа возрастной структуры и примерно на 40% меньше, чем изменчивость  $f$  (6—7%). Для УО древостоев подтвердилась гипотеза о нормальном распределении  $f$  и  $f_{0,1}$  ( $A$  и  $E$  незначимы при 5%-ном уровне значимости), для УР и Р вполне приемлемой моделью распределения является разложение Грама — Шарлье либо I тип кривых Пирсона. Как следует из анализируемой таблицы, для УР и Р древостоев (то есть для верхнего пояса) можно ограничиться одинаковой кривой распределения с параметрами: для  $f - V = 14,0$ ;  $A = +0,3$ ;  $E = 0$ ; для  $f_{0,1} - V = 7,4$ ;  $A = +0,3$ ;  $E = +0,9$ .

Коэффициенты формы. Отчетливо заметно влияние типа возрастной структуры на изменчивость  $q_i$ , при этом наименьший коэффициент изменчивости имеет  $q_1$  (от 4,7 до 7,5%), затем  $q_2$  (6,3—11,0) и  $q_3$  (12,3—17,4). Для УО насаждений распределение  $q_i$  нормально, для УР и Р отмечается, как правило, небольшая положительная ко-

Таблица 1

Средний возраст, лет	Для преобладающей породы						Количество срубленных модельных деревьев ели
	диаметр, см	высота, м	сумма площадей сечений, м <sup>2</sup>	коэффициенты изменчивости			
				возраста	диаметра	высоты	
98	30,0	29,6	48,0	7,6	23,8	12,8	333
123	43,1	33,2	45,8	18,4	30,6	19,2	158
119	37,7	29,0	41,6	19,6	32,3	21,8	231
111	35,8	28,5	50,3	14,8	28,8	19,1	207
96	38,3	32,1	40,4	16,9	24,8	14,3	185
96	31,8	24,2	59,4	28,5	34,3	19,8	311

сость. Например, для кривой распределения  $q_2$  для УР и Р древостоев можно принять параметры  $V = 9,7$ ;  $A = +0,1$ ;  $E = 0$ .

Таблица 2

№ участка	Показатели	Статистики распределения				$\chi$	К
		$M \pm m$	$V \pm m_V$	$A \pm m_A$	$E \pm m_E$		
1	$f$	0,473±0,002	8,7±0,3	-0,15±0,13	-0,25±0,27	-0,03	0,21
	$q_1$	0,855±0,002	4,7±0,2	-0,49	+0,74	+0,26	0,35
	$q_2$	0,696±0,002	6,3±0,2	-0,04	-0,48	-0,00	0,31
	$q_3$	0,450±0,003	12,3±0,5	+0,53	+0,47	+2,16	0,30
	$f_{0,1}$	0,545±0,002	6,1±0,2	+0,19	+0,53	-0,03	0,53
	$q_{0,25}$	0,918±0,002	3,3±0,1	-0,59	+1,50	+0,15	0,34
	$q_{0,5}$	0,747±0,002	5,9±0,2	+0,18	+0,86	+0,01	0,40
	$q_{0,75}$	0,482±0,003	11,4±0,5	+0,42	+0,36	+0,73	0,23
2	$f$	0,438±0,006	16,0±0,9	+0,54±0,19	+0,00±0,39	-0,27	0,36
	$q_1$	0,826±0,005	7,1±0,4	-0,10	-0,09	-0,04	0,26
	$q_2$	0,652±0,006	11,0±0,6	-0,04	-0,12	-0,00	0,26
	$q_3$	0,408±0,006	17,8±1,0	+0,11	-0,43	-0,01	0,56
	$f_{0,1}$	0,529±0,004	8,3±0,5	+0,73	+1,53	+0,32	0,43
	$q_{0,25}$	0,909±0,003	4,1±0,2	-0,87	+2,02	+0,38	0,42
	$q_{0,5}$	0,717±0,005	8,6±0,5	-0,04	+2,36	+0,00	0,24
	$q_{0,75}$	0,452±0,006	15,9±0,9	+0,17	-0,19	-0,05	0,60
3	$f$	0,461±0,004	13,2±0,6	+0,17±0,16	+0,18±0,32	+0,08	0,32
	$q_1$	0,841±0,004	6,4±0,3	-0,06	+0,65	+0,00	0,44
	$q_2$	0,686±0,004	9,1±0,5	+0,41	+0,84	+0,11	0,45
	$q_3$	0,426±0,005	15,4±0,8	-0,07	-0,01	-0,10	0,36
	$f_{0,1}$	0,527±0,003	8,1±0,4	+0,62	+0,44	+0,00	0,47
	$q_{0,25}$	0,906±0,002	3,1±0,2	-0,30	+0,58	+0,08	0,38
	$q_{0,5}$	0,734±0,003	6,2±0,3	-0,17	-0,00	-0,21	0,45
	$q_{0,75}$	0,458±0,004	13,1±0,7	-0,14	+0,24	-0,03	0,52
4	$f$	0,446±0,005	14,8±0,7	+0,35±0,17	+0,20±0,34	+2,61	0,55
	$q_1$	0,832±0,004	7,5±0,4	+0,23	+0,24	+0,12	0,41
	$q_2$	0,670±0,005	10,4±0,5	+0,11	-0,05	-0,07	0,55
	$q_3$	0,421±0,005	17,4±0,9	+0,31	-0,06	-0,18	0,22
	$f_{0,1}$	0,533±0,003	6,7±0,3	+0,13	+1,21	+0,00	0,36
	$q_{0,25}$	0,904±0,003	4,5±0,2	-0,70	+1,25	+0,42	0,40
	$q_{0,5}$	0,728±0,004	7,8±0,4	-0,29	+0,38	+0,13	0,31
	$q_{0,75}$	0,453±0,005	15,9±0,8	+0,10	+0,29	-0,01	0,21
5	$f$	0,450±0,004	12,6±0,7	-0,20±0,18	-0,43±0,36	-0,03	0,43
	$q_1$	0,836±0,004	7,0±0,4	-0,12	-0,17	-0,03	0,26
	$q_2$	0,672±0,004	9,1±0,5	-0,12	+0,53	+0,01	0,26
	$q_3$	0,428±0,005	15,0±0,8	+0,45	-0,04	-0,23	0,34
	$f_{0,1}$	0,527±0,003	7,1±0,4	-0,16	+0,56	+0,02	0,57
	$q_{0,25}$	0,908±0,002	3,5±0,2	-0,80	+1,42	+0,60	0,42
	$q_{0,5}$	0,731±0,003	6,0±0,3	-0,07	+0,41	+0,00	0,58
	$q_{0,75}$	0,460±0,004	12,2±0,6	+0,31	-0,51	+0,06	0,49

Продолжение таблицы 2

№ уча-стка	Показатели	Статистики распределения				$\chi$	К
		$M \pm m$	$V \pm m_V$	$A \pm m_A$	$E \pm m_E$		
6	$f$	$0,452 \pm 0,004$	$13,7 \pm 0,6$	$+0,48 \pm 0,14$	$+0,51 \pm 0,28$	$+0,56$	0,22
	$q_1$	$0,839 \pm 0,003$	$6,3 \pm 0,3$	$-0,01$	$-0,50$	$-0,00$	0,22
	$q_2$	$0,670 \pm 0,003$	$9,1 \pm 0,4$	$+0,47$	$+0,22$	$-0,76$	0,32
	$q_3$	$0,420 \pm 0,004$	$15,2 \pm 0,4$	$+0,64$	$+0,40$	$-0,79$	0,35
	$f_{0,1}$	$0,527 \pm 0,002$	$6,7 \pm 0,3$	$+0,19$	$+0,30$	$+0,05$	0,25
	$q_{0,25}$	$0,964 \pm 0,003$	$5,4 \pm 0,2$	$-0,33$	$+0,20$	$+1,19$	0,33
	$q_{0,5}$	$0,711 \pm 0,004$	$9,6 \pm 0,4$	$-1,85$	$+5,73$	$+4,10$	1,20
	$q_{0,75}$	$0,463 \pm 0,004$	$16,8 \pm 0,7$	$+1,81$	$+4,67$	$-7,86$	1,10

Примечание:  $f$ ,  $q_1$ ,  $q_2$ ,  $q_3$  — старое видовое число и коэффициенты формы;  $f_{0,1}$ ,  $q_{0,25}$ ,  $q_{0,5}$ ,  $q_{0,75}$  — нормальное видовое число и классы формы (вычисленные по отношению к диаметру на 0,1h);  $M \pm m$ ,  $V \pm m_V$ ,  $A \pm m_A$ ,  $E \pm m_E$  — соответственно среднее значение, коэффициент изменчивости, показатели косости и крутости и их основные ошибки; К — критерий согласия Колмогорова — Смирнова между экспериментальными функциями распределения и кривыми Грама — Шарлье;  $\chi$  — критерий Пирсона.

Классы формы. Величина коэффициента изменчивости классов формы  $q_{0,25}$  и  $q_{0,5}$  значительно меньше, чем  $q_1$  и  $q_2$ . Так, разница между изменчивостью  $q_{0,25}$  и  $q_1$  для одного древостоя может превышать 100%; для  $q_{0,75}$  эти различия нивелируются.

Приведенные данные, помимо теоретического интереса, позволяют решать ряд практических вопросов при обосновании точности определения запаса ельников различными методами. В частности, они дают возможность обосновать необходимое количество измерений  $q_2$  растущих деревьев в древостое для определения среднего  $q_2$  древостоя, поскольку математические модели таблиц составлены применительно к двум поясам (с  $q_2$ , равными соответственно 0,65 и 0,70).

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Никитин К. Е., Швиденко А. З. Таксация лесосек. Киев, «Урожай», 1972. [2]. Никитин К. Е., Швиденко А. З., Строчинский А. А. Математические модели для оценки запаса и товарной структуры еловых древостоев Карпат. — В кн.: Повышение эффективности лесохозяйственного производства на основе достижений науки, Тезисы докладов. Ивано-Франковск, 1974. [3]. Строчинский А. А., Швиденко А. З. Некоторые особенности таксации ельников Украинских Карпат. — Тезисы докладов на Всесоюзной научно-производственной конференции по вопросам совершенствования лесного хозяйства. Киев, 1973. [4]. Строчинский А. А., Швиденко А. З. Некоторые результаты изучения поперечных сечений стволов ели. — Научные труды УСХА, вып. 132. Киев, 1974. [5]. Швиденко А. З., Строчинский А. А., Цурик Е. И. К оценке влияния вертикальной зональности на форму и полндревесность ели в Украинских Карпатах. — Научные труды УСХА, вып. 101. Киев, 1973.

Поступила 16 октября 1975 г.



УДК 634.0.266

## К ВОПРОСУ ОБ ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ САДОЗАЩИТНЫХ ДРЕВЕСНЫХ ПОЛОС

С. Н. АДРИАНОВ

Ульяновский сельскохозяйственный институт

Выявлены ранее не известные закономерности формирования микроклимата в таком биогеоценозе, как садозащитные древесные полосы — плодовый сад. Отмечены особенности влияния микроклимата на зимостойкость и продуктивность плодового сада. Оценка мелиоративного действия садозащитных древесных полос представлена в новом аспекте.

Плодовые сады в степных районах континентального засушливого климата нуждаются в защите от чрезмерно сильных ветров, суховеев, снежных метелей и буранов, непродуктивного испарения влаги и др. Защитные древесные полосы вокруг и внутри садов — неотъемлемый компонент плодовых садов; они значительно ослабляют неблагоприятное действие одних метеорологических факторов и усиливают полезное действие других.

Плодовый сад и его защитные древесные полосы представляют собой своеобразный биогеоценоз, совокупно формирующий свой микроклимат. При этом, как показали наши\* четырехлетние исследования (1971—1974 гг.), важную роль играют два специфических обстоятельства: форма плодовых деревьев, в частности, наличие ясно выраженного штамба и объемистой раскидистой кроны; конструкция садозащитных древесных полос. На эту специфику ранее не обращали должного внимания. Рекомендации о целесообразных конструкциях садозащитных древесных полос недостаточно обоснованы, разноречивы. В большинстве случаев рекомендуется продуваемая конструкция, реже — ажурная; плотная считается непригодной. Для климатических условий среднего степного Заволжья данный вопрос впервые разрабатывается нами. Исследования проводятся в Чердаклинском районе Ульяновской области, в плодоносящем яблоневом саду учхоза Ульяновского сельскохозяйственного института.

В ходе исследований вскрыт ряд новых закономерностей в совокупном формировании микроклимата биогеоценоза плодовый сад — древесные полосы разных конструкций: ажурной, продуваемой, плотной. Ниже изложены основные положения и данные этих исследований.

Ветровой поток. Плодовый сад, деревья которого имеют ясно выраженный штаб и объемистую раскидистую крону, в аэродинамическом отношении — сложное русло. В нем имеются узкие проходы для ветрового потока (под кронами деревьев и между кронами) и более широкие (в приземной части междурядий). Поэтому формируются три режима ветрового потока (рис. 1): а) подкронный (в слое потока между поверхностью почвы и нижней границей крон плодовых деревьев); б) междурядный приземный (в средней части междурядий в слое потока такой же толщины, как и в подкронном режиме); в) межкронный (между нижними и верхними частями крон). В меж-

\* С участием Ю. А. Корнилова.

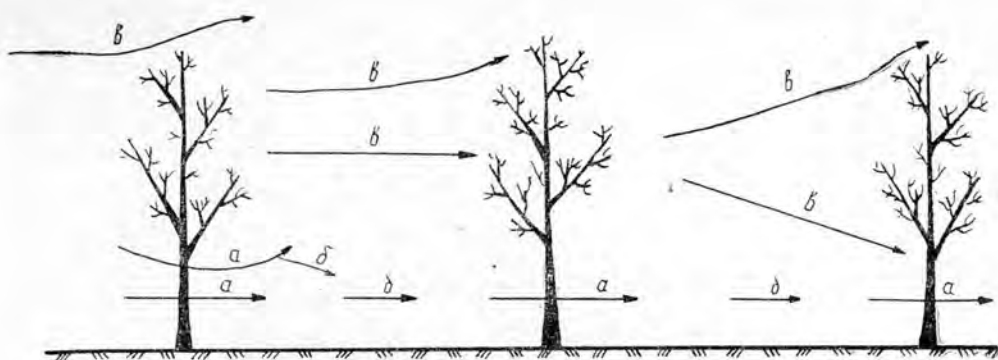


Рис. 1. Схема режимов ветрового потока в плодовом саду.

*a* — подкронный; *б* — междурядный приземный; *в* — межкронный. Более длинному стреловидному вектору соответствует большая скорость ветра.

кронном режиме скорости ветра наибольшие; в подкронном — несколько меньшие, но все же существенно повышенные; в междурядном приземном — сравнительно меньше.

Под воздействием древесной полосы ажурной конструкции в структуре скоростей ветрового потока происходит существенное уменьшение, выравнивание и сглаживание их, а структура направлений струй делается относительно однородной, уменьшается количество вертикальных струй и вихрей. Под воздействием полос продуваемой конструкции первоначальные скорости ветра существенно снижаются в межкронном и приземном междурядном режимах, а в подкронном — очень мало или вообще не ослабляются; весь поток более бурный, чем под защитой ажурной конструкции. Действие плотной конструкции занимает среднее положение.

Снежный покров и температура под ним в корнеобитаемом слое. Наиболее резко влияние древесных полос разных конструкций проявляется в малоснежные зимы. В средне- и многоснежные зимы различие более или менее сглаживается, но все же остается вполне заметным. Нами выделены два типа снежного покрова: 1) междурядный; формируется в тех частях междурядий, которые находятся между проекциями периферии крон плодовых деревьев; здесь наибольшее скопление снега, который покрывает всю почву, толщина покрова более или менее однородна; 2) подкронный тип; формируется в пределах приствольного круга, снежный покров неравномерен, толщина его убывает от периферии к стволу дерева. Подкронный тип делится на четыре подтипа: 2А — сплошной, относительно значимый. Почва приствольного круга вся покрыта снегом, средняя толщина покрова примерно в 1,5 раза меньше, чем в междурядном типе. Отрицательная температура корнеобитаемого слоя почвы даже в малоснежные очень морозные зимы не опускалась ниже летальной для корней, то есть ниже  $-12,5^{\circ}$ ; 2Б — сплошной, недостаточный. Почва вся покрыта снегом, но средняя его толщина примерно в 2—3 раза меньше, чем в междурядьях. Температура корнеобитаемой почвы может опускаться ниже летальной; 2В — прерывистый. На почве имеются отдельные оголенные пятна. Возможности летальных температур увеличиваются; 2Г — оголенные приствольные круги. Условия для перезимовки корней тяжелые (рис. 2).

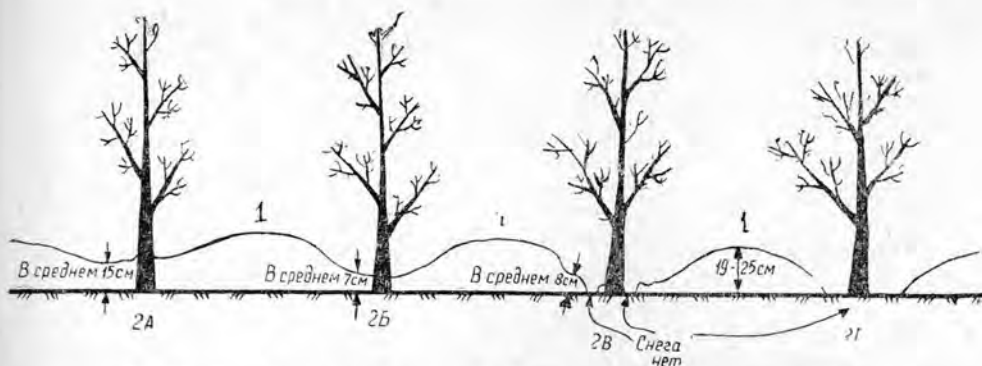


Рис. 2. Типы снежного покрова в плодовом саду, формирующиеся при малоснежье.

1 — междурядный тип; 2А — подкронный сплошной, относительно значимый; 2Б — подкронный сплошной, недостаточный; 2В — подкронный прерывистый; 2Г — подкронный оголенный. Данные дисперсионного анализа: НСР=2,3 см;  $P=2,9\%$ .

Наибольшее различие во влиянии садозащитных древесных полос разных конструкций на снежные отложения в саду проявляется в формировании подкронных подтипов снежного покрова, в процентном соотношении их. Под защитой ажурной конструкции при малоснежье преобладает подтип 2А, иногда 2А и 2Б; под защитой продуваемой преобладают подтипы 2Б и 2В; под защитой плотной — 2В, иногда 2В и 2Г.

Лучшее снеговое покрытие обеспечивают полосы ажурной конструкции, относительно худшее — плотной, полосы продуваемой конструкции оказывают среднее воздействие.

Температура воздуха. При безлиственном состоянии деревьев под защитой ажурной древесной полосы на 1—2% теплее, чем под защитой продуваемой и плотной. При облиственном состоянии деревьев под защитой полос ажурной и продуваемой конструкции в целом в саду температура воздуха примерно одинаковая, а под защитой плотной полосы несколько прохладнее (на 1%). В межкромном режиме под защитой полосы ажурной конструкции прохладнее (примерно на 4%), чем под защитой полос продуваемой и плотной конструкции.

Относительная влажность воздуха. Как в безлиственном, так и в облиственном состоянии деревьев сада влажнее под защитой ажурной древесной полосы, относительно суше под защитой плотной и еще суше — продуваемой полос. При сухой погоде степень защитной эффективности древесных полос на 40—60% больше, чем при умеренно засушливой погоде.

Испаряемость влаги. В теплый период года испаряемость влаги различна в разных режимах микроклимата сада. В зависимости от погодных условий она меньше то в подкромном, то в междурядном приземном и всегда больше в межкромном режиме. По уменьшению испаряемости эффективность действия древесных полос различных конструкций располагается в следующем порядке: ажурная, продуваемая, плотная. Об этом говорит средняя среднесуточная испаряемость за три вегетационных периода (1972—1974 гг.): 11,4; 13,2 и 14,3 мм соответственно.

Перезимовка плодовых деревьев. Уменьшение повреждений плодовых деревьев зимними морозами — одна из важней-

ших проблем плодородия в среднем степном Заволжье. В ряду мероприятий, направленных на решение этой проблемы, улучшение микроклимата сада играет важную роль в повышении зимостойкости плодовых деревьев. Эффективность садозащитных древесных полос разных конструкций мы изучали на примере сорта яблони анис серый. Степень подмерзания определяли по шестибальной системе: чем больше подмерзание, тем выше балл. За три года наблюдений (1972—1974 гг.) процент пораженных деревьев яблони и средний балл поражения составили соответственно: под защитой ажурной конструкции — 9,7 и 2,85; продуваемой — 15,0 и 3,45; плотной — 14,9 и 3,33.

Подмерзание корней. Анализ трехлетних данных показал, что корни плодовых деревьев подмерзают преимущественно в малоснежные зимы в основном в оголенных приствольных кругах или недостаточно покрытых снегом (подтипы снежного покрова 2Г, 2В). Главная масса подмерзших корней в этих подтипах находится в слое почвы 0—15 см, а в подтипе 2А и 2Б корни подмерзают практически только в этом слое. Последствие малоснежной зимы проявляется даже тогда, когда последующая зима была многоснежной. У деревьев, под которыми в малоснежную зиму снежный покров был недостаточен (подтипы 2Б и 2В) или его вообще не было (подтип 2Г), на следующий год общая масса живых корней в слое почвы 0—15 см не увеличивается.

Влагозапасы в метровом слое почвы. Количество исходных весенних запасов продуктивной влаги в саду имеет четкую прямолинейную простую корреляционную зависимость от толщины снежного покрова на начало его весеннего таяния. Большому количеству снега соответствует больший запас влаги в почве. Это обстоятельство связано с типами и подтипами снежного покрова, а последние — с действием древесных полос разных конструкций. Одна из характерных особенностей распределения запасов влаги в почве плодового сада состоит в том, что под кронами деревьев влаги меньше, чем в междурядьях. Наибольшая корреляционная связь проявляется после малоснежной зимы и в слое почвы 0—60 см. Об этом свидетельствуют значения коэффициента корреляции: после малоснежья в слое почвы 0—60 см он равен 0,97—0,98, в слое почвы 0—100 см он изменяется в пределах 0,88—0,92; в этих же слоях почвы после многоснежья соответственно 0,71—0,93 и 0,40—0,80.

По запасам влаги в почве (начиная с исходного весеннего ее накопления) на первом месте стоит садозащитная древесная полоса ажурной конструкции, на втором — плотной, на третьем — продуваемой.

Опыление цветков плодовых деревьев насекомыми. По нашим эпизодическим наблюдениям, лучшему ветровому режиму соответствует большее количество посещений цветков насекомыми (в основном пчелами). Так, за световой летний день, в расчете на 1 ч и 100 цветков яблони, под защитой ажурной древесной полосы было в среднем 80 посещений, продуваемой — 30.

Урожайность сада. При прочих равных условиях (уровень агротехники, сортовой состав сада и др.) различия в особенностях микроклимата сада, зависящие от различия в действии древесных полос разных конструкций, проявились в количественной и качественной стороне урожайности. В каждом из вариантов нашего опыта мы учитывали урожай яблок сорта анис серый, как одного из ведущих сортов в среднем степном Заволжье.

За три года (1972—1974 гг.) средняя урожайность яблок в пересчете на среднее модельное дерево была: под защитой полосы ажурной конструкции — 52,2; продуваемой — 35,9; плотной — 45,3 кг

(НСР = 4,7 кг;  $P = 1,9\%$ ); в том числе яблок среднего размера — 78, 63 и 75%, яблок мелких — 17, 19 и 15% и хозяйственно годной падалицы — 5, 18 и 10% соответственно.

Итак, наши исследования показали, что в плодоносящем саду, деревья которого имеют ясно выраженный штаб и раскидистую объемистую крону, лучший микроклимат и наибольшая урожайность наблюдаются под защитой древесных полос ажурной конструкции. Ниже эффективность полосы плотной конструкции, еще ниже — продуваемой.

Оптимизация конструкций садозащитных древесных полос применительно к форме плодовых деревьев сада и климатической зоне — один из важных резервов повышения продуктивности садов, их устойчивости против неблагоприятных погодных условий, увеличения долготы садов.

Поступила 20 июня 1975 г.

УДК 635.9

## МАОКЦИЯ АМУРСКАЯ В ОЗЕЛЕНЕНИИ

А. П. НЕЧАЕВ

Хабаровский педагогический институт

Показаны распространение, основные особенности экологии, морфологии почек, листьев, цветков, плодов маокции амурской, рекомендуемой для озеленения населенных пунктов.

Маокция амурская (*Maackia amurensis* Maxim. et Rupr.) — единственный вид монотипного рода Маокции (*Maackia* Maxim. et Rupr.) — подсемейства мотыльковых (*Papilionatae* Taub.) и единственная в нашей стране древесная порода семейства бобовых (*Leguminosae* Juss.) [6]. Для Японии и о. Шикотан Малой Курильской гряды (СССР) указывается разновидность маокции амурской — var. *buergi* Schneider [2].

Маокция амурская — эндем юга Дальнего Востока и соседних районов Китая и Кореи, реликт третичного периода. В СССР встречается в Приморском и на юге Хабаровского краев, на юго-востоке Амурской области [1], [2]. Северная граница в Приамурье тянется от устья р. Зеи на западе вдоль долины р. Амура на восток до устья р. Буреи [4], по долине которой вверх по течению достигает устья р. Тырмы. Отсюда она снова принимает восточное направление и пересекает бассейны рр. Сутара, Кульдура, Биры, Биджана, спадающих с Малого Хингана [1]. Далее граница круто сворачивает на северо-восток и входит в пределы Нижнего Приамурья. Самая северная роща маокции обнаружена нами в окрестностях с. Маринского-на-Амуре, или около  $51^{\circ}45'$  с. ш. [5].

В естественных условиях маокция амурская входит в состав второго, чаще третьего пологов древесного яруса кедрово-широколиственных или широколиственных лесов. В пойме нижних отрезков горных рек изредка отмечалась в составе первого полога древесного яруса. Обычна в виде узких, часто прерывистых группировок или единична на обильно освещенных опушках, постепенно выпадая вверх по склонам и в глубь леса. Особенно обильна и в ряде случаев доминирует на старых вырубках, лесных просеках и особенно вокруг населенных пунктов. На северных и западных пределах ареала встречается только в

условиях высокой, реже средней поймы и даже на эоловых песчаных буграх за пределами затопления паводковыми водами.

Жизненная форма маакни на всем протяжении ареала в оптимальных условиях обитания остается почти постоянной и представлена деревьями высотой 6—12 (максимум 20) м, диаметром на высоте груди 10—25 (максимум 35) см. В молодом возрасте, особенно в условиях ограниченного увлажнения или в силу порослевого характера, маакния образует кустообразные формы. Для них обычна единая корневая система и 3—5 (10) надземных скелетных осей высотой 3—5 м и диаметром до 10 см.

В центральной части пойменного о. Бычий близ с. Софийского-на-Амуре обнаружена засыпанная эоловыми песками группировка леса с господством маакни амурской. На поверхности движущейся дюны сохранились только верхние ветви кроны, создающие впечатление стелющихся кустов, покрытые листьями и соцветиями. Под распростертыми ветвями обнаружены всходы и разновозрастный подрост маакни.

Рядом с дюной в направлении господствующих ветров на участке высокой поймы сохранилось продолжение лесной группировки, еще не погребенной наступающим песком, с доминированием маакни обычной жизненной формы. Между засыпанной песком и свободными частями рощи сохранилось несколько засохших стволов лиственницы даурской (*Larix dahurica*), ясеня маньчжурского (*Fraxinus mandschurica*) и березы плосколистной (*Betula platyphylla*), пораженных многолетней ветровой коррозией. Их стволы без ветвей и коры были до блеска отшлифованы песчинками. Это говорит о том, что при наличии постоянно наступающей к корням воды маакния амурская переносит почти полное засыпание песком. Сопутствующие породы деревьев в подобных условиях обычно погибают.

Всходы маакни амурской появляются в конце июня обычно на обнаженных субстратах: щебнистых осыпях, глинистых выбросах, кострищах, выемках вдоль дорог. Их семядоли овальные, мясистые, супротивные, раскрываются под землей, после выхода на поверхность засыхают и опадают. Ювенильные листья проростка супротивные, простые, широкоовальные. Пластинка листа в основании плоская или чуть сердцевидная, на черешке длиной до 0,8 см. Остальные листья в числе 2—3 (4) очередные, тройчатосложные из овальных, по краю цельных листочков. Черешочки длиной до 0,3 см. У двухлеток листья сперва тройчатосложные, позднее — непарноперистосложные из пяти листочков. С третьего года развиваются обычные для деревьев листья с одним верхушечным и с тремя, чаще четырьмя парами овальных листочков.

Почки открытые, до 0,6 см длиной, разверзаются после облиствения всех сопутствующих лиственных деревьев, в Приморье — в середине мая, на юге Приамурья — в конце мая, на северных пределах — в первой половине июня. Ювенильные листья побегов супротивные, простые, асимметричные, с лопатовидной пластинкой, сидячие, светло-зеленые, опадающие вслед за полным развертыванием листы.

Дефинитивные листья очередные, непарноперистосложные, чаще из девяти, реже — из семи, очень редко — из одиннадцати овальных, по краю цельных листочков, длиной до 7 см и шириной до 4 см. Их черешки длиной до 5 см, в сечении округлые. Черешочки боковых листочков длиной до 0,3 см. Листья сперва покрыты опушением из одноклеточных эпидермальных выростов — трихом длиной около 0,1 см. Заполненные воздухом трихомы придают поверхности листа серебристый оттенок. Это защита листьев от обычных в начале лета резких суточных перепадов температуры и сухости воздуха. С повышением

температуры и увеличением влажности трихомы опадают, листочки теряют опушение, становятся голыми, блестящими, темно-зелеными.

После опадения черешка на побеге остается рубец, охватывающий полукругом нижнюю половину боковых пазушных почек. Это защита почек от зимнего промерзания и испарения. Лишенные такой защиты верхушечные почки обычно погибают. На следующее лето побеги возникают из пазушных почек, что приводит к ложнодихотомическому ветвлению.

Цветки собраны на верхушках побегов в густые, ветвящиеся колосовидные соцветия длиной до 20 см. Чашечка спайная, пятизубчатая, асимметричная, темно-зеленая. Венчик зигоморфный, бесцветный, с обратнойлицевидным парусом длиной до 12 мм, спаянной лодочкой и парой весел, по длине почти равных парусу. Андроцей из 10 спаянных в основании тычинок. Пестик одиночный, удлинненный, с коротким рыльцем. Цветение начинается в первых числах и продолжается до середины июля. Вниз по р. Амуру цветение запаздывает и на крайних пределах ареала длится с конца июля до середины первой декады августа. Бутоны разворачиваются, чаще начиная с середины соцветия, одновременно вверх и вниз, иногда в базипетальной, редко в апикальной последовательности. Нектар доступен лишь крупным насекомым.

Плод — боб длиной 4—8 см, бурый или коричневый, голый, плоский, линейный, на верхушке острый, в основании овальный, с 3—5 (7) семенами. Плоды висят на коротких ножках и собраны в густые соплодия-связки. Опадение плодов начинается с середины зимы, с установлением устойчивого снежного покрова, и растягивается до весны.

Семена длиной 6—8 мм продолговатые или овальные, коричневые или зеленоватые. В основании семени выделяется клювообразный вырост, через который при прорастании вытягивается первичный корешок. Твердый и острый корешок пробивает слежавшийся слой лесной подстилки или дерновину лесных трав, достигая минерального горизонта почвы. После стратификации и последующей скарификации семена через неделю дружно прорастают. За это время замоченные без предварительной обработки семена лишь успевают набухнуть.

Тип дисперсии — анемохионохория. Зимние муссонные ветры срывают с ветвей и сбрасывают на поверхность уплотненного снега связки плодов, которые разносятся по насту на 40—50 (100) м. Иногда плоды забрасываются ветром на поверхность снега и льда соседних водостоков. В ледоход течение переносит льдины с бобами на дальние расстояния (анемогляциохория).

Маакия амурская — дитя муссонного климата. Об этом свидетельствует конфигурация ареала, протянувшегося широкой полосой вдоль побережья умеренной зоны Восточной Азии. Биологические особенности вида шлифовались в резко изменяющейся обстановке, при периодической смене муссонных ветров: зимой — с материка, летом — с океана. На связь с данным типом климата указывает защитное серебристое опушение и медленное разворачивание листьев в начале лета. Об этом же свидетельствуют требующее обильной влаги позднее цветение, начинающееся с выпадением первых осадков, раннее созревание семян, совпадающее с наступлением сухой амурской осени, и сбрасывание плодов зимними ветрами.

Маакия амурская — гидропонное дерево. Ее стержневой корень достигает уровня фильтрующихся грунтовых вод на склонах или речной воды в пойме. Достигнув насыщенного водой горизонта, боковые корни расстилаются во все стороны. В условиях переменного уровня

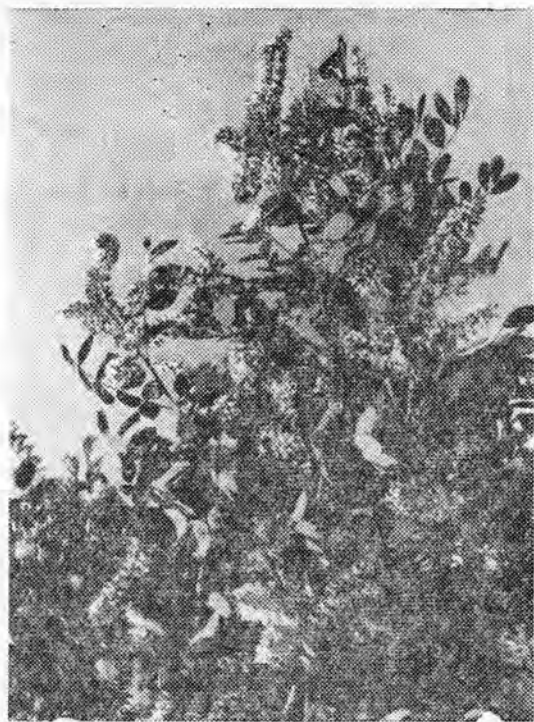


Рис. 1. Цветение мааки амурской.

воды в пойме, связанного с неоднократными паводками, корневая система создает несколько этажей боковых корней.

Необходимое условие для создания плантаций или озеленения — постоянный и равномерный приток свежей грунтовой или речной воды к корням. С учетом этого маакию амурскую можно высаживать на улицах городов и сельских населенных пунктов с пересеченным рельефом. Особенно удачны аллеи из низкорослых деревьев мааки на улицах, простирающихся по склонам с близким залеганием грунтовых вод. Маакию амурскую можно разводить даже в засушливых районах Украины и Казахстана, Российской Федерации и Сибири.

Светло-коричневая кора, отслаивающаяся завитушками, зеленоватые побеги и темно-зеленые листья мааки выделяют специфический кумариновый (бобовый) запах, отпугивающий домашних травоядных животных. Вокруг населенных пунктов и вдоль транспортных магистралей Приморья и Приамурья под воздействием домашних животных на протяжении многих десятков лет происходил отбор деревьев разных видов на выживаемость. В условиях постоянной поправы лучше всех лиственных деревьев сохранились маакия амурская, в меньшей степени орех маньчжурский (*Juglans manschurica*) и бархат амурский (*Phellodendron amurense*). Остальные лиственные породы — липа амурская (*Tilia amurensis*), ильм сродный (*Ulmus propinqua*), дуб монгольский (*Quercus mongolica*), ясень маньчжурский и береза плосколистная, особенно кустарники — уничтожаются домашними животными, особенно козами, и быстро исчезают вблизи населенных пунктов.

Так, под воздействием косвенного антропогенного фактора возникают почти чистые вторичные насаждения с господством мааки амурской или в сообществе с орехом и бархатом. В еще более резкой



степени это проявляется на северных и западных пределах ареала маакии — на Нижнем Амуре.

Маакия амурская — декоративное дерево, будто специально предназначенное для озеленения населенных пунктов. На это указывают многие признаки; некоторые из них отсутствуют или слабо выражены у других лиственных деревьев. У маакии низко опущенная и широко раскидистая густая крона из многочисленных ветвей, украшенных крупными темно-зелеными листьями. Цветение маакии — неповторимое чудо уссурийской тайги. Еще не видя цветущего дерева, можно издали распознать его по тонкому медовому запаху. Много дней росли привлекают огромными белыми факелами (рис. 1).

Даже в зимнее время в безлистном состоянии маакия декоративна, выделяясь на фоне снега светло-коричневой в мелких завитушках корой и причудливо изогнутыми зеленоватыми побегам, увешанными всю зиму связками жестко шуршащих на ветру коричневых бобов. Не надо забывать, что маакия — почвозащитное и водоудерживающее дерево, способное предохранять склоны от эрозии. Незаменима маакия в полезавитных посадках и при закреплении эоловых песков при условии постоянного подтока воды. Аборигены Нижнего Приамурья — нанайцы используют молодые корни, корешки и лубяную часть коры ствола в медицинских целях [3].

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Васильев В. Н. Растительный покров Малого Хингана. — Труды ДВ ФАН СССР, 1937, т. 2. Сер. ботан. [2]. Воробьев Д. П. Дикорастущие деревья и кустарники Дальнего Востока. Л., «Наука», 1968. [3]. Вострикова Г. Г., Востриков Л. А. Медицина народов Дерсу. Хабаровск, 1974. [4]. Маак Р. К. Путешествие на Амур, совершенное по распоряжению Сибирского отдела Русского географического общества в 1855 году. Спб., 1859. [5]. Нечаев А. П. Древесные растения долины Нижнего Амура. — «Учен. зап. ХГПИ», 1969, т. 18. Сер. биолог. [6]. Флора СССР. Т. II. М.—Л., 1945.

Поступила 13 ноября 1975 г.

## ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 634.0.307

О СИСТЕМЕ МАШИН ДЛЯ ЛЕСОСЕЧНЫХ РАБОТ  
И ПЕРВИЧНОЙ ТРАНСПОРТИРОВКИ ЛЕСА\*

М. И. ЗАЙЧИК

Московский лесотехнический институт

Для цикла работ валка—погрузка на лесотранспорт обособляется система из трех машин преимущественно на гусеничном ходу.

При разработке параметров перспективной системы машин для лесосечных работ и первичной транспортировки леса необходимо предварительно или параллельно решать ряд других сложных задач.

Основная из них — определение характера, размера и организационных форм леспромпхоза будущего. Будет ли это предприятие постоянно действующим — «оседлым» или «кочующим»? Будет ли, по аналогии с сельским хозяйством, отведена и закреплена за ним постоянная лесная площадь? Какой способ лесозаготовки в нем принять? Как организовать лесовосстановление: плантационными методами посадок или такими же, какие применяются сейчас? Где осуществлять первичную обработку деревьев: непосредственно в лесу, у пня, или на централизованном заводе-комбинате по переработке древесины и т. д.

Таким образом, перед тем как решить поставленную в данной статье задачу и наметить параметры будущей системы машин, необходимо всесторонне обсудить ряд предположений.

*Условия работы рассматриваемой системы машин*

Разнообразие назначения лесов и условий их произрастания, естественно, приводит к различным методам лесозаготовки и выдвигает различные требования к машинам и механизации лесозаготовок и лесотранспорта. В связи с этим необходимо сразу же оговорить, что здесь идет речь о системе машин для крупных промышленных лесозаготовок с применением сплошных рубок.

Несомненно, что созданная для этих условий система машин будет основной для всей лесозаготовительной техники. Машины этой системы частично смогут быть использованы при эксплуатации лесов первой группы и явиться базой создания специальных машин для выборочных рубок.

Перед тем как перейти к определению параметров рассматриваемой системы машин, целесообразно наметить, хотя бы предположительно, каким должен быть леспромпхоз будущего. Он представляется автору постоянно действующим крупным предприятием с закреплен-

\* Печатается в порядке обсуждения.

ной за ним площадью лесов. При современном развитии биологической науки, при высоком уровне разработки стимуляторов и регуляторов роста растений возможно выведение высокопродуктивных пород деревьев и их разновидностей плантационными методами для различных климатических и почвенных условий. Результаты этих работ могут сократить длительность производственного цикла и оказать большое влияние на уровень рентабельности указанных предприятий.

Лесоводы в своей работе должны учитывать требования конструкторов лесопосадочных машин, культиваторов, машин для последующих лесосечных работ, а также способы последующей переработки древесины.

С социологической и технико-экономической точек зрения максимум работ целесообразно переносить из леса на нижний склад, который перерастет в завод-комбинат с частичной или полной переработкой древесины.

Все перечисленные положения несомненно требуют дальнейшего всестороннего исследования.

#### *Основные положения по системе машин для лесосечных работ и первичной транспортировки леса\**

Развитие технологии и техники лесозаготовок, опыт работы передовых леспромхозов позволяют приступить к созданию базовой системы указанных специальных машин для лесозаготовок.

Разработка параметров этой системы может быть основана на следующих положениях:

заготовка леса ведется концентрированными сплошными рубками; все операции при этом должны быть полностью механизированы; пакеты деревьев с лесосеки следует доставлять непосредственно к лесовозным дорогам;

строительство временных подъездных путей (усов) исключается; система машин должна обеспечивать вынос максимального объема работ из леса на центральный завод-комбинат.

Кроме этого, должны быть выполнены требования по условиям работы операторов.

Перечислим операции всего цикла основных работ по заготовке и первичной транспортировке леса: повал деревьев; сбор деревьев в пакеты; погрузка пакетов на средства первичного транспорта; транспортировка пакетов деревьев к пунктам перегрузки у лесовозных дорог; разгрузка пакетов; погрузка на дорожные лесовозные поезда.

Анализ всего многообразия конструкций машин для механизации лесосечных работ показывает, что наиболее многообещающими оказались валочно-пакетирующая машина ВПМ ЛП-19 и одинаковая с ней по принципу действия машина «Дротт» американской фирмы «Кейс».

Эти гусеничные машины (на хорошо отработанной экскаваторной основе) обладают достаточной проходимостью и устойчивостью. Опыт испытания в Крестецком леспромхозе показал, что они способны свалить и уложить в пакеты (объемом по 2—3 м<sup>3</sup>) 80—120 деревьев за 1 ч. Сменная производительность также во много раз выше, чем у других машин.

Встает вопрос, являются ли широкозахватные машины дискретного действия наилучшим решением. Работы, которые в течение ряда

\* Под первичной транспортировкой условимся понимать перевозку пакетов деревьев непосредственно с лесосеки к лесовозным дорогам.

лет проводились кафедрой тяговых машин МЛТИ совместно с Поисковой лабораторией ЦНИИМЭ, показывают, что валочно-пакетирующие агрегаты непрерывного действия могут дать более высокую производительность, чем машины дискретного действия, особенно в мелколесье.

В ЛТА давно ведутся исследования, направленные на создание таких машин. Однако, несмотря на некоторые успехи, эти работы еще далеки от завершения.

Поэтому на данном этапе развития лесосечной техники машины типа ЛП-19, решающие проблему механизированного повала и формирования пакетов и обеспечивающие высокую сменную производительность, можно рассматривать как головные машины лесозаготовительного комплекса. Оставленные после прохода головных машин пакеты деревьев надо подбирать и транспортировать.

Решение этого вопроса непосредственно связано с будущим технологическим процессом лесозаготовок.

Как известно, современный технологический процесс сложился под влиянием малых скоростей гусеничных трелевочных тракторов, подвозящих в полупогруженном положении пакеты деревьев или хлыстов на небольшие расстояния (100—200 м) к временным подъездным путям автомобильного транспорта.

Оставлять ли его таким, каким он сложился, или попытаться новыми специальными машинами первичного транспорта леса собирать и подвозить пакеты деревьев непосредственно к лесовозным дорогам, не строя дорогостоящих усов?

Ряд работ по этому вопросу [1], [2] показывает, что перспективна подвозка леса первичным транспортом непосредственно к лесовозным дорогам со средним расстоянием подвозки до 1,5—2,0 км.

Какие же машины целесообразно использовать на этой транспортной операции, сочетая ее со сбором пакетов?

Несомненно, что выпускаемые сейчас гусеничные трелевочные тракторы с тросовым оборудованием не смогут решить проблему первичной транспортировки леса. Вряд ли смогут ее решить и существующие колесные тракторы с клещевым захватом из-за их недостаточной проходимости и, следовательно, малой грузоподъемности.

Совершенно очевидно, что только специально сконструированная для выполнения технологической задачи подбора и транспортировки пакетов машина может решить задачу перевозки пакетов (не менее 15—20 м<sup>3</sup>) с относительно большой средней скоростью движения.

При создании такой машины сразу возникает неизменный вопрос: гусеничной или колесной должна она быть? Не вдаваясь в дискуссию о недостатках и достоинствах каждого из этих движителей, отметим, что хорошо сконструированные гусеничные машины обладают более высокой проходимостью, чем лучшие образцы колесных машин. Это было показано многочисленными сравнительными испытаниями и многолетней эксплуатацией, это доказывают исследования отечественных и зарубежных ученых (М. Г. Беккер, В. В. Гуськов и др.). Показательно также, что американская ВПМ «Дротт» и наша ВПМ ЛП-19 имеют гусеничный ход.

Очевидно, что подборщик-транспортировщик пакетов, который должен заходить на лесосеку вслед за ВПМ, также предпочтительнее на гусеничном ходу. Однако в некоторых районах лесозаготовок с успехом могут применяться и колесные подборщики-транспортировщики пакетов.

Очень важно также решить вопрос о способе транспортировки крупного пакета деревьев: в полупогруженном или полностью погруженном положении. Сейчас трелевочные тракторы подвозят полупогруженные пакеты. Этот способ считается прогрессивным. Но ведь это верно только в сравнении с применявшейся ранее трелевкой волоком по земле.

Перевозка пакетов в полностью погруженном положении имеет три очень больших преимущества:

- а) использование всего веса пакета в качестве сцепного веса;
- б) более равномерное распределение нагрузки на ходовую систему и грунт;
- в) доставка древесины к месту погрузки на лесовозный транспорт в значительно более чистом виде.

Однако эти преимущества могут быть реализованы лишь при хорошо выбранных параметрах движителя, поэтому создание машин для перевозки полностью погруженной древесины — задача нелегкая.

Таким образом, будущий комплекс машин для лесосечных работ и первичной транспортировки леса представляется состоящим из трех основных специальных машин, связывающих воедино цикл лесозаготовок по фазе погрузки на лесовозный дорожный транспорт:

Тип машины	Выполняемые операции
Валочно-пакетирующая	Повал деревьев Укладка в пакеты
Подборщик-транспортировщик	Сбор пакетов с погрузкой на себя Транспортировка к погрузочной площадке у лесовозной дороги Разгрузка
Челюстной погрузчик	Погрузка на подвижной состав лесовозных дорог

В процессе работы над рассматриваемым комплексом машин возникает еще одна заманчивая, но очень трудная задача — создать унифицированное самоходное шасси, на котором могли бы базироваться все три машины комплекса. Работы, начатые в этом направлении кафедрой тяговых машин МЛТИ, показывают реальность такого решения.

Обсуждение поднятых в статье вопросов может помочь выбору правильных решений.

#### ЛИТЕРАТУРА

Ш. Ступнев Г. К. Нужны ли погрузчики большой грузоподъемности. — Журн. «Лесная промышленность», 1973, № 12. [2]. Татарников В. П. Белые пятна технологии. — Газ. «Лесная промышленность», 1975, 17 мая.

Поступила 10 сентября 1975 г.

УДК 634.0.378.2

## К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ УСИЛИЙ СЖАТИЯ ПУЧКОВ ИЗ БРЕВЕН В МАШИНАХ ЧЕЛЮСТНОГО ТИПА ПРИ БЕРЕГОВОЙ СПЛОТКЕ

С. М. ИВАНОВ

Московский лесотехнический институт

Изложены результаты экспериментального исследования силовых параметров и качества пучков из бревен, формируемых в челюстном сплотночном механизме, в зависимости от степени их сжатия между подвижными челюстными звеньями и неподвижным формообразующим упором. Результаты исследований дают возможность судить о целесообразных пределах степени сжатия пучков, предназначенных для тех или иных условий сплава, а также о величине сжимающих моментов, необходимых для формирования пучков при береговой сплотке в многозвенном челюстном устройстве.

На береговой сплотке круглых лесоматериалов в пучки наибольшее распространение в настоящее время получили прицепные сплотночные агрегаты В-28, В-43, В-51, ТАЗС-1, УНСА-20 и другие, работающие на базе различных тракторов. На этих агрегатах пучки формируют и сжимают в тросовых петлях, утягиваемых тракторными лебедками. Основной недостаток при эксплуатации таких устройств — необходимость применения ручного труда на обноске тросами пучков при их сплотке и разгрузке.

В целях уменьшения затрат ручного труда и улучшения качества пучков в нашей стране ведется разработки и изготовление экспериментальных образцов прицепных агрегатов челюстного типа. Процессы захвата и сжатия лесоматериалов в пучки на этих агрегатах, а также разгрузка пучков полностью механизированы благодаря применению систем, работающих от гидропривода.

При конструировании и эксплуатации сплотночных агрегатов челюстного типа возникает ряд вопросов, касающихся как силовых и геометрических параметров самого челюстного механизма, так и характеристик сплачиваемых пучков. Форма поперечного сечения сплачиваемых пучков зависит не только от конфигурации профиля образующих у челюстного механизма, но и от усилий на штоках силовых гидроцилиндров, сжимающих моментов, приложенных к кинематическим звеньям, а также от степени сжатия пучков между челюстями. Взаимосвязь перечисленных величин представляет интерес при назначении усилий формирования и сжатия бревен в пучок, установлении оптимальных размеров силовых плеч механизма и геометрических параметров силовых гидроцилиндров, определении расчетных нагрузок на узлы и детали механизма и т. д.

Для изучения характера изменения усилий формирования, сжимающих моментов и качества пучков в зависимости от степени сжатия пучков между челюстными звеньями механизма автор выполнил экспериментальные исследования процессов формирования и сплотки пучков в модели челюстного механизма, кинематическая схема которого представлена на рис. 1.

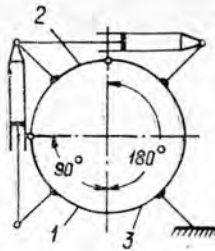


Рис. 1. Кинематическая схема челюстного механизма.

1 — первое сжимающее челюстное звено; 2 — второе сжимающее челюстное звено; 3 — формообразующий упор.

Степень сжатия пучков между формообразующим упором и сжимающими челюстными звеньями нами характеризуется коэффициентом сжатия

$$K_c = \frac{S_{opt}}{F_i},$$

где  $S_{opt}$  — единичный оптимальный объем пучка, выраженный через суммарную площадь поперечного сечения бревен, расположенных плотно в зеве челюстей, описывающих окружность образующими в нормально сомкнутом состоянии,  $m^2$ ;

$F_i$  — площадь поперечного сечения зева, которая при промежуточных степенях сжатия пучка сверху и с боков ограничена образующими челюстных звеньев, снизу — подкладками (покатами) накопителя или штабеля бревен; в конечном положении (при смыкании челюстей с упором)  $F_i$  — площадь зева, ограниченная со всех сторон образующими челюстных звеньев,  $m^2$ .

Качество сплавливаемых пучков характеризуется коэффициентом

$$C = \frac{B}{H},$$

где  $B$  и  $H$  — соответственно ширина и высота пучка,  $m$ , измеренные после извлечения готовых пучков из челюстного механизма и максимального уплотнения их на вибростенде.

Результаты экспериментов представлены на совмещенном графике (рис. 2) в виде зависимостей  $P$ ,  $M$  и  $C$  от  $K_c$ . Значения  $P$  и  $M$ , отложенные на графике, приведены в пересчете на натуру (с учетом общепринятых законов моделирования механических явлений) и выражают усилия на штоках силовых гидроцилиндров и моменты сил, приложенные соответственно к первому ( $P_1$  и  $M_1$ ) и второму ( $P_2$  и  $M_2$ ) челюстным звеньям механизма.

Из графика видно, что при малых степенях сжатия ( $K_c = 0,575 \div 0,675$ ) имеет место незначительное увеличение  $P$  и  $M$  относительно их минимумов (в пределах до 5%), а качество пучков улучшается более чем на 30%. В этот момент в зеве челюстного механизма еще имеется значительное свободное пространство, не заполненное бревнами. Затем, при увеличении степени сжатия  $K_c$  до 0,725, величины  $P$  и  $M$  увеличиваются в среднем на 25% относительно их минимумов, а качество пучков (в целом) улучшается почти на 40% и становится довольно высоким ( $C = 1,38$ ). При достижении степени сжатия, близкой к 0,725, наступает момент, когда свободное пространство в зеве механизма не остается, и бревна оказываются плотно зажатыми между челюстями устройства. Наконец, при увеличении коэффициента сжа-

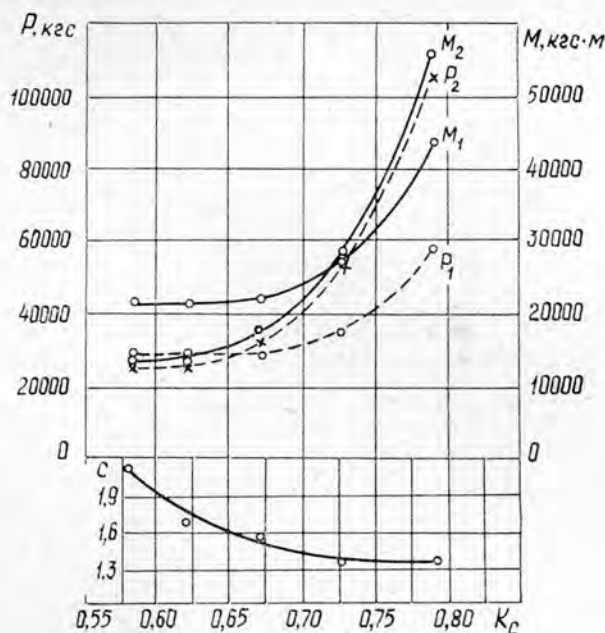


Рис. 2. График зависимости усилий на штоках силовых гидроцилиндров, сжимающих моментов и качества пучков от степени сжатия.

тия от 0,725 до 0,790 усилия сжатия и моменты увеличиваются в 2—3 раза, в то время как качество пучка в этом диапазоне изменения  $K_c$  улучшается лишь на 2% (при  $C=1,35$ ). Такое незначительное улучшение качества пучка, как показали эксперименты, объясняется выправлением прогибов бревен в пределах упругих деформаций древесины при сжатии. При дальнейшем увеличении  $K_c$  качество пучка не улучшается, а начинается смятие древесины с остаточной деформацией, что недопустимо по техническим условиям сплотки.

Таким образом, экспериментальное исследование позволило изучить характер анализируемых зависимостей, понять и объяснить физическую сущность процесса формирования пучков в челюстном механизме. Установлено, что процесс образования пучка в челюстном механизме состоит из двух фаз: формирования, заканчивающегося в момент плотного заполнения площади зева челюстного механизма бревнами, и сжатия уже сформированного пучка как упругого тела. При измерении модельных бревен в экспериментальных пучках было выявлено наличие бревен с некоторой кривизной, что подтверждает возможность дополнительного улучшения качества пучков на незначительную величину в фазе сжатия, за счет упругих деформаций бревен. Действительно, как видно из анализируемого графика, сжатие пучков сверх определенных (максимальных) значений  $K_c$  не улучшает их качества. Это видно из характера кривой  $C=f(K_c)$ , нижняя часть которой при значении  $K_c=0,75$  переходит в линию, близкую к горизонтальной ( $C_{min}=1,35$ ).

В результате экспериментальных исследований можно сделать вывод, что процесс сплотки пучков целесообразно заканчивать в конце первой фазы. При этом качество сплавляемых пучков будет достаточно высоким, отвечающим требованиям озерного сплава. Было установлено также, что на усилия формирования пучков оказывает влияние угол наклона челюстного механизма к горизонту в процессе сплотки. Поэтому целесообразно теоретически обосновать взаимосвязь





внутреннего трения между бревнами, а  $\mu$  — коэффициент трения между ними. В этом случае на элементы механизма и массу бревен в объеме  $AO_2O_1DA$  будут действовать следующие силы:

$G_1$  — вес бревен;

$T$  — нормальная составляющая силы реакции наклонной плоскости  $AD$ ;

$\mu T$  — сила трения бревен на этой плоскости;

$N$  — нормальная составляющая силы реакции челюсти  $AO_2$ ;

$fN$  — сила трения бревен о челюсть  $AO_2$ .

При этом  $f = \text{tg } \rho$ , где  $f$  — коэффициент трения бревен о челюсть, а  $\rho$  — среднее значение угла трения бревен о челюсть.

Сумма сил  $T$  и  $\mu T$  дает результирующую силу  $T_n$ , наклоненную к направлению линии действия силы  $T$  под углом трения  $\varphi$ . Сумма сил  $N$  и  $fN$  дает результирующую силу  $N_n$ , наклоненную к направлению линии действия силы  $N$  под углом трения  $\rho$ .

Для того чтобы масса бревен в объеме  $AO_2O_1DA$  в конечный момент формирования пучка находилась в равновесии, линии действия сил  $N_n$ ,  $T_n$  и  $G_1$  должны пересекаться в одной точке (точка  $L$  на рис. 3).

Исходя из расчетной схемы работы механизма, принятых предположений и допущений о взаимодействии бревен между собой и элементами механизма, найдем искомые величины  $G_1$ ,  $N$  и  $T$ .

Вначале определим значение силы  $G_1$  в момент окончания фазы формирования при наклонении механизма к горизонту на некоторый угол  $\psi$ .

Опуская промежуточные выкладки, получим

$$G_1 = G \left[ 1 - \frac{\varphi + \psi}{\pi} + \frac{\sin 2(\varphi + \psi)}{2\pi} \right], \quad (1)$$

где  $G$  — вес всего формируемого пучка.

Для равновесия системы необходимо и достаточно, чтобы суммы проекций всех сил на координатные оси  $xOy$  равнялись нулю,

$$\sum_{i=1}^n x(F) = 0; \quad \sum_{i=1}^n y(F) = 0.$$

Решая эти выражения относительно интересующих нас сил, можно определить силы  $N$  и  $T$

$$N = G_1 \frac{\cos \rho \sin 2\varphi}{\cos [(2\varphi + \psi) - (\theta - \rho)]}; \quad (2)$$

$$T = N \frac{\cos \varphi}{\cos \rho} \cdot \frac{\cos (\theta_1 - \rho)}{\sin 2\varphi}, \quad (3)$$

где  $\theta$  — угол, образованный направлением линии действия силы  $N$  и линией, проходящей через точки  $O_2$  и  $O$ ;

$\theta_1$  — разность между углами  $\theta$  и  $\psi$ , то есть  $\theta_1 = \theta - \psi$ .

Чтобы определить сжимающий момент  $M_1$ , который необходимо приложить к челюстному звену  $AO_2$  для формирования пучка, составим уравнение моментов всех сил, действующих на это звено, относительно шарнира в точке  $O_2$

$$\sum_{i=1}^n M_{O_2}(\bar{F}) = 0.$$

После подстановок и несложных преобразований найдем

$$M_1 = NR \frac{\sin(\theta - \rho) + \sin \rho}{\cos \rho}, \quad (4)$$

где  $R$  — радиус образующих у челюстных звеньев.

Подставляя в формулу (4) значение силы  $N$  из уравнения (2), получим

$$M_1 = G_1 R \frac{\sin 2\varphi [\sin(\theta - \rho) + \sin \rho]}{\cos [(2\varphi + \psi) - (\theta - \rho)]}. \quad (5)$$

Из уравнения (5) видно, что для определения  $M_1$  необходимо найти значение угла  $\theta$ , то есть положение точки  $M$  приложения силы  $N$ . Очевидно, что нужно отыскать такое значение  $\theta = \theta^*$ , при котором момент  $M_1$  будет наибольшим.

Введем обозначения

$$\theta_2 = \theta - \rho; \quad (6)$$

$$\psi_1 = 2\varphi + \psi. \quad (7)$$

Тогда формула (5) может быть представлена следующим образом:

$$M_1 = G_1 R \sin 2\varphi \frac{\sin \theta_2 + \sin \rho}{\cos(\psi_1 - \theta_2)}. \quad (8)$$

Исследуем функцию (8) на экстремальные значения. Для этого первую производную  $\frac{\partial M_1}{\partial \theta_2}$  приравняем нулю. Из условия  $\frac{\partial M_1}{\partial \theta_2} = 0$  получим

$$\operatorname{tg} \theta_2 = \operatorname{tg}^2 \rho \operatorname{tg} \psi_1 \pm \sqrt{\operatorname{tg}^2 \rho \operatorname{tg}^2 \psi_1 (\operatorname{tg}^2 \rho - 1) + \frac{1}{\cos^2 \rho}}. \quad (9)$$

Решая уравнение (9), получаем два значения  $\theta_2$  со знаками плюс и минус перед корнем уравнения. Очевидно, первое из них соответствует  $M_{1 \max}$ , а второе —  $M_{1 \min}$ . Отрицательные значения  $\theta < 0^\circ$  и  $\theta > 90^\circ$ , полученные из формулы (6), не будут отвечать поставленной задаче, так как точка  $M$  (рис. 3) в этом случае находится за пределами челюстного звена  $AO_2$ .

Для выяснения значений  $\theta_2$ , при которых  $M_1 = M_{1 \max}$  и  $M_1 = M_{1 \min}$ , найдем вторую производную искомой величины

$$\frac{\partial^2 M_1}{\partial \theta_2^2} = G_1 R \sin 2\varphi \frac{\sin \rho}{\cos(\psi_1 - \theta_2)}, \quad (10)$$

где переменной является знаменатель правой части уравнения, и по знаку производной при  $\theta_2 = \theta_2^*$  найдем экстремальные значения момента  $M_1$ .

Знак второй производной  $\frac{\partial M_1}{\partial \theta_2^2}$  зависит от знака при  $\cos(\psi_1 - \theta_2)$ , так как все остальные члены правой части уравнения (10) — величины положительные. Очевидно, что  $\frac{\partial^2 M_1}{\partial \theta_2^2}$  больше нуля при

$$\frac{\pi}{2} \leq \psi_1 - \theta_2 \leq \frac{\pi}{2} \quad (11)$$

и меньше нуля при

$$\frac{\pi}{2} \leq \psi_1 - \theta_2 \leq \frac{3\pi}{2}. \quad (12)$$

Условие (11) соответствует  $M_{1\min}$ , а условие (12) —  $M_{1\max}$ .

Подставляя в выражения (11) и (12) значения  $\theta_2 = \theta_2^*$ , полученные из уравнения (9) при известных  $\psi$ ,  $\varphi$  и  $\rho$ , с учетом выражений (6) и (7), можно определить экстремумы величины  $M_1$  и затем по уравнению (8) в пределах челюстного звена  $AO_2$ , когда значение угла  $\theta^*$  находится в пределах  $0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}$ , вычислить значения наибольшего момента  $M_1$ .

Расчеты, проведенные для модели механизма с использованием полученных зависимостей, в исследованной нами экспериментально зоне изменения угла  $\psi$  при формировании опытных пучков, дают следующие значения наибольшего момента  $M_1$ , выраженного в виде некоторого безразмерного коэффициента  $K_m$ :

$\psi$	0°	7°30'	15°	22°30'	30°	37°30'	45°
$K_m$	0,98	0,90	0,68	0,64	0,75	0,90	0,95

Здесь  $K_m = \frac{M_1}{GR}$ , где  $G$  — вес всего пучка;  $R$  — радиус образующих у челюстного механизма при нормально сомкнутых звеньях.

Анализ значений  $K_m$  показывает, что в зоне изменения угла  $\psi$  значение момента  $M_1$  достигает минимума при  $\psi \approx 22^\circ$ . Эта величина соответствует углу естественного откоса модельных бревен, из которых формировались опытные пучки, и углу внутреннего трения  $\varphi$ , принятому нами в вычислениях моментов  $M_1$  равным углу естественного откоса модельных бревен, использовавшихся в опытах.

Анализ результатов экспериментальных и теоретических исследований показывает достаточно близкую сходимость опытных значений  $M_1$  и рассчитанных по нашим теоретическим зависимостям (разница не превышает  $\pm 5\%$  в исследованном диапазоне изменения угла  $\psi$ ).

Между  $M_1$  и усилием формирования  $P_1$  на штоках силовых гидроцилиндров звена  $AO_2$  существует зависимость, которую нетрудно получить из расчетной схемы

$$P_1 = M_1 \frac{1}{R \left[ \left( 1 + \frac{a}{R} \right) \cos \beta - 1 \right]}, \quad (13)$$

где  $a$  и  $\beta$  устанавливаются исходя из геометрических параметров механизма (рис. 3).

Для определения усилия  $P_2$  на штоках силовых гидроцилиндров звена  $O_2O_1$  получена следующая эмпирическая зависимость:

$$P_2 = 2P_1 \frac{1 + \operatorname{tg} \alpha}{1 + \operatorname{ctg} \beta} \cdot \frac{\operatorname{tg} \beta}{\left( \frac{h_2}{R} - 1 \right) \left( 1 + \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg} \beta + \operatorname{tg} \varphi} \right)}, \quad (14)$$

где величины  $\alpha$  и  $h_2$  устанавливают также из расчетной схемы рис. 3.

С учетом значения  $P_2$  и параметров силовых плеч звена  $O_2O_1$  может быть определен и момент  $M_2$ , необходимый для удержания сжимающих звеньев челюстного механизма в нормально сомкнутом состоянии в конечной стадии формирования и сплотки пучка.

В заключение отметим, что экспериментальные исследования по формированию пучков проведены в лаборатории гидропривода на кафедре водного транспорта леса и гидравлики Московского лесотехни-

ческого института на экспериментальной установке, выполненной в масштабе 1:5, с использованием точеных деревянных цилиндров в качестве модельных бревен.

Поступила 20 июня 1975 г.

УДК 634.0.378

## РАСЧЕТ ОЧЕРТАНИЙ ЛЕСОСПЛАВНОЙ ЛЕНТЫ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ТРАССИРОВАНИЕ ЛЕСОНАПРАВЛЯЮЩИХ СООРУЖЕНИЙ

И. К. ДЕМЕТРИАДЕС

Ленинградская лесотехническая академия

Приводятся методика расчета очертаний лесосплавной ленты, зависящих от некоторых гидравлических характеристик потока, и метод рационального трассирования лесонаправляющих сооружений с учетом этих очертаний.

Обоновка — самое простое, распространенное и давно известное средство улучшения лесотранспортного пути. Масштабы ее применения огромны. В то же время трассирование лесонаправляющих сооружений производится визуально и в значительной степени зависит от субъективного подхода проектировщика. При таком подходе роль обоновки сводится к ограждению отдельных русловых препятствий и заливаемых пойм по габаритам лесосплавного хода.

Сплавные единицы под действием поперечных сил, возникающих в потоке, отклоняются от основного направления потока и приближаются к берегам, оседая на мелководье. При организации безостановочного движения лесосплавных единиц некоторой полосой в пределах лесосплавного хода, называемой нами лесосплавной лентой, роль лесонаправляющих сооружений не должна ограничиваться пассивным ограждением препятствий. Направляющие сооружения могут и должны непосредственно участвовать в формировании лесосплавной ленты и управлении процессом ее движения для предотвращения выхода за пределы лесосплавного хода. Лесонаправляющие сооружения представляют в тех пунктах, где расширившаяся лесосплавная лента подходит к границам лесосплавного хода. Такая рациональная организация лесосплава требует детального расчета фактических очертаний лесосплавной ленты, в соответствии с которыми и следует производить трассирование лесонаправляющих сооружений.

В настоящей статье приводится методика расчета очертаний лесосплавной ленты.

Как показывает опыт, лесосплавная лента при свободном движении непрерывно расширяется и поэтому стремится выйти за пределы лесосплавного хода. Очертания лесосплавной ленты зависят от интенсивности движения леса и некоторых гидравлических характеристик потока на данном участке.

Основной фактор, влияющий на величину расширения лесосплавной ленты при свободном ее движении, — характер эпюры поверхностной скорости течения, который зависит, главным образом, от величины отношения глубины потока к его ширине, то есть  $\frac{h_{cp}}{B_{cp}}$ .

При проектировании системы лесонаправляющих сооружений в качестве исходного выбирается ближайший к верхней границе участ-

ка створ, в котором (или ниже которого) какая-либо ситуация требует постановки лесонаправляющего сооружения.

Поскольку средние значения глубины и ширины потока меняются по длине реки, трассирование лесонаправляющих сооружений ведется по отдельным расчетным участкам. Границы последних намечаются с учетом следующих соображений:

а) ширина и глубина потока относительно постоянны или мало меняются;

б) характер русла более или менее однообразен (прямолинейный участок, изгиб, резкое сужение русла и т. д.).

Створы, в которых значительно изменяется грузопоток и, следовательно, ширина лесосплавной ленты, также следует принимать за границы расчетных участков. Определяется средняя глубина и средняя ширина русла каждого расчетного участка.

Расчет очертаний лесосплавной ленты по участкам ведется в такой последовательности.

1. Находят начальную (сжатую) ширину лесосплавной ленты в исходном створе

$$b_c = \frac{N_{\text{нас}}}{3600 v_{\text{пов}} (k \beta)_c q}, \quad (1)$$

где  $N_{\text{нас}}$  — интенсивность лесосплавного грузопотока;

$v_{\text{пов}}$  — средняя поверхностная скорость течения;

$q$  — объем лесоматериалов на 1 м<sup>2</sup> акватории при плотном размещении лесосплавных единиц;

$(k \beta)_c$  — параметр, найденный экспериментально. Практически он постоянен и в инженерных расчетах может быть принят равным 0,21.

Для расчетов формулу (1) представим в следующем виде:

$$b_c = \frac{N_{\text{нас}}}{M v_{\text{пов}}}, \quad (1a)$$

где произведение  $M = 3600 (k \beta)_c q$  является величиной постоянной для всех створов и называется модулем лесопропускной способности.

2. Определяют очертания расширяющейся лесосплавной ленты в конце бона. Полная ширина лесосплавной ленты в любом створе получается как сумма сжатой ширины  $b_c$  и соответствующего приращения ширины  $\Delta b$

$$b_n = b_c + \Delta b. \quad (2)$$

Расширение лесосплавной ленты на ближайшем от сжимающего бона участке (условно называемом «первая» дистанция) и на дальнейшем ее протяжении («вторая» дистанция) подчиняется различным закономерностям. В связи с этим приращение ширины лесосплавной ленты  $\Delta b$  на каждой дистанции следует определять по разным зависимостям.

Длина каждой дистанции определяется величиной параметра

$$\left(\frac{L}{B}\right)_p = \frac{LB_{\text{ср}}}{B_{\text{ср. усл}}^2}, \quad (3)$$

здесь  $L$  — расстояние от начала отсчета до рассматриваемого створа;

$B_{\text{ср}}$  — средняя ширина реки по урезу;

$B_{\text{ср. усл}}$  — ширина условного русла, принятого при исследованиях равным 93,5 м.

Величина приращения  $\Delta b$  может быть определена по следующим формулам:

$$\begin{aligned} \text{для первой дистанции } \left[ \left( \frac{L}{B} \right)_p \leq 6,5 \right] \\ \Delta b_1 = L \operatorname{tg} \alpha_p, \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \text{для второй дистанции } \left[ \left( \frac{L}{B} \right)_p > 6,5 \right] \\ \Delta b_2 = \Delta L \operatorname{tg} 2\alpha_r, \end{aligned} \quad (5)$$

где  $L$  — расстояние от начала расширения до расчетного створа;

$\Delta L$  — расстояние между конечным створом первой дистанции и расчетным створом второй дистанции;

$\alpha_p$  — центральный угол расширения лесосплавной ленты, град;

$\alpha_r$  — угол касательной к плановому очертанию лесосплавной ленты, град.

Величина расширения лесосплавной ленты на «первой» дистанции, оцениваемая углом  $\alpha_p$ , подчиняется сложной зависимости, рассмотренной нами ранее [1]. Однако детальный расчет очертаний лесосплавной ленты на ближайшем от сжимающего бона участке, где она имеет еще малую ширину, требуется в редких случаях для особо сложных участков. Поэтому в большинстве инженерных расчетов достаточно определить угол расширения  $\alpha_p$  для конечного створа «первой» дистанции по формуле

$$\alpha_p = 9,2 + 4,51g \frac{h_{cp}}{B_{cp}} \beta_*^2. \quad (6)$$

Угол  $\alpha_r$  вычисляем по формуле

$$\alpha_r = 0,8 + 8,7 \frac{h_{cp}}{B_{cp}} \beta_*^2, \quad (7)$$

где  $\beta_*$  — «универсальный параметр формы», характеризующий профиль живого сечения открытого потока, который по данным Г. В. Железнякова [2] для естественных водотоков в среднем равен 1,1.

В случаях, когда параметр  $\frac{h_{cp}}{B_{cp}} \beta_*^2 < 0,02$ , следует принимать

$$\frac{h_{cp}}{B_{cp}} \beta_*^2 = 0,02,$$

При рассмотрении следующего расчетного участка весь расчет повторяется по той же схеме.

Расчет очертаний лесосплавной ленты из пучков ведется в той же последовательности и по тем же зависимостям, что и для бревен.

При трассировании лесонаправляющих сооружений на криволинейных участках реки наблюдается расширение лесосплавной ленты с одновременным смещением ее оси в сторону вогнутого берега по отношению к геометрической оси потока. Для расчета очертаний лесосплавной ленты на закруглении желательно тем или иным способом построить план течений. При наличии его отклонение границ лесосплавной ленты от линий тока определяется по приведенным выше зависимостям. Этот путь дает наиболее точные результаты.

Более простое, но менее точное решение может быть получено при наличии на плане извилистого участка только динамической оси

потока. Положение последней определяется по данным изысканий или с меньшей степенью точности расчетом смещения относительно геометрической оси потока по известным формулам. В этом случае ось лесосплавной ленты совпадает с динамической осью потока.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Деметриадес И. К., Савельев В. В. Основные закономерности движения лесосплавной ленты и способ управления этим движением. — Межвузовский сборник научных трудов, вып. 1. Л., 1972. [2]. Железняков Г. В. Гидравлическое обоснование методов речной гидрометрии. АН СССР, 1950.

Поступила 10 ноября 1975 г.

УДК 629.1.032

## МЕТОД РАСЧЕТА ДАВЛЕНИЯ ГУСЕНИЧНОЙ ЛЕСОТРАНСПОРТНОЙ МАШИНЫ НА ГРУНТ

С. Г. КОСТОГРЫЗ

Хмельницкий технологический институт

Предлагается метод расчета эпюры удельного давления многоопорной гусеничной лесотранспортной машины на грунт с учетом неравномерного распределения нагрузок между опорными катками, физико-механических свойств грунта и жесткости гусениц. Этот метод сравнительно прост и рекомендуется для оценки проходимости гусеничных лесотранспортных машин в различных почвенно-грунтовых условиях.

Удельное давление на грунт от гусеничных лесотранспортных машин — один из важнейших критериев, определяющих их тягово-эксплуатационные свойства, проходимость, а следовательно, и эффективность использования в конкретных почвенно-грунтовых условиях. В литературе [1—3] приведено много примеров, показывающих трудность оценки проходимости гусеничной машины по величине среднего удельного давления движителя на грунт, отмечаются недостатки существующих методов расчета, сложность данной задачи и необходимость изыскания новых методов ее решения. Ниже предлагается разработанный нами метод расчета удельного давления гусеничного движителя многоопорной лесотранспортной машины на грунт, который позволяет: произвести качественную и количественную оценку распределения удельного давления вдоль опорной поверхности; учесть такие факторы, как физико-механические свойства грунта, жесткость и натяжение гусениц, распределение нагрузок между опорными катками, геометрические характеристики движителя; дать оценку максимального давления в заданных почвенно-грунтовых условиях; использовать при этом весьма простой математический аппарат.

В основу этого метода положены следующие предпосылки и допущения.

1. Рассматриваем гусеницу как упругую балку неограниченной длины\*, опирающуюся на сплошное упругое основание таким образом, что если гусеница изгибается, то интенсивность равномерно распределенной реакции (удельного давления) в каждой точке пропор-

\* Как будет показано ниже, это допущение, с точки зрения практических границ использования результатов данного метода, вполне правомерно.



циональна прогибу, то есть зависимость между удельным давлением и осадкой согласуется с гипотезой Винклера

$$p = -kz, \quad (1)$$

где  $p$  — удельное давление, кгс/см<sup>2</sup>;

$z$  — осадка гусеницы, см;

$k$  — постоянный для данного грунта коэффициент, характеризующий его качество [2], [3], кгс/см<sup>3</sup>.

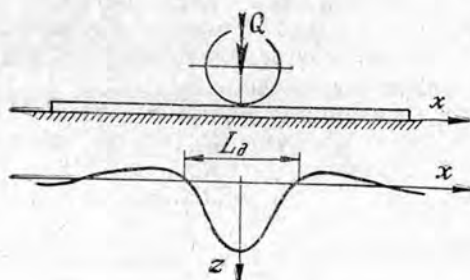
2. Влияние шпор, неровностей поверхности и неоднородности грунта вдоль опорной поверхности не учитываем.

3. Нагрузка от опорного катка на гусеницу сосредоточена в одной точке.

4. В поперечном направлении звено гусеницы абсолютно жесткое, а нагрузка, передаваемая на грунт, распределяется по ширине равномерно.

5. Упругое основание лишено свойств инерции и диссипации.

Рис. 1. Расчетная схема к определению осадки гусеницы как балки, лежащей на упругом основании.



В силу принятых допущений и предпосылок уравнение прогибов (осадки) гусеницы при действии силы от одного катка записываем как уравнение изогнутой оси балки неограниченной длины, лежащей на упругом основании и нагруженной сосредоточенной силой (рис. 1), [4],

$$z(x) = \frac{Q\beta}{2kb} e^{-\beta x} (\cos \beta x + \sin \beta x), \quad (2)$$

где  $\beta = \sqrt[4]{\frac{kb}{4EI_z}}$  — линейная частота следования волн упругой деформации балки (гусеницы);

$Q$  — нагрузка на каток;

$b$  — ширина гусеницы;

$EI_z = Ж$  — жесткость балки, которой моделируется гусеница.

При нагрузке гусеницы силами от  $n$  опорных катков

$$z(x) = \frac{1}{2b} \sum_{i=1}^n \frac{Q_i \beta_i}{k_i} e^{-\beta_i(x-l_i)} [\cos \beta_i(x-l_i) + \sin \beta_i(x-l_i)], \quad (3)$$

где  $Q_i$  — нагрузка на  $i$ -тый опорный каток;

$l_i$  — расстояние от оси  $i$ -того до оси первого опорного катка.

Значение  $x$  в выражении (3) изменяется в пределах от  $-c_1$  до  $L+c_2$ , где  $L$  — база машины, а  $L+c_1+c_2$  — длина опорной поверхности при погружении гусениц в грунт на глубину 10 см (рис. 2), [3]. Введение в формулу (3) величин  $k$  и  $\beta$  для каждого  $i$ -того опорного

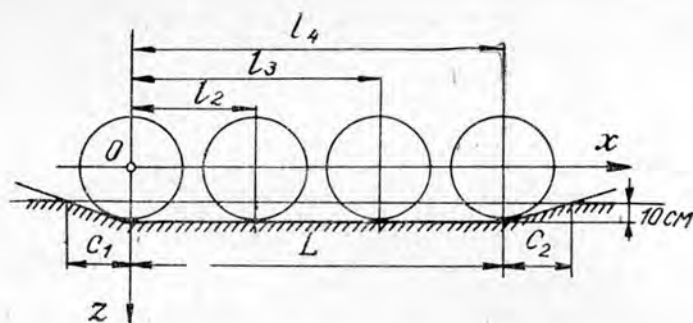


Рис. 2.

катка ( $\alpha_i$  и  $\beta_i$ ) объясняется тем, что при определенных условиях, вследствие подпрессовки грунта предыдущим опорным катком, характеристики грунта под последующим катком могут измениться. Если не учитывать подпрессовку грунта, то в выражении (3) значения  $k$  и  $\beta$  для всех катков равны.

Жесткость  $EI_z$  балки, которой моделируется гусеница, в первом приближении может быть установлена следующим образом. Допустим, что требуется определить поперечную жесткость балки прямоугольного поперечного сечения с известными размерами, однако модуль упругости материала балки неизвестен. В этом случае решение очевидно, если такую балку поместить на две опоры и измерить прогиб ее в центре пролета, обусловленный собственным весом балки. При этом прогиб связан с жесткостью следующей зависимостью [4]:

$$z_{0 \max} = \frac{5ql^4}{384EI_z}, \quad (4)$$

где  $q$  — вес единицы длины балки;

$l$  — длина пролета между опорами.

Для свободной гусеничной ветви, провисающей между двумя опорами, например, между катками, максимальное провисание (прогиб) определяется по формуле [1], [3]

$$z_{r \max} = \frac{ql^2}{8P_0}, \quad (5)$$

где  $l$  — расстояние между опорами свободно висящей ветви;

$q$  — погонный вес гусеницы;

$P_0$  — горизонтальная составляющая силы натяжения гусеницы.

Для того чтобы балка с равномерно распределенной нагрузкой была эквивалентна гусеничной цепи (при равных пролетах и равной погонной нагрузке), необходимо соблюдение условия равенства прогибов условной балки и гусеничной цепи посередине пролета  $z_{0 \max} = z_{r \max}$ . Отсюда, используя выражения (4) и (5), получим условную (эквивалентную) жесткость гусеницы

$$Ж = EI_z = \frac{40P_0 l^2}{384} \approx 0,1 P_0 l^2. \quad (6)$$

Выражение (6) позволяет учесть натяжение гусеничной цепи.

Практически жесткость гусеницы будем определять так. Задаем относительной стрелой провисания  $z_0$  при подтянутой задней ветви обвода. Для слабого предварительного натяжения  $z_0 = 0,03 \div 0,05$ , для среднего —  $z_0 = 0,02 \div 0,03$ .

Полная стрела

$$z_{max} = z_0 l. \quad (7)$$

Используя выражение (4), получим

$$Ж = \frac{5}{384} \cdot \frac{q l^3}{z_0}.$$

Уравнение (7) определяет жесткость гусеницы через относительную стрелу провисания, длину пролета свободно висящей ветви и погонный вес гусеницы. Оно пригодно для использования при расчете осадки на слабом грунте неподвижной, движущейся на буксире или накатом гусеничной машины.

При движении под нагрузкой жесткость гусеницы под каждым катком можно определить по формуле (6), подставляя вместо  $P_0$  значения  $P_0 + S_i$ , где  $S_i$  — касательная реакция дороги под  $i$ -тым катком.

Используя зависимость (1), на основании формулы (3) получим выражение, описывающее распределение удельных давлений вдоль опорной поверхности многоопорной гусеничной машины

$$p(x) = \frac{1}{2b} \sum_{i=1}^n Q_i \beta_i e^{-\beta_i(x-l_i)} [\cos \beta_i(x-l_i) + \sin \beta_i(x-l_i)]. \quad (8)$$

По этой формуле выполнен расчет распределения удельных давлений для трелевочного трактора ТДТ-55, движущегося по снежной целине с полной нагрузкой на шит. Глубина снега 30 см, температура окружающего воздуха  $t = 10^\circ\text{C}$ ,  $k = 0,4$  кгс/см<sup>3</sup>.

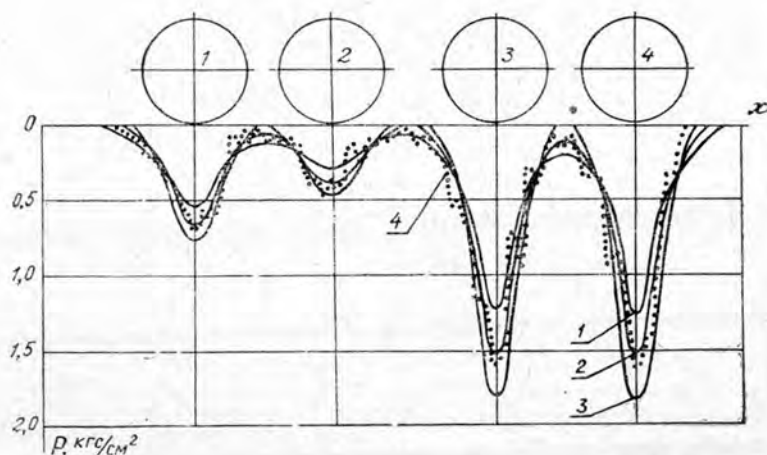


Рис. 3. Эпиюры удельных давлений на грунт для трактора ТДТ-55 при  $k = 0,4$  кгс/см<sup>3</sup> (снег).

1 — расчетная при  $z_0 = 0,04$ ; 2 — расчетная при  $z_0 = 0,02$ ; 3 — расчетная при  $z_0 = 0,01$ ; 4 — экспериментальная при  $z_0 = 0,02$ .

Расчетные и экспериментальные эпиюры удельных давлений приведены на рис. 3. Количественный анализ результатов совокупности опытов позволил установить математические ожидания расхождения теоретической и экспериментальной оценок, которые составили соответственно для 1, 2, 3 и 4-го катков: 12; 15,6; 6,8; 7,2% и дают основа-

ние считать удовлетворительной оценкой эпюр удельных давлений по формуле (8).

Эта формула позволяет также установить влияние качества грунта и натяжения гусениц на величину  $p$ . Показатель качества грунта  $k$  и жесткость гусеницы определяют частоту следования волн упругой осадки гусеницы. Длина зоны положительной упругой осадки гусеницы под катком  $L_6 = \frac{3\pi}{2\beta}$  (рис. 1) и зависит от  $k$  и  $J$ . Как показывают расчеты, даже при самых неблагоприятных сочетаниях качества грунта и натяжения гусениц длина зоны  $L_d$  такова, что перекрытие эпюр давлений отдельных катков для современных трелевочных тракторов незначительно, и соседние опорные катки незначительно, и соседние опорные катки не влияют на максимальное значение удельного давления под рассматриваемым катком (рис. 3). Первое подтверждает правильность исходной предпосылки о гусенице как бесконечно длинной балке, а последнее позволяет производить оценку максимального удельного давления на грунт при известной максимальной нагрузке на каток  $Q_{max}$ , показателе грунта  $k$  и известном натяжении гусеницы по формуле, вытекающей из выражения (8),

$$p_{max} = \frac{\beta}{2b} Q_{max} \quad (9)$$

где, с учетом формулы (7),  $\beta \approx 2,1 \sqrt{\frac{kbz_0}{ql^3}}$ .

Эти зависимости могут служить и для характеристики влияния величин  $k$  и  $z_0$  на  $p_{max}$ .

Изложенный метод достаточно прост, отображает основные физические явления при давлении гусеничного движителя на грунт и может быть применен для оценки давления на грунт движителя гусеничных лесотранспортных машин с учетом характеристик почвенно-грунтовых условий. Метод неприменим для случая бесконечно большого натяжения гусеницы, когда  $z_0=0$ , в этом случае формула (9) дает неверный результат, однако на практике достичь такого натяжения невозможно, кроме того, большие натяжения гусениц нежелательны из-за роста потерь в гусеничном обводе [1].

Оценка удельных давлений с помощью этого метода наиболее достоверна при мелкозвенчатой гусенице, балансирно-рессорной или индивидуальной подвеске и условиях, для которых  $k=(0,02 \div 10)$  кгс/см<sup>3</sup>, а  $z_0=(0,01 \div 0,05)$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Антонов А. С. Теория гусеничного движителя. М., Машгиз, 1949. [2]. Беккер М. Г. Введение в теорию систем местность — машина. М., «Машиностроение», 1973. [3]. Забавников Н. А. Основы теории транспортных гусеничных машин. М., «Машиностроение», 1968. [4]. Тимошенко С. П. Сопротивление материалов. М., «Наука», 1965.

Поступила 14 октября 1975 г.

УДК 629.11

## РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК АМОРТИЗАТОРОВ ДЛЯ ПОДВЕСКИ АВТОЛЕСОВОЗОВ

А. М. ЖИГАЛОВ

Архангельский лесотехнический институт

Дана методика расчета характеристик амортизаторов, определены характеристики амортизаторов для автолесовозов Т-80 и Т-140А, приведены результаты сравнительных испытаний автолесовозов на плавность хода.

Независимая подвеска колес отечественных автолесовозов выполнена с использованием цилиндрических пружин, вмонтированных внутри направляющих гильз. Недостаток пружинной подвески состоит в том, что при движении автолесовоза возникают значительные колебания, которые гаснут сравнительно медленно.

Деревянные пластинчатые мостовые — наиболее распространенный вид дорожного покрытия на ЛДК и складах пиломатериалов, и при движении по ним желательна более мягкая подвеска. Приведенный на рис. 1 график показывает, что статический прогиб подвески автолесовозов имеет тенденцию к увеличению. Однако чем больше статический прогиб подвески или чем мягче и эластичнее ее упругие элементы, тем сильнее и продолжительнее колебания масс автолесовоза, возникающие при переезде неровностей. Чтобы не допустить раскачивания автолесовоза при движении по неровной дороге, водители вынуждены снижать скорость. В результате производительность автолесовозов уменьшается.

Поэтому для гашения собственных колебаний, а следовательно, и для улучшения плавности хода следует считать целесообразным снабжать подвеску автолесовозов специальными либо

аналогичными автомобильным амортизаторами. Последние более предпочтительны ввиду малого веса, компактности и надежности.

Для автолесовоза должны быть выбраны такие амортизаторы, характеристики которых соответствуют его основным колебательным параметрам: жесткости упругих элементов, величине подрессоренных масс, затуханию в подвеске, а также дорожным условиям эксплуатации.

Расчет характеристик амортизаторов (табл. 1) заключается в определении их параметров (коэффициентов сопротивления, скоростей, при которых открываются клапаны, максимальных усилий, развиваемых при определенных условиях, и т. д.) [2]. Все данные, а также промежуточные и окончательные результаты расчета удобно распола-

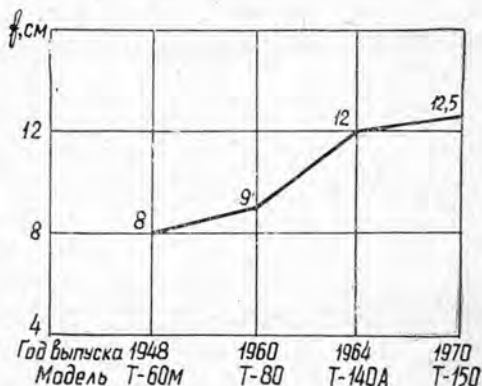


Рис. 1. Статический прогиб подвески автолесовозов с номинальной нагрузкой.

Таблица 1

Параметры	Обозначения и формулы	Единицы измерения	Направление хода подвески	Т-80		Т-140А	
				без нагрузки	под полной нагрузкой	без нагрузки	под полной нагрузкой
Вес поддресоренных частей, приходящихся на одно колесо	$G$	кгс	—	810	2050	910	2650
Масса поддресоренных частей	$M = \frac{G}{9,81}$	кгс·с <sup>2</sup> /м	—	82,5	209,0	92,7	270,0
Жесткость подвески одного колеса	$C_{п}$	кгс/м	—	21200		21200	
Частота собственных колебаний поддресоренных масс	$\omega = \sqrt{\frac{C_{п}}{M}}$	рад/с	—	16,0	10,0	15,1	8,9
Статический прогиб подвески	$f$	см	—	158	95,5	144	85
Ход вилки колеса (штока) до сопротивления с рамой	$H_0$	м	Отбой	3,7	9,0	4,3	12,0
Общий коэффициент аperiodичности	$\psi_a$	—	Сжатие	0,045	0,104	0,04	0,123
Принятые соотношения коэффициентов сжатия и отбоя	$\frac{\psi_c}{\psi_0}$	—	—	0,200	0,141	0,197	0,114
Коэффициенты аperiodичности отбоя и сжатия	$\psi_0 = \frac{\psi_a}{1,25}$	—	Отбой	0,32	0,20	0,34	0,20
Коэффициент сопротивления амортизаторов	$\psi_c = \psi_a - \psi_0$	—	Сжатие	0,25	0,25	0,25	0,25
Максимальная скорость поршня амортизатора при низкочастотных колебаниях	$K'_0 = 2M\omega\psi_0$ $K_c = 2M\omega\psi_c$	кгс·с/м	Отбой	660	670	750	767
	$v_{пmax} = H_0\omega_0$	м/с	Сжатие	167	167	195	192
			Отбой	0,72	1,04	0,6	1,1
			Сжатие	3,2	1,41	2,97	1,02
Усилия, развиваемые амортизаторами при максимальной скорости движения поршня без открытия клапана	$P_0 = K_0 v_{пmax}$ $P_c = K_c v_{пmax}$	кгс	Отбой	660	670	750	767
		"	Сжатие	167	167	195	192
			Отбой	0,72	1,04	0,6	1,1
			Сжатие	3,2	1,41	2,97	1,02
Скорость поршня при открытии клапанов амортизаторов	$v_{кл.0}$ $v_{кл.с}$	м,с	Отбой	475	700	450	842
		"	Сжатие	534	236	578	195
			Отбой	0,32	0,32	0,32	0,32
		"	Сжатие	0,30	0,30	0,30	0,30

Продолжение табл. 1

Параметры	Обозначения и формулы	Единицы измерения	Направление хода подвески	Т-80		Т-140А	
				без нагрузки	под полной нагрузкой	без нагрузки	под полной нагрузкой
				Усилия, развиваемые амортизаторами при открытии клапанов	$P_{кл.о}$	кгс	Отбой
Коэффициент сопротивления амортизатора при открытых клапанах	$P_{кл.с}$	"	Сжатие	50	50	57	57
	$K_{кл.о}$	кгс·с/м	Отбой	380	380	362	362
Усилия, развиваемые амортизаторами при максимальной скорости при условии, что клапаны открываются	$K_{кл.с}$	"	Сжатие	55	55	55	55
	—	кгс	Отбой	363	488	341	528
Усилия, развиваемые амортизаторами при скорости поршня 0,52 м/с	—	кгс	Сжатие	210	116	204	98
	—	кгс	Отбой	287	290	312	312
			Сжатие	62	62	60	60

гать в таблице в определенной последовательности. Ниже приведен расчет характеристик амортизаторов применительно к подвеске автолесовозов Т-80 и Т-140А. Исходные данные для расчетов приняты по работе [1]. Расчетные данные соответствуют характеристикам одного амортизатора в подвеске каждого колеса.

Степень гашения колебаний зависит от коэффициента аperiodичности, который выбирают [3] при полной нагрузке в диапазоне  $\psi = 0,2 \div 0,3$ . Соотношение между коэффициентами сопротивления отбоя и сжатия принято  $\psi_c = 0,25 \psi_o$ . Меньшее сопротивление сжатия способствует уменьшению толчка, передаваемого раме при переезде отдельных неровностей, которые в условиях эксплуатации автолесовозов весьма распространены.

Величина рекомендуемого коэффициента аperiodичности зависит от ряда факторов: наличия дополнительного гашения колебаний (трения в подвеске), изменения нагрузки, дорожных условий, скорости движения и т. д. Нагрузка на упругий элемент в груженом и порожнем состоянии автолесовозов различна. Учитывая эту разницу, а также наличие трения в подвеске, выбираем наименьшую величину коэффициента аperiodичности  $\psi = 0,2$ . При этом имеется в виду, что у порожнего автолесовоза коэффициент аperiodичности несколько выше.

Расчетные данные, приведенные в таблице, оказались достаточно близкими к параметрам характеристик передних амортизаторов автомобиля ЗИЛ-164 (для автолесовоза Т-80) и автобуса ПАЗ-652 (для Т-140). Поэтому для отечественных автолесовозов, выпускаемых Соломбальским машиностроительным заводом, следует рекомендовать стандартные автомобильные амортизаторы.

Для оценки влияния амортизаторов на плавность хода были проведены эксплуатационные испыта-

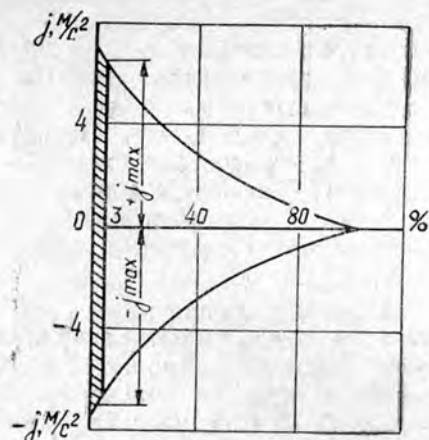


Рис. 2. График распределения ускорений рамы автолесовоза.

автолесовоза с грузом и без груза в пределах эксплуатационных скоростей при включенных амортизаторах на 40% меньше, чем без амортизаторов.

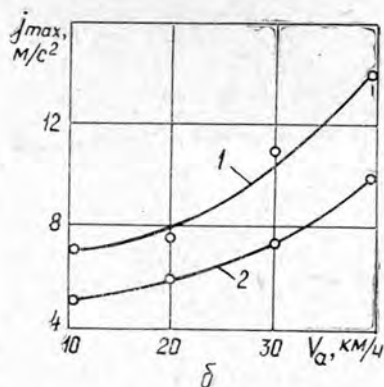
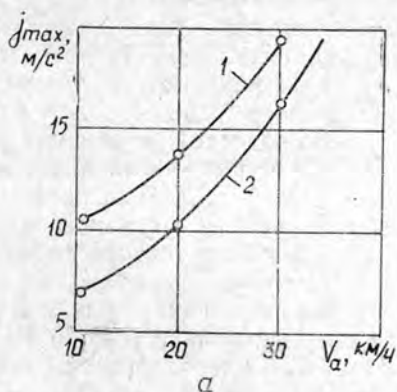


Рис. 3. График максимальных ускорений рамы автолесовоза при движении по реальной дороге.

а — без груза; б — с грузом; 1 — без амортизаторов; 2 — с амортизаторами.

Экономические расчеты показывают, что оборудование подвески автолесовоза телескопическими амортизаторами позволяет за счет более высоких скоростей движения увеличить его производительность на 26%, что дает экономию 0,9 к. на каждый кубометр перевозимых материалов.

#### ЛИТЕРАТУРА

11. Жигалов А. М. Исследование подвески и плавности хода автолесовозов. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. Л., 1968. 121. Скиндер И. Б., Лиэпа Ю. А. Гидравлические амортизаторы. Атлас конструкций. М., «Машиностроение», 1968. 131. Яценко Н. Н., Прутчиков О. К. Плавность хода грузовых автомобилей. М., Машгиз, 1969.

Поступила 20 февраля 1975 г.



УДК 625.8

**СТЕНД ДЛЯ ДИНАМИЧЕСКОГО И СТАТИЧЕСКОГО  
ИСПЫТАНИЙ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД И ОСНОВАНИЙ**

Ф. А. ПАВЛОВ, В. Н. ЖДАНОВ

СевНИИП

Разработан и испытан стенд для нагружения дорожных одежд и грунтовых оснований с диапазоном передаваемых нагрузок через штамп до 12 тс и продолжительностью импульса от 0,01 с до нескольких часов (суток). Применение стенда позволяет наиболее глубоко изучить характер протекания деформации в дорожных одеждах и грунтовых основаниях.

При расчете покрытий лесовозных дорог необходимо как можно полнее учитывать реальные свойства материалов, проявляющиеся в конкретных условиях нагружения (например, под воздействием движущейся колесной нагрузки). Определенный интерес вызывает поведение материалов дорожных одежд и грунтовых оснований под воздействием силовых импульсов малой продолжительности (до 0,01 с), что соответствует движению по дороге автомобильного колеса лесовозного автопоезда под нагрузкой со скоростью 60—80 км/ч (16,7—22,2 м/с).

Под воздействием таких импульсов материалы и грунты (как связанные, так и несвязные) проявляют несколько иные свойства, чем при работе в условиях медленного нагружения. Поэтому при испытании возникает необходимость в создании нагрузочных устройств, обеспечивающих получение достаточно мощных силовых импульсов продолжительностью порядка 0,01 с.

Существующие гидравлические прессы, входящие как составная часть во многие испытательные стенды, позволяют получать импульсы значительной величины, но с большим фронтом по времени. Даже при использовании высокопроизводительных гидронасосов, электромагнитных золотников и гидроаккумуляторов время нагружения не удается сделать меньше 0,07—0,1 с [2], [3].

Установки типа «падающий груз» (например, [1]) с большим диапазоном нагрузок для лабораторного применения неудобны, так как они отличаются большими габаритами и трудностью плавного изменения параметров импульса, и, кроме того, продолжительность импульса у них более 0,05 с.

Испытательный стенд (рис. 1), разработанный авторами, позволяет воздействовать на дорожные одежды и грунтовые основания силовыми импульсами с очень широким диапазоном нагрузок как по продолжительности, так и по величине. Параметры получаемых силовых импульсов приведены в табл. 1.

Стенд состоит из универсального нагрузочного устройства 1, силового электрического блока с пультом управления 2, подъемной лебедки с тросо-блочной системой 3 и гидронасосной станции с пультом управления.

Универсальное нагрузочное устройство (рис. 2) включает три нагружателя с различными принципами действия.

Нагружатели смонтированы на несущей раме, состоящей из двух круглых оснований 1 и 2 и четырех соединительных штанг 12.

Таблица 1

Используемый нагрузка- тель стэнда	Параметры импульса			
	Амплитуда, тс		Продолжительность, с	
	Максимальное значение	Минимальное значение	Максимальное значение	Минимальное значение
Гидравлический	12	0	Несколько часов	0,2
„Падающий груз“	8	0,05	0,5	0,05
Электромагнитный	8	0	0,1	0,01

Примечание. При включении электромагнитных защелок усилие к штампу можно прикладывать в течение неограниченного времени за счет энергии сжатых пружин.

Работа гидравлического нагружателя (рис. 2, а) обеспечивается гидроцилиндром 3 и гидронасосной станцией с пультом управления. Максимальное рабочее давление в системе  $100 \text{ кгс/см}^2$  ( $9,81 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$ ). Предусмотрена возможность автономной работы гидравлического нагружателя, а также использование его для создания начальной пригрузки (силового фона) при работе других нагружателей.

Второй нагружатель, работа которого поясняется (рис. 2, б), включает в себя подвижную платформу 4, восемь балластных грузов 5 по 50 кгс каждый, тросо-блочную систему 6 и лебедку 7. Нагружатель может работать непосредственно на штамп (жесткое нагружение) или предварительно сжимать восемь рабочих пружин одинаковой жесткости 8 (мягкое нагружение). В последнем случае якорь 10 фиксируется в нижнем положении электромагнитными защелками 9.

Электромагнитный нагружатель (рис. 2, в) является оригинальным элементом стэнда.

Силовой импульс создается группой из восьми электромагнитов 11 марки МИС-9100, питаемых от конденсаторной батареи большой емкости. Конденсаторная батарея составлена из 224 конденсаторов марки ЭФ 1300 мкФ  $\times$  300 В.

Принципиальная электрическая схема электромагнитного нагружателя приведена на рис. 3.

Нагружатель работает следующим образом. Конденсаторная батарея (КБ) подключается к зарядному устройству (ЗУ), питающемуся от однофазной сети переменного тока. При достижении необходимого напряжения заряда нажатием кнопки В<sub>1</sub> производим разряд батарей через обмотки электромагнитов. Время и величину силового импульса можно изменять в широких пределах, что достигается: изменением количества подключаемых конденсаторов; изменением конечного напряжения заряда батареи; различным включением обмоток электромагнитов (рис. 3); включением различного количества электромагнитов (2, 4 или 8); включением в разрядную цепочку дополнительных сопротивлений  $R_1 \div R_6$ ; установкой определенных начальных зазоров в электромагнитах.

После проведения серии пробных испытаний необходимую продолжительность и величину импульса устанавливают на пульте управления еще до начала опыта, при этом обеспечивается достаточная стабильность параметров импульса.

Параметры силового импульса, создаваемого нагружателями, записываются светолучевым осциллографом. В нашем случае использован тридцатиканальный осциллограф М010 с гальванометрами типа

М004. Сигналы на гальванометры осциллографа подаются с измерительной головки стенда через усилитель. Структурная схема одного из каналов измерительной схемы показана на рис. 4.

Тензорезистивные преобразователи в головке 13 (рис. 2, г) выдают электрические сигналы, количественно характеризующие величину усилия на рабочей поверхности штампа, вертикальное перемещение и ускорение штампа.

Упругие элементы датчика давления выполнены в виде двух тонкостенных цилиндров (один из которых растягивается, а другой сжимается) с наклеенными тензорезисторами. Такая конструкция позволила получить линейную характеристику измерителя. Тарировочная характеристика измерительного канала также является линейной.

Упругие элементы датчиков перемещения и ускорения представляют собой стальные пластинки с наклеенными тензорезисторами.

Датчик ускорения помещен в емкость, заполненную силиконовой жидкостью. Тарировочные графики этих измерителей являются линейными.

Грунтовый канал (рис. 5), заполненный среднезернистым песком, имеет ширину 3 м и служит местом для закладки грунтовых моделей или моделей дорожных одежд. Грунтовые модели готовят следующим образом. В канале отрывают траншею по ширине модели (в нашем случае 1,8 м). В нее на расстоянии 30 см друг от друга закладывают деревянные каркасы (ящики без дна). Каркасы заполняют испытываемым грунтом соответствующей плотности и влажности, в межкаркасное пространство засыпают песок, затем каркасы извлекают из грунта, а грунт и песок окончательно уплотняют. При испытаниях в грунты закладывают датчики давления и перемещения. Датчики контроля за влажностью грунта закладывают при формировании моделей.

Характер силовых импульсов, полученных от электромагнитного нагружателя стенда, при испытании модели из среднезернистого песка в случае передачи усилия через жесткий штамп диаметром 30 см показан на рис. 6.

Испытательный стенд позволяет более глубоко изучить характер деформирования грунтовых оснований и дорожных одежд.

#### ЛИТЕРАТУРА

11. Иванов Н. Н. и др. Расчет и испытание нежестких дорожных одежд. М., «Высшая школа», 1971. 121. Коровкин Р. Л. Некоторые результаты экспериментальных исследований колеяных покрытий из железобетонных плит при динамическом нагружении. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1971, № 3. 131. Barksdale R. D., Hicks R. G. Evaluation of materials for granular base courses. — «Sird Int. Conf. Mater. Technol., Rio de Janeiro, 1972». Mexico — Buenos Aires, 1972, 135—143, 134.

Поступила 27 февраля 1975 г.

УДК 621.43

О ЦИКЛОВОЙ ПОДАЧЕ ТОПЛИВА ДИЗЕЛЯМИ  
НЕКОТОРЫХ ЛЕСОТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

А. В. ДУРОВ

Архангельский лесотехнический институт

На основе анализа нагрузочных характеристик некоторых моделей семейства четырехтактных дизелей ЯМЗ, СМД, Дб и АМЗ, нашедших широкое применение на лесотранспортных машинах и в других отраслях промышленности, получена однозначная зависимость удельной цикловой подачи топлива от среднего эффективного давления, действительная в режимах работы дизеля от холостого хода до полной нагрузки. Рассматривается применение полученных результатов в прикладных расчетах.

Дизели лесотранспортных машин основную часть эксплуатационного времени работают с неполной нагрузкой в связи с переменными нагрузками и дорожными сопротивлениями. При этом изменяются реализуемая мощность, скорость вращения коленчатого вала и удельный расход топлива. В этих условиях топливную экономичность дизеля при работе с любой нагрузкой на различных скоростных режимах можно установить по показателям нагрузочной характеристики, представленной в виде графиков зависимости часового  $G_T$  и удельного  $g_e$  расходов топлива от нагрузки при различных, но постоянных оборотах  $n$ . Степень загрузки двигателя определяют по соотношениям

$$\bar{N}_e = \frac{N_e}{N_{e \max}}; \quad \bar{P}_e = \frac{P_e}{P_{e \max}},$$

где  $N_e, P_e$  — эффективная мощность и среднее эффективное давление при данной нагрузке и оборотах;

$N_{e \max}, P_{e \max}$  — максимальные мощность и эффективное давление, соответствующие полной нагрузке при заданном скоростном режиме.

В нагрузочных характеристиках расходы  $g_e (G_T)$  являются функцией двух переменных и изменяются по довольно сложным кривым. Аналитические зависимости, связывающие расход топлива с нагрузкой  $P_e$  и числом оборотов  $n$ , в настоящее время не установлены. Кроме того,  $g_e (G_T)$  приводят для нескольких (обычно 3—5) значений  $n$ . Если при расчете получаются другие «некруглые» значения  $n$ , то неизбежно интерполирование, что вносит неудобства и вызывает погрешности при определении расхода топлива.

В работе И. М. Ленина и др. [2] отмечается, что для оценки топливной экономичности карбюраторных и дизельных двигателей может быть использована удельная цикловая подача  $G_{ц}$ , представляющая расход топлива  $G_T$  (кг/ч), отнесенный к литражу  $V_s$  (л) за один рабочий цикл и определяемая для четырехтактных двигателей при различных  $n$  (об/мин) по формуле

$$G_{ц} = \frac{10^6 G_T}{30nV_s} \text{ мг/(цикл} \cdot \text{л)}. \quad (1)$$

Между величинами  $G_{ц}$ ,  $g_e$  (г/э.л.с·ч) и  $P_e$  (кгс/см<sup>2</sup>) существует взаимосвязь. Так как  $G_{т} = 10^{-3} g_e N_e$  (кг/ч), а для четырехтактного двигателя

$$N_e = \frac{P_e V_s n}{900} \text{ л.с.}, \quad (2)$$

то, имея в виду уравнение (1), получаем

$$G_{ц} = \frac{g_e P_e}{27}. \quad (3)$$

Формула (3) применима также и для двухтактных двигателей при любых нагрузках ( $P_e > 0$ ), исключая холостой ход ( $P_e = 0$ ). Величина  $G_{ц}$  является функцией  $P_e$  и почти не зависит от  $n$  [1], [2].

Для дизелей лесотранспортных машин не установлены зависимости  $G_{ц} = f(P_e)$ . Нами обработаны нагрузочные характеристики некоторых моделей дизелей, применяемых на лесовозном автомобиле, трелевочном тракторе, узкоколейном тепловозе и на других транспортных и специальных машинах (табл. 1).

Для установления связи  $G_{ц} = f(P_e)$ , кроме нагрузочных, использовали внешние скоростные характеристики, по которым определяли (при  $n = \text{const}$ ) максимальные величины  $N_e$ ,  $P_e$  и  $G_{т}$ , а также характеристики холостого хода  $G_x = f(n)$ . По последним устанавливали расход топлива  $G_x$  при  $P_e = 0$  на различных  $n$ . Величины  $P_e$  и  $G_{т}$  подсчитывали по формулам (1) и (2).

В качестве примера на рис. 1 приведен график зависимости  $G_{ц} = f(P_e)$  для дизеля ЯМЗ-238. Все точки отдельных скоростных режимов ( $n = 900 \div 2100$  об/мин) располагаются весьма близко друг к другу, что позволяет провести осредненную кривую. Графики с аналогичным расположением опытных точек при различных  $n$  получены и для других моделей дизелей (табл. 1).

Обработка этих данных на ЭВМ «Наири-2» показала, что при различных  $n$  величины  $G_{ц}$  в интервале нагрузок дизелей от холостого хода ( $P_e = 0$ ) до полной нагрузки ( $P_e = P_{e \text{ max}}$ ) с достаточной степенью точности описываются формулой

$$G_{ц} = A + BP_e + CP_e^2 \text{ мг/(цикл·л)}, \quad (4)$$

где  $A$ ,  $B$ ,  $C$  — эмпирические коэффициенты (табл. 1).

Коэффициент  $A$  в уравнении (4) численно равен цикловой подаче топлива на холостом ходу дизеля  $G_{хц}$  при осредненных  $n$ . Значения  $G_{ц}$  составили: ЯМЗ-238 — 8,1; СМД-14 — 14,3; У-2Д6 — 6,1 и А-41 — 9,6 мг/(цикл·л), что соответствует 17—30% от максимальной цикловой подачи.

Подсчеты показали, что для рассматриваемых дизелей, отличающихся мощностью, скоростными, конструктивными параметрами и способом смесеобразования (табл. 1), при наиболее характерных эксплуатационных нагрузках значения  $G_{ц}$  находятся в очень узких пределах. Так, например, при  $P_e = 4$  кгс/см<sup>2</sup> величина  $G_{ц} = 25,7 \div 26,4$  мг/(цикл·л).

Расходы  $G_{т}$ , подсчитанные по уравнениям (табл. 1), для ходовых нагрузок при различных оборотах отличаются не более чем на 5% от значений  $G_{т}$ , полученных по экспериментальным нагрузочным характеристикам. Если учесть, что при снятии на стенде этих характеристик разброс результатов для различных двигателей (одной и

Таблица 1

Модель дизеля	Марка тяговой машины	$N_e$ , л. с.	$n$ , об/мин	Расположение цилиндров и их число	Способ смешения	$d$ , мм	$S$ , мм	$V_S$ , л	Расчетные формулы для определения $G_{II}$ , мг/(цикл · л), при различных $P_e$ , кгс/см <sup>2</sup>	Обороты дизеля, для которых выполнена обработка опытных данных
ЯМЗ-238	КрАЗ-255Л	240	2100	V8	Камера в поршне	130	140	14,86	$G_{II} = 8,12 + 3,74P_e + 0,21 P_e^2$	900, 1200, 1500, 1800, 2100
СМД-14	ТДТ-55	75	1700	P4	Вихревая камера	120	140	6,33	$G_{II} = 14,28 + 1,31 P_e + 0,41 P_e^2$	1000, 1200, 1400, 1600
У-2Д6	ТУ2М, ТУ2МК	150	1500	P6	Непосредственный впрыск	150	180	19,1	$G_{II} = 6,14 + 3,22P_e + 0,42 P_e^2$	1000, 1200, 1500
А-41	ТУ6	90	1750	P4	Камера в поршне	130	140	7,45	$G_{II} = 9,59 + 3,82P_e + 0,246 P_e^2$	1750

Таблица 2

Модель дизеля	Формулы	Значения $\bar{G}_{II}$ при различных $\bar{P}_e$					
		0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
ЯМЗ-238	$\bar{G}_{II} = 0,170 + 0,590\bar{P}_e + 0,240 \bar{P}_e^2$	0,170	0,298	0,444	0,610	0,796	1
СМД-14	$\bar{G}_{II} = 0,305 + 0,208 \bar{P}_e + 0,487 \bar{P}_e^2$	0,305	0,366	0,466	0,605	0,783	1
У-2Д6	$\bar{G}_{II} = 0,180 + 0,490\bar{P}_e + 0,330 \bar{P}_e^2$	0,180	0,291	0,429	0,593	0,783	1
А-41	$\bar{G}_{II} = 0,225 + 0,556 \bar{P}_e + 0,219 \bar{P}_e^2$	0,225	0,344	0,482	0,637	0,803	1

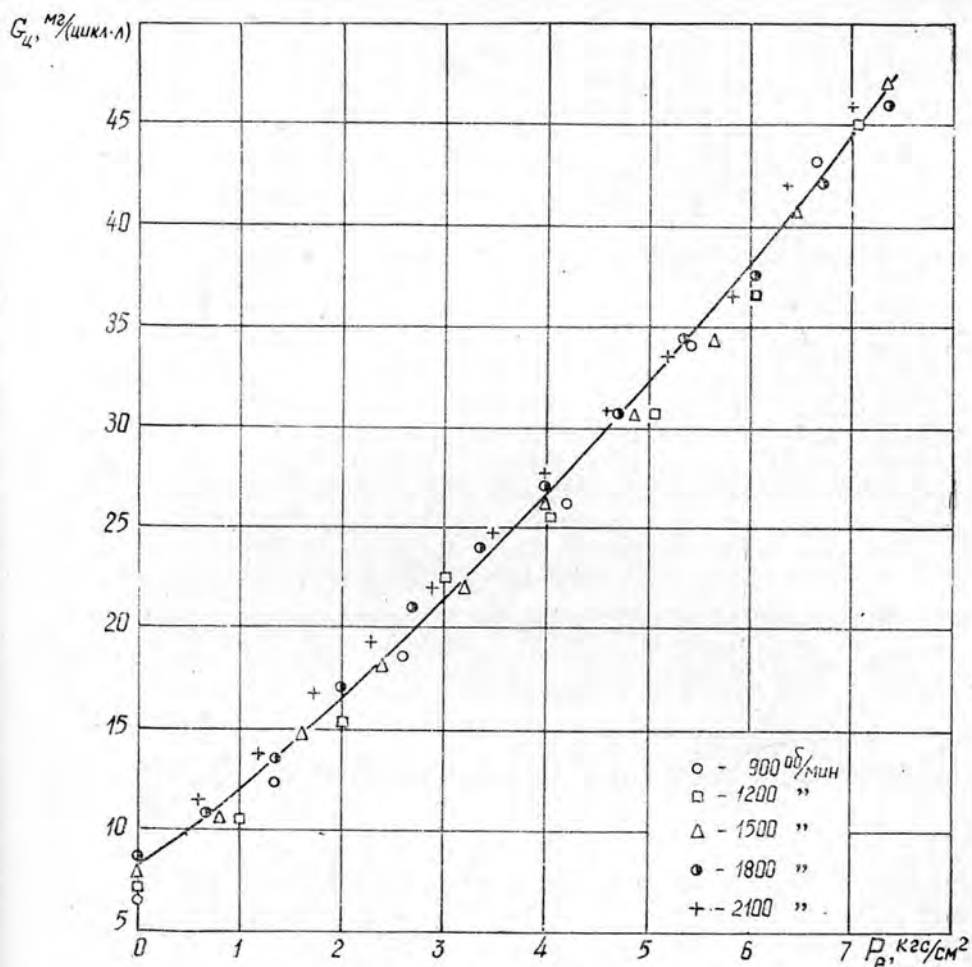


Рис. 1. Удельная цикловая подача топлива дизелем ЯМЗ-238 в зависимости от среднего эффективного давления.

той же модели) обычно превышает эту величину, то для расчета эксплуатационного расхода топлива такая точность вполне допустима.

Кроме размерных зависимостей  $G_{ц} = f(P_e)$  рассчитаны и построены безразмерные нагрузочные характеристики по цикловой подаче топлива  $\bar{G}_{ц} = f(\bar{P}_e)$ . Величину  $\bar{G}_{ц}$  определяли как отношение текущего значения  $G_{ц}$  к максимальной цикловой подаче топлива  $G_{ц max}$ , соответствующей  $P_{e max}$  при  $n = \text{const}$ . Для иллюстрации на рис. 2, а и б приведены графики зависимости  $\bar{G}_{ц} = f(\bar{P}_e)$  для дизелей ЯМЗ-238 и У-2Д6. Уравнения, выражающие эту взаимосвязь, и величины  $\bar{G}_{ц}$  представлены в табл. 2.

Как видно, между величинами  $\bar{G}_{ц}$  и  $\bar{P}_e$  отсутствует прямолинейная зависимость. В широком интервале малых и средних нагрузок ( $\bar{P}_e = 0,2 \div 0,8$ ) приращение  $\bar{G}_{ц}$  происходит более медленно, чем увеличение  $\bar{P}_e$ . Только в режимах перехода к холостому ходу ( $\bar{P}_e = 0$ ) и к полной нагрузке ( $\bar{P}_e = 1$ ) величина  $\bar{G}_{ц}$  возрастает

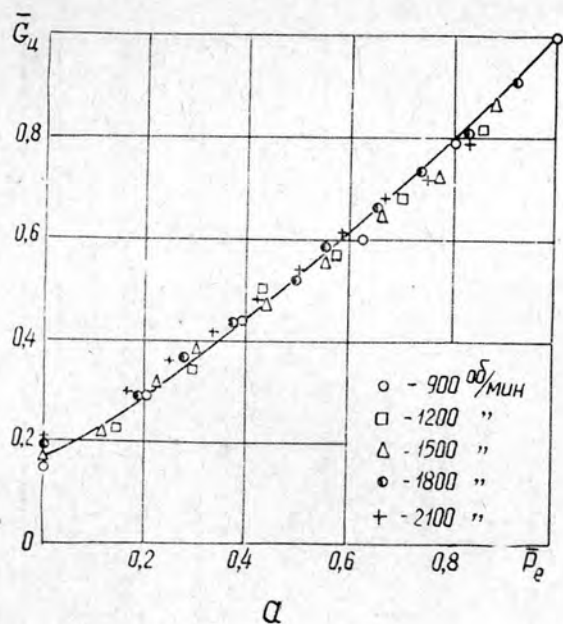
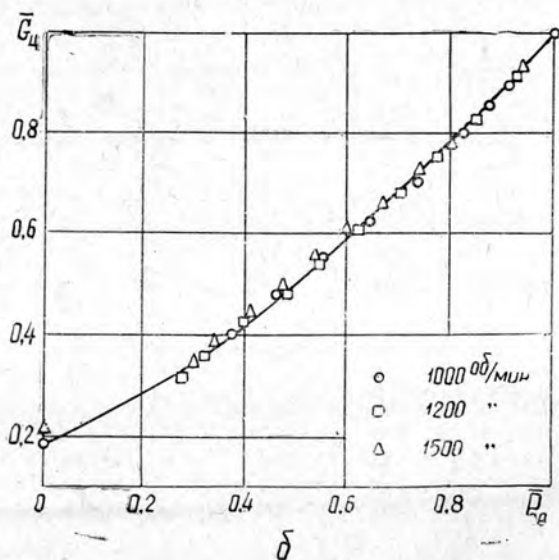


Рис. 2. Относительная удельная цикловая подача топлива дизелями лесотранспортных машин в зависимости от относительного эффективного давления.

а — ЯМЗ-238; б — У-2Д6.



более интенсивно, чем  $\bar{P}_e$ . В области малых нагрузок и холостого хода топливная экономичность уменьшается из-за резкого снижения механического КПД, обеднения смеси и снижения теплового режима, что ухудшает процессы смесеобразования и горения. При больших нагрузках снижается индикаторный КПД из-за уменьшения коэффициента избытка воздуха, что также приводит к ухудшению процессов смесеобразования и горения.

Полученные результаты могут быть использованы в практике следующим образом. Если известна внешняя нагрузка и скорость движения  $v$  машины, то можно определить средние значения  $P_e$  и расход



топлива  $G_T$ . Относя последний к скорости или к выполненной часовой транспортной работе, получим показатели эксплуатационной топливной экономичности машины. Так, например, для тепловозов величина  $P_e$ , соответствующая установившемуся движению поезда весом  $P+Q$  по эквивалентному уклону  $i_3$  (%), определится по формуле

$$M_k = \frac{(P+Q)(w_0+i_3)D_k}{2} = M_e(1-\beta)i\eta_{пн}, \quad (5)$$

где  $P, Q$  — массы тепловоза и прицепного состава (брутто), т;  
 $w_0$  — основное удельное сопротивление движению поезда, кгс/т;

$D_k$  — диаметр колес, м;

$M_k, M_e$  — крутящие моменты на колесах и на коленчатом валу дизеля, кгс·м;

$\beta$  — коэффициент, учитывающий относительные затраты момента  $M_e$  на привод вспомогательных механизмов дизеля и тепловоза;

$i, \eta_{пн}$  — общее передаточное число и КПД силовой передачи.

Так как для четырехтактного двигателя

$$M_e = \frac{716,2}{900} P_e V_s,$$

то, учитывая уравнение (5), получаем

$$P_e = 0,628 \frac{(P+Q)(w_0+i_3)D_k}{V_s(1-\beta)i\eta_{пн}} \text{ кгс/см}^2.$$

Зная  $P_e$  и имея зависимость  $G_{ц} = f(P_e)$ , определяем  $G_{ц}$ . Учитывая, что заданной скорости  $v$  соответствуют обороты дизеля

$$n = \frac{vi}{0,188D_k} \text{ об/мин},$$

по формулам (1) — (3) устанавливаем величины  $G_T, N_e$  и  $g_e$ .

Если в опытах регистрировались расход топлива и обороты дизеля, то, используя безразмерную зависимость  $\overline{G_{ц}} = f(\overline{P_e})$  и внешнюю характеристику, можно определить средние эксплуатационные значения величин  $P_e, N_e, M_e$  и  $g_e$ . Если известна только одна нагрузочная характеристика  $\overline{G_T}, g_e = f(P_e)$ , полученная экспериментально для данного скоростного режима, то, зная безразмерную зависимость  $\overline{G_{ц}} = f(\overline{P_e})$  и внешнюю скоростную характеристику, можно аналитически вычислить и построить аналогичные характеристики для других  $n$  [1]. Возможны и другие варианты использования характеристик  $G_{ц} = f(P_e)$  и  $\overline{G_{ц}} = f(\overline{P_e})$ .

Есть основание полагать, что полученные результаты в отношении однозначности функции  $G_{ц} = f(P_e)$ , то есть независимости ее от скоростного режима, также справедливы для весьма обширного семейства дизелей ЯМЗ, СМД, Д6 и АМЗ (без наддува), представителями которых являются рассмотренные модели двигателей.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1] Бояджиев К. и др. «Автомобильная промышленность», 1973, № 5. [2] Ленин И. М. и др. Системы топливоподачи автомобильных и тракторных двигателей. Машгиз, 1963.

Поступила 4 июля 1975 г.

## МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 634.0.812

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА  
ДРЕВЕСИНЫ ЛИСТВЕННИЦЫ ЯПОНСКОЙ

М. Т. ГОНЧАР, И. Я. ОЛЕЙНИК

Львовский сельскохозяйственный институт

Проведены исследования древесины лиственницы японской в зависимости от лесорастительных условий, а также по радиусу и высоте ствола. Установлено, что лесорастительные условия существенно влияют на физико-механические свойства древесины.

Лиственницу японскую (*Larix leptolepis* Gord.) с успехом культивируют в западных областях УССР благодаря превосходному росту ее в молодом возрасте и большей по сравнению с лиственницей европейской устойчивостью против энто- и фитовредителей [11]. К 20—40 годам лиственница японская достигает больших размеров и дает строительные сортаменты.

Нами исследованы физико-механические свойства древесины этой породы в зависимости от лесорастительных условий. Модельные деревья взяты на трех пробных площадях в смешанных насаждениях с участием лиственницы японской 36-летнего возраста. Пробные площади заложены на склонах северной экспозиции крутизной 3—5°, в эда-топах D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub> и С<sub>3</sub>. Высота над уровнем моря 300 м. Лесорастительный район — Львовско-Бережанское водораздельное плато [1]. Таксационная характеристика насаждений приведена в табл. 1. На каждой пробной площади брали средние модельные деревья II класса роста по Крафту. Выборку кражей и заготовку образцов из них проводили в соответствии с действующими гостами [2], [3], [4]. Результаты испытаний механических свойств пересчитаны на 12%-ную влажность. Обработанные методами вариационной статистики [6] показатели физико-механических свойств древесины приведены в табл. 2, 3 и 4.

Исследования показали, что древесина лиственницы японской — ядровая со смоляными ходами. Ядро красно-коричневого цвета, четко отграничивается от заболони. Заболонь сравнительно узкая, белого цвета, с легким буроватым оттенком. По количеству годичных слоев в заболони лиственница японская мало отличается от европейской, но имеет более темную окраску ядра [10]. Благодаря резкому различию ранней и поздней зон годичных слоев и темной окраске ядра эта порода имеет красивую естественную текстуру. В грудах эта порода отличается более высокими таксационными показателями, чем в сугрудах, но качество древесины в первом случае значительно ниже (табл. 1). Существенных различий в свойствах древесины, выросшей в условиях D<sub>3</sub> и D<sub>2</sub>, не обнаружено, кроме предела прочности при сжатии вдоль волокон и числа годичных слоев в 1 см. Можно лишь говорить о некоторой тенденции улучшения свойств древесины во влажном груде по сравнению со свежим.

Из данных табл. 3 видно, что физико-механические свойства древесины резко ухудшаются от периферии к центру ствола. Выращенная в редком стоянии, особенно в благоприятных условиях роста,

лиственница японская в молодом возрасте (до 15—20 лет) стремительно растет по диаметру, что существенно влияет на ширину годовичных слоев и на процент поздней древесины. С увеличением возраста образуется древесина с более узкими годовичными слоями и более прочная. Но в целом внутренняя часть ствола по сравнению с внешней содержит довольно высокий процент древесины худшего качества. Установлено, что даже у сердцевины древесина лиственницы японской с более узкими годовичными слоями тяжелее и прочнее [9], [12].

Ряд авторов [10], [11] считает, что лесоводственными мерами можно воздействовать на формирование ствола так, чтобы получить высококачественную древесину этой породы. Густота посадки, которая является обычной для лиственницы европейской, неприемлема для лиственницы японской. Р. Шобер [11] рекомендует густую посадку с размещением сеянцев  $1,0 \times 1,5$  м, а Г. Пехман и О. Шайле [10] — с размещением сеянцев  $1,0 \times 1,0$  м. Это необходимо, чтобы воспрепятствовать образованию широких годовичных слоев. В течение первых 10—15 лет культуры лиственницы японской рекомендуется содержать густыми, удалять только совсем отставшие в росте и искривленные экземпляры. Только с 25-летнего ее возраста следует проводить сильное прореживание теперь уже с целью увеличения прироста по диаметру. Необходимость этого подтверждается и последними исследованиями, в результате которых установлено, что у хвойных пород в старшем возрасте, независимо от изменений ширины годовичного слоя, образуется более тяжелая и прочная древесина [7]. Следовательно, меры ухода за лиственничными насаждениями необходимо дифференцировать по возрасту, создавая условия, при которых несколько снижался бы прирост по диаметру и увеличивался бы рост в высоту.

Изменчивость физико-механических свойств по высоте ствола менее значительна (табл. 4). Более твердая и прочная древесина формируется в комлевой части. Наиболее четко выражены различия между комлевой и средней частью ствола. Начиная от середины и выше до кроны показатели физических свойств несколько повышаются, а механические ухудшаются.

Сравнение наших данных с показателями, заимствованными из руководящих технических материалов [5] для Украины, дает основание сделать вывод, что лиственница японская занимает промежуточное положение между лиственницей европейской и сосной обыкновенной. Н. И. Федоров [8] для условий БССР констатировал незначительное преимущество лиственницы европейской над японской.

Итак, лесорастительные условия существенно влияют на физико-механические свойства древесины лиственницы японской. Во влажном сугрудке формируется древесина лучшего качества, чем в горах.

Более легкая и малопрочная древесина образуется в центральной части ствола. В наружной зоне ствола и в комлевой части физико-механические свойства древесины улучшаются.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Горшенин Н. М., Шевченко С. В. Лесорастительные районы западных, Черновицкой и Закарпатской областей УССР. — Научные записки ЛСГИ, 1954, т. 4. [2]. ГОСТы: 16483.0—70—16483.8—70. Древесина. Отбор проб и методы испытаний, издание официальное. М., 1971. [3]. ГОСТы: 16483.6—71—16483.8—70. Древесина. Методы испытаний. М., 1971. [4]. ГОСТы: 16483.9—72—16483.13—72. Древесина. Методы испытаний. М., 1972. [5]. Древесина. Показатели физико-механических свойств. Руководящие технические материалы. Комитет стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР. М., Стандартгиз, 1962. [6]. Леонтьев Н. Л. Техника статистических вычислений. М.—Л., Гослесбумиздат, 1961. [7]. Полубояринов О. И. Плотность древесины. Л., 1973. [8]. Федоров Н. И. Производительность и техниче-

ские свойства древесины культур интродуцированных хвойных пород и сосны обыкновенной в БССР. Автореферат. Минск, 1956. 19). Gaber E. Untersuchungen an Lärchenholz aus deutschem und japanischem Samen. Allgemeine Forst-und Jagd-Zeitung, 1942. 110). Pechmann H. und Schaille O. Untersuchungen über die Holzeigenschaften japanisches Lärchen von bayerischen Anbauorten. Forst-Wissenschaftliches Centralblatt, 1955. H. 5—6. 111). Schöber R. Die japanische Lärche. Frankfurt a. M., 1953. 112). Trendelenburg R. Wuchs-und Holzuntersuchungen an japanischer Lärche. Silva, 1937, jarg. 25.

Поступила 14 апреля 1975 г.

УДК 534 : 674.02

## ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЗВУКОВЫХ ВОЛН С ПЛАСТИНЧАТОЙ ЗВУКОПОГЛОЩАЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИЕЙ

А. С. ЧУРИЛИН, Ю. А. МАТЫЦИН, О. Н. РУСАК

Ленинградская лесотехническая академия

Важнейшая задача промышленной акустики — создание эффективных, экономичных звукопоглощающих конструкций, надежных в отношении пожаробезопасности и обеспечивающих нормальный воздухообмен в производственном помещении. Это актуально для деревообрабатывающих цехов. Исследования и промышленные испытания показали, что перечисленным условиям отвечает пластинчатая панель ЛТА, представляющая собой дифракционную периодическую решетку. Анализ особенностей взаимодействия звуковых волн с такой решеткой позволил определить, что самые распространенные материалы с незначительным собственным звукопоглощением могут использоваться для изготовления чрезвычайно дешевых акустических панелей, по эффективности отвечающих мировым стандартам.

При проектировании и строительстве деревообрабатывающих предприятий важно обеспечить в них надлежащую акустическую обстановку, а в идеальном случае — слуховой комфорт. Эту сложную техническую проблему решают с помощью звукопоглощающих устройств. Проведение мероприятий по акустической обработке позволяет не только уменьшить уровень звукового давления в цехе, но и заметно снизить гулкость помещения, значительно улучшить условия слухового восприятия. Помимо высоких акустических характеристик, звукопоглощающие материалы и конструкции должны обладать хорошими строительно-механическими параметрами и быть экономичными.

На кафедре охраны труда ЛТА были исследованы применительно к условиям деревообрабатывающих предприятий различные звукопоглощающие конструкции, в том числе щеллерезонансная (пластинчатая). Акустическая панель ЛТА представляет собой систему связанных резонаторов щелевого типа и выполнена в виде ряда параллельных прямоугольных пластин, закрепленных под углом в несущей раме (рис. 1). Пластины изготовляют из пожаробезопасных материалов.

Звуковые волны, падая на ряд наклонно расположенных пластин, дифрагируют, многократно отражаются, поглощаются и рассеиваются в межреберном пространстве акустической панели. Щеллерезонансная конструкция по принципу работы является устройством аналогичным резонансному многозвенному загораждающему фильтру с распределенными параметрами, суммарное затухание которого зависит от количества и добротности отдельных резонансных звеньев при заданных внешних габаритах устройства, то есть от геометрических параметров панели: ширины пластин  $d$ , их шага  $h$  (расстояния между кром-

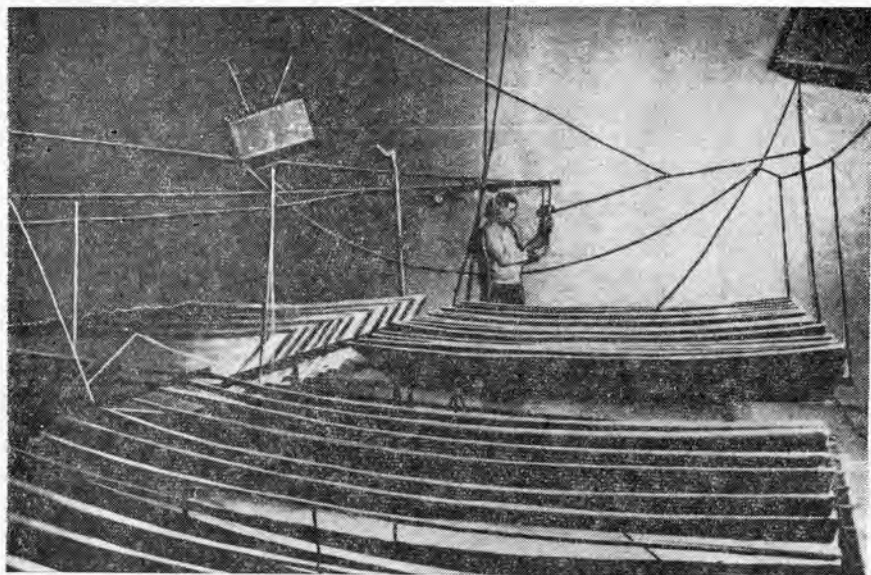


Рис. 1.

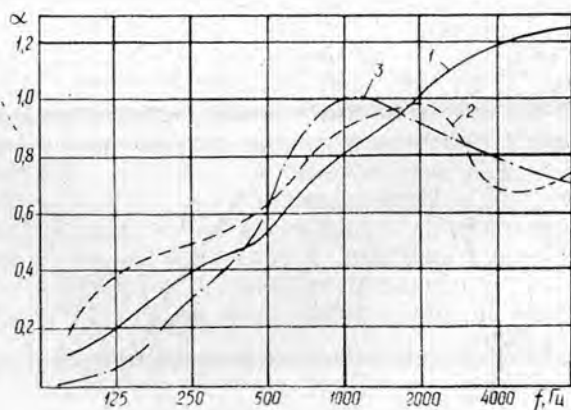
ками ребер), угла наклона пластин к плоскости рамы  $\beta$ , а также величины отоса от жесткой поверхности  $l$ .

Исследование акустических характеристик модели щеллерезонансной конструкции проводили в реверберационных камерах кафедры акустики МГУ и НИИ Академии коммунального хозяйства в соответствии с рекомендациями ИСО. Для измерений использовали аппаратуру датской фирмы «Брюль и Кьер». В процессе эксперимента варьировали геометрические параметры модели щеллерезонансной конструкции:  $d$ ,  $h$ ,  $b$ ,  $l$ . При изменении величины отоса модели от пола нарушалась диффузность звукового поля в камере; это нарушение устраняли перемещением колонок. Вели наблюдения за постоянством температуры и влажности в камере.

Экспериментальные результаты представлены на рис. 2. Как видно из приведенных графиков, при выборе оптимальных геометри-

Рис. 2. Частотные характеристики коэффициента звукопоглощения различных акустических панелей.

1 — панель ЛТА ( $d = 500$  мм;  $h = 100$  мм;  $\beta = 10^\circ$ ;  $l = 1000$  мм);  
2 — «Спинтон», фирмы «Джонс-Менвилл», США ( $l = 50$  мм);  
3 — «Акмигран», Павшинский комбинат ТИГИ ( $l = 50$  мм).



ческих параметров панель ЛТА близка по акустическим характеристикам к лучшим образцам отечественных и зарубежных фирм. Следует отметить, что материал, из которого изготовлены пластины, не является звукопоглощающим ( $\bar{\alpha}_m < 0,2$ ).

Конструкция работает как вплотную к жесткой поверхности, так и на отnose, что позволяет применять ее в качестве подвесного акустического потолка и настенной облицовки. Помимо хороших звукопоглощающих свойств, щелерезонансная конструкция, имея естественный белый цвет, хорошо отражает свет. Такие панели могут выполнять также функции вентиляционных воздухораспределительных жалюзи. Кроме того, щелерезонансная конструкция дешева и технологична в условиях массового производства, ее можно изготавливать из распространенных в строительстве материалов.

Промышленное испытание и внедрение акустической панели ЛТА осуществлены на Великолукской мебельной фабрике. Производственное помещение, подлежащее обработке панелью, имело крайне неблагоприятные в акустическом отношении геометрические пропорции (длина : высота : ширина = 11 : 6,5 : 6 м = 3 : 2 : 2). При напряженном режиме работы (характер шума ударный и импульсный) в помещении возникало диффузное звуковое поле. Подвесной акустический потолок, выполненный в виде блочной щелерезонансной конструкции, существенно изменил акустический климат на участке: уровни шума уменьшились на 6—8 дБ (на отдельных частотах до 10—12 дБ; рис. 3), заметно снизилась гулкость помещения, улучшились условия слухового восприятия.

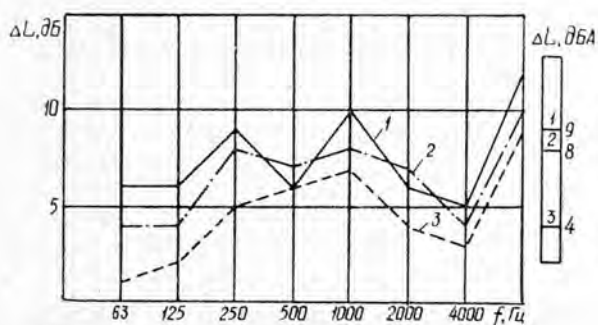


Рис. 3. Снижение уровней звука и звукового давления в производственном помещении после подвески акустического потолка из панели ЛТА (характер шума ударный).

1 — в отраженном поле; 2 — в смешанном поле; 3 — на рабочем месте.

Поглощение звуковых волн при их нормальном падении на конструкцию в разных полосах частот характеризуется рядом эффектов: 1) мембранный — максимум поглощения на самых низких частотах в зависимости от размеров пластин, способа их крепления, упругости и т. д.; 2) резонаторный эффект — полость, ограниченную двумя соседними пластинами, можно представить в виде резонатора Гельмгольца с избирательным поглощением ближе к средним частотам (также в зависимости от размеров пластин и расстояния между ними); 3) эффект переотражения звуковых волн между пластинами — суммарное поглощение в области частот с длинами волн, соизмеримыми с кратчайшим расстоянием между пластинами.

1. В случае мембранного эффекта коэффициент поглощения пластины  $\alpha$  при возбуждении ее на основной резонансной частоте [3]

$$\alpha_{max} \approx \frac{64}{\pi^4} \cdot \frac{R_v \cdot R_s}{(R_v + R_s)}, \quad (1)$$

где  $R_s$  — сопротивление излучения воздуха;  
 $R_v$  — сопротивление потерь в пластине.

При оптимальном согласовании сопротивления потерь в пластине при резонансной частоте  $W_0$  с сопротивлением излучения воздуха

$$R_s = R_v,$$

то есть

$$\alpha_{max} \approx \frac{64}{\pi^4} \cdot \frac{R_s^2}{2R_s} \approx 0,16 \text{ (по Скучику)}. \quad (2)$$

Резонансная частота мембраны [2]

$$f_0 = \frac{C}{2\pi} \sqrt{\frac{\rho}{md}} \text{ Гц}, \quad (3)$$

здесь  $C$  — скорость звука в воздухе;

$\rho$  — плотность материала;

$m$  — масса материала;

$d$  — ширина воздушного промежутка.

2. В общем виде для щелевого резонатора [1]

$$f_0 = \frac{C}{2\pi} \sqrt{\frac{d}{\left[ l + \frac{2d}{\pi} \left( 1,12 + \ln \frac{C}{\pi d \lambda} \right) \right] S}} \text{ Гц}, \quad (4)$$

где  $S$  — площадь поперечного сечения воздушной полости перпендикулярно длине щели;

$l$  — глубина щели;

$d$  — ширина щели;

$\lambda$  — длина звуковой волны.

Поглощение на единицу площади при условии, что сечение горла резонатора мало по сравнению с длиной звуковой волны,

$$A_{max} = \frac{\lambda_0^2}{2\pi}. \quad (5)$$

3. Поглощение при переотражении волн можно определить из расчета, что звуковая волна переотразится  $n$  раз при входе и выходе из полости, при падении на пластину под углом  $\theta$ . Зная ширину пластин  $L$  и их шаг  $h$  и прибегая к простейшим геометрическим построениям, вычисляем

$$n \approx 2 \frac{L \cos \theta}{h(1 - \cos 2\theta)}. \quad (6)$$

Подставляя найденную величину переотражений  $n$  в формулу для диффузного падения звука в пределах угла от  $\theta$  до  $\theta \pm d\theta$  [2]

$$\alpha_\theta = \int_0^{\pi/2} \alpha(\theta) \sin 2\theta d\theta, \quad (7)$$

получаем выражение для суммарного поглощения

$$\alpha_n = \alpha_\theta \cdot n. \quad (8)$$

Поскольку мы применяем материалы с малым поглощением, воспользуемся реверберационными табличными значениями коэффициента поглощения, умножая его на  $\cos \theta$ ,

$$\alpha_n = \alpha_{\text{табл}} \cdot n \cdot \cos \theta. \quad (9)$$

Учитывая также геометрические особенности конструкции и волновой характер распространения звуковых колебаний, внесем в формулу (9) дифракционную поправку, так называемый коэффициент передачи  $T$  [2].

В общем виде с учетом отражения полуволны на краях пластин

$$\alpha_n = \frac{1}{2} \alpha_{\text{табл}} \cdot n \cdot T \cdot \cos \theta. \quad (10)$$

Экспериментально найдено, что при соотношениях ширины пластин к их шагу как 5 : 1 практически достигается линейная зависимость коэффициента  $\alpha$  от частоты. Сравним экспериментальную и расчетную кривые для угла  $\theta = 30^\circ$  при расположении конструкции на значительном отnose от жесткой поверхности (табл. 1).

Таблица 1

Частота, Гц (в октаве)	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$\alpha_{\text{экспер}}$	0,24	0,31	0,48	0,76	0,92	1,06	1,17
$\alpha_{\text{расч}}$	0,08	0,21	0,41	0,59	0,76	0,92	1,08

Из этой таблицы видно, что значения коэффициентов звукопоглощения для данной конструкции, полученные экспериментально, значительно выше, чем при расчете.

Экспериментально найдено, что при размещении конструкции вплотную к жесткой поверхности получается менее равномерная частотная характеристика коэффициента  $\alpha$ . Очевидно, в этом случае для расчета требуется несколько иной подход.

Таким образом, нами разработана и внедрена в производство щелерезонансная конструкция пластинчатого типа. Получен хороший акустический эффект. При выборе оптимальных геометрических параметров достигается широкополосность звукопоглощения конструкцией. Характерные особенности акустической панели ЛТА позволяют использовать ее в условиях деревообрабатывающих предприятий в качестве подвесных звукопоглощающих потолков, настенных облицовок, свисающих экранов и др. Произведен анализ акустических эффектов, действующих при звукопоглощении в щелерезонансной конструкции.

Авторы выражают благодарность сотруднику кафедры акустики МГУ И. В. Лебедевой за ряд ценных советов при проведении экспериментальной работы.

#### ЛИТЕРАТУРА

11. Ингерслев Ф. Акустика в современной строительной практике. М., Госстройиздат, 1957. 121. Контюри А. Акустика в строительстве. М., Госстройиздат, 1960. 131. Скучик Е. Основы акустики, т. I, II. М., ИЛ, 1959.

Поступила 20 марта 1975 г.



УДК 674.815-41

## О ПРЕДЕЛЬНОЙ ПРОЧНОСТИ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

В. П. ЖУКОВ

Воронежский лесотехнический институт

Дано теоретическое описание прочности древесностружечных плит исходя из анизотропных свойств древесных частиц, образующих эти плиты. По данным, приведенным в этой статье, можно судить о степени использования прочности древесины в изготовленных промышленностью древесностружечных плитах.

Прочность древесностружечных плит, с учетом содержания в них незначительного количества связующего, практически определяется прочностью древесных частиц, если разрушение плит происходит по древесине, или прочностью клеевых соединений, если разрушение происходит по клеевым соединениям. Разрушение плит может происходить одновременно по древесине и по клеевым соединениям. В этом случае прочность определяется прочностью как древесных частиц, так и клеевых соединений. Степень влияния этих факторов зависит от частных условий изготовления плит. Очевидно, предельная прочность максимальна, когда разрушение плит происходит по древесине.

Полагая, что волокна древесных частиц направлены вдоль плоскости плиты, прочность этих частиц на растяжение или сжатие можно выразить тензориальной формулой Ашкенази [1] для анизотропных материалов и в том числе для древесины

$$\sigma_{\alpha} = \frac{\sigma_0}{\cos^4 \alpha + b \sin^2 2\alpha + c \sin^4 \alpha}, \quad (1)$$

где  $\alpha$  — угол между направлением действия силы и продольной осью волокон;

$\sigma_{\alpha}$  — прочность древесины на растяжение или сжатие в зависимости от этого угла;

$\sigma_0$  — прочность древесины на растяжение или сжатие вдоль волокон;

$$b = \frac{\sigma_0}{\sigma_{45}} - \frac{1+c}{4}, \quad (2)$$

здесь  $\sigma_{45}$  — прочность древесины на растяжение или сжатие под углом  $45^\circ$  к волокнам;

$$c = \frac{\sigma_0}{\sigma_{\perp}}, \quad (3)$$

где  $\sigma_{\perp}$  — прочность древесины на растяжение или сжатие в направлении, перпендикулярном волокнам.

Считая расположение древесных частиц в древесностружечной плите статистически симметричным (что, в частности, подтверждается изотропией всех свойств в плоскости плиты, изготовленной без ориентации древесных частиц), а также, что

$$\frac{\sigma_0}{E_0} = \frac{\sigma_{\perp}}{E_{\perp}} = \frac{\sigma_{45}}{E_{45}} \quad (4)$$

(где  $E_0$ ,  $E_{\perp}$  и  $E_{45}$  — модуль упругости древесины при растяжении или сжатии соответственно вдоль волокон и под углом к волокнам 90 и 45°), прочность древесностружечных плит

$$\sigma_{\text{п}\varphi} = \frac{\sigma_0 \cdot i}{\varphi} \int_0^{\varphi} \frac{d\alpha}{\cos^4 \alpha + b \sin^2 2\alpha + c \cdot \cos^4 \alpha}, \quad (5)$$

здесь  $\varphi$  — угол, в пределах которого укладываются древесные частицы в плите;

$i$  — коэффициент, учитывающий уплотнение древесины в плитах;

$$i = \frac{\gamma'_{\text{п}}}{\gamma_{\text{д}}},$$

где  $\gamma'_{\text{п}}$  — масса древесины, соединяющаяся в единице объема плиты;

$\gamma_{\text{д}}$  — объемная масса древесины.

После преобразования формулы (5) получим

$$\sigma_{\text{п}\varphi} = \frac{\sigma_0 \cdot i}{\varphi} \int_0^{\varphi} \frac{d\alpha}{\sin^4 \alpha (\text{ctg}^4 \alpha + 4b \text{ctg}^2 \alpha + c)}. \quad (6)$$

Обозначим  $\text{ctg} \alpha = z$ , тогда

$$\sigma_{\text{п}\varphi} = \frac{\sigma_0 \cdot i}{\varphi} \int_{\text{ctg} \varphi}^{\infty} \frac{(1+z^2) dz}{z^4 + 4bz^2 + c}. \quad (7)$$

Интегрируя, получим

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{п}\varphi} = & \frac{\pi \sigma_0 i}{2\varphi} \left(1 + \frac{1}{\sqrt{c}}\right) \cdot \frac{1}{\sqrt{2b + \sqrt{4b^2 - c}} + \sqrt{2b - \sqrt{4b^2 - c}}} - \\ & - \frac{\sigma_0 \cdot i}{2\varphi} \left[ \frac{1 - \frac{1-2b}{\sqrt{4b^2 - c}}}{\sqrt{2b + \sqrt{4b^2 - c}}} \arctg \frac{\text{ctg} \varphi}{\sqrt{2b + \sqrt{4b^2 - c}}} + \right. \\ & \left. + \frac{1 + \frac{1-2b}{\sqrt{4b^2 - c}}}{\sqrt{2b - \sqrt{4b^2 - c}}} \arctg \frac{\text{ctg} \varphi}{\sqrt{2b - \sqrt{4b^2 - c}}} \right]. \quad (8) \end{aligned}$$

Формула (8) в общем случае выражает прочность стружечных плит. Для древесностружечных плит из неориентированных частиц  $\varphi = \frac{\pi}{2}$ , отсюда

$$\sigma_{\text{п}} = \sigma_0 i \left(1 + \frac{1}{\sqrt{c}}\right) \cdot \frac{1}{\sqrt{2b + \sqrt{4b^2 - c}} + \sqrt{2b - \sqrt{4b^2 - c}}}. \quad (9)$$

Правильность теоретических представлений о предельной прочности стружечных плит с учетом их структуры и правомерность принятых допущений лучше всего можно проверить результатами экспериментальных исследований Раквица [10], проведенных с целью проверки теоретических положений Клаудица [9], установившего относительные размеры древесных частиц, при которых древесностружечные плиты достигают прочности, определяемой прочностью древесины, или как формулирует это сам Клаудиц, «при которых прочность древесных частиц полностью передается плитам». В указанных работах при-

ведены также данные о свойствах древесины, из которой изготовлена стружка для производства плит, что дает возможность теоретически рассчитать их прочность по полученным нами формулам и сравнить ее с экспериментальными данными.

Из приведенных работ следует, что древесностружечные плиты из неориентированных частиц плотностью  $0,6 \text{ г/см}^3$ , изготовленные из древесины ели плотностью  $0,39 \text{ г/см}^3$  и прочностью на растяжение вдоль волокон  $491 \text{ кгс/см}^2$ \*, достигают максимальной прочности  $168 \text{ кгс/см}^2$  при растяжении в плоскости плиты и  $197 \text{ кгс/см}^2$  при сжатии в плоскости плиты.

По данным Баумана [7], Баха [6], Гере [8], для древесины ели, обладающей такими же свойствами, определим другие необходимые для расчета прочности плит характеристики ее механических свойств: прочность на растяжение перпендикулярно волокнам  $\sigma_{\perp} = 27 \text{ кгс/см}^2$ , под углом  $45^\circ$  к волокнам  $\sigma_{45} = 50 \text{ кгс/см}^2$ ; прочность на сжатие вдоль волокон  $\sigma = 344 \text{ кгс/см}^2$ , под углом  $45^\circ$  к волокнам  $\sigma_{45} = 70 \text{ кгс/см}^2$ , перпендикулярно волокнам  $\sigma_{\perp} = 50,2 \text{ кгс/см}^2$ .

Подставив эти данные в формулу (9), получим расчетную величину прочности в плоскости плиты на растяжение  $160 \text{ кгс/см}^2$  и на сжатие  $192 \text{ кгс/см}^2$ .

Полученные значения хорошо совпадают с экспериментальными результатами, разница составляет менее 5%. Из этого можно сделать вывод, что теоретическая предпосылка, положенная в основу формулы, верна и принятые допущения при выводе правомерны.

Однако необходимо отметить, что такое достаточно точное совпадение расчетной прочности с прочностью, полученной экспериментально, найдено для плит, изготовленных из древесины ели, для которой соблюдаются условия

$$\frac{\sigma_0}{E_0} = \frac{\sigma_{\perp}}{E_{\perp}};$$

для других отечественных пород такого совпадения нет (табл. 1).

По данным табл. 1, представленные в ней породы древесины можно разделить на три группы:

I группа — ель, для древесины которой условия (4) соблюдаются; относительные деформации при достижении максимальной прочности при растяжении вдоль и поперек волокон равны

$$\varepsilon_0 = \varepsilon_{\perp}.$$

II группа — сосна, дуб, условия (4) не соблюдаются. Максимальное значение относительной деформации при растяжении вдоль волокон больше, чем поперек волокон (рис. 1, а)

$$\varepsilon_0 > \varepsilon_{\perp}.$$

III группа — береза, условия (4) не соблюдаются. Максимальное значение относительной деформации при растяжении вдоль волокон меньше, чем поперек волокон (рис. 1, б)

$$\varepsilon_0 < \varepsilon_{\perp}.$$

При деформации сжатия для всех пород условие (4) не соблюдается; относительная достигаемая максимальная деформация вдоль волокон меньше, чем поперек волокон (рис. 2, а, б).

\* Прочность на растяжение низкокачественной ели вдоль волокон, по данным Баха и Баумана [6], составляет  $453\text{--}571 \text{ кгс/см}^2$ , видимо, такую ель и использовал Раквиц в своих исследованиях.

Таблица 1

Порода	Вид деформации	Модуль упругости, тыс. кгс/см <sup>2</sup>		Прочность, кгс/см <sup>2</sup>		Максимальная относительная деформация, %	
		вдоль волокон	поперек волокон	вдоль волокон	поперек волокон	вдоль волокон $\epsilon_0$	поперек волокон $\epsilon_{\perp}$
Ель	Растяжение	143	5,2	1076	39*	0,75*	0,75*
	Сжатие	142	4,75	385	60,5**	1,26	1,26
Сосна	Растяжение	117	4,7	1150	28,5; 44*	0,61; 0,93*	0,61; 0,93*
	Сжатие	117	5,6	439	58	1,04	1,04
Береза	Растяжение	181	5,1	1610	84*; 89***	1,65*; 1,75***	1,65*; 1,75***
	Сжатие	158	5,25	514	53*; 94***	1,01*; 1,78***	1,01*; 1,78***
Дуб	Растяжение	140	9,65	1290	52; 68,5*	0,54; 0,71*	0,54; 0,71*
	Сжатие	140	10,00	520	65*	0,66*	0,66*

Примечание. В основу положены данные РТМ «Древесина. Показатели физико-механических свойств». Одной звездочкой обозначены показатели, полученные по Перельгину [5]; двумя звездочками — по Баженову [3]; тремя звездочками — по данным ЛТА [2], которые положены Е. К. Ашкенази в основу теоретического и экспериментального изучения анизотропии древесины березы, фанеры и древесных пластинок из этой древесины.

Таблица 2

Порода древесины	Предельная прочность, кгс/см <sup>2</sup>	Порода древесины	Предельная прочность, кгс/см <sup>2</sup>
Дуб	305	Ольха	247
Бук	303	Ель	234
Лиственница	290	Сосна	230
Осина	269	Пихта	176

Примечание. При расчете прочности плит основные характеристики прочностных свойств древесины приняты по РТМ и другим источникам, приведенным в примечании к табл. 1. Недостающие характеристики механических свойств древесины приняты по аналогии согласно данным, представленным в работах [6—8].

Следовательно, для древесностружечных плит из пород групп II и III при растяжении часть древесных частиц, расположенных в направлении, перпендикулярном к действию сил или близком к нему, в месте склеивания с частицами, расположенными в направлении действия сил или близком к нему, не будет в полной мере участвовать в работе плиты при ее разрушении. Это же относится ко всем породам при сжатии плиты.

Точно оценить влияние несоблюдения условий (4) на прочность плит довольно сложно. Однако приближенно, с известными допущениями, можно это сделать исходя из относительного сравнения прочности древесных частиц вдоль и поперек волокон.

Итак, формулы (8) и (9) могут быть использованы в практических целях для расчета предельной прочности плит.

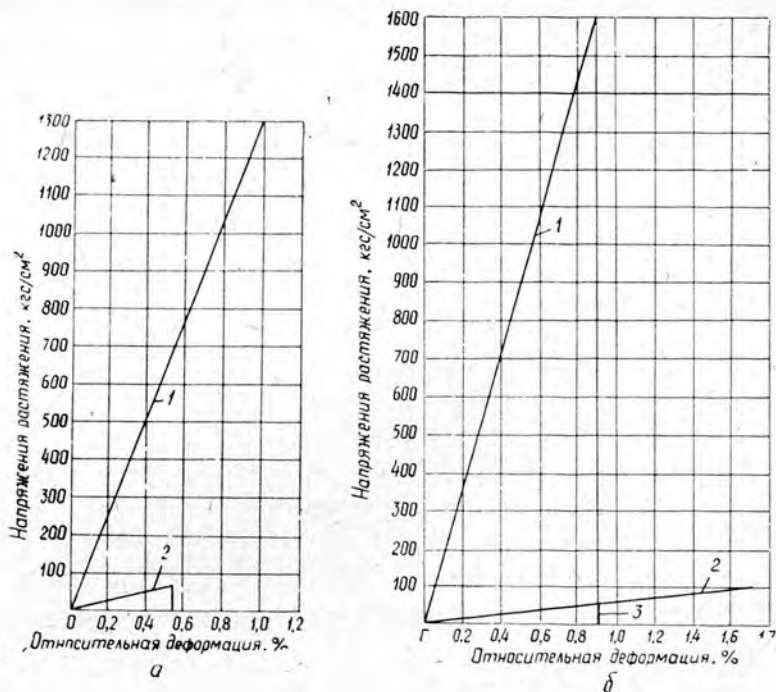


Рис. 1. Деформация напряжения при растяжении.

а — древесины дуба; б — древесины березы; 1 — вдоль волокон; 2 — поперек волокон; 3 — напряжения в момент начала разрушения плиты.

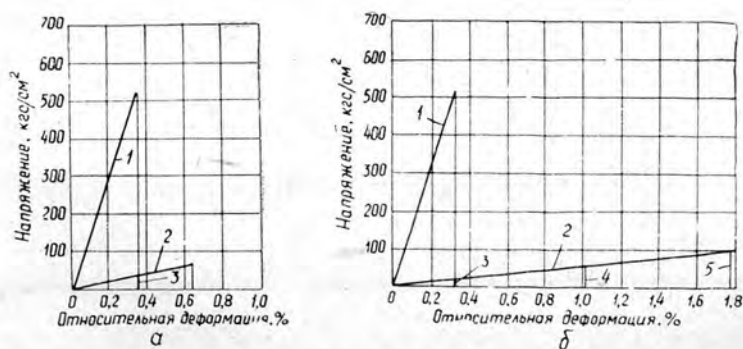


Рис. 2. Деформация напряжения при сжатии.

а — древесины дуба; б — древесины березы; 1 — вдоль волокон; 2 — поперек волокон; 3, 4, 5 — напряжения в момент начала разрушения плиты.

В табл. 2 приведены данные о расчетной предельной прочности на растяжение в плоскости древесностружечных плит из неориентированных частиц для древесины отечественных пород при  $i = 1$ .

Из данных табл. 2 следует, что наиболее прочные плиты могут быть получены из березы, бука, дуба, лиственницы, средней прочности — из осины, липы, ольхи, ели и сосны, низкой прочности — из пихты. При этом прочность плит на растяжение из неориентированных

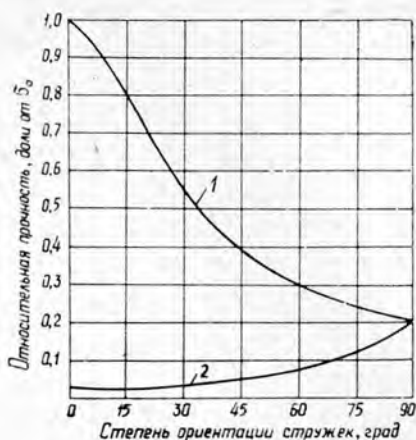


Рис. 3.

1 — в направлении укладки древесных частиц; 2 — в направлении, перпендикулярном направлению укладки древесных частиц.

частиц составит 0,2—0,246 от прочности древесины на растяжение вдоль волокон, а не 0,54, как утверждается в работе [4].

На рис. 3 приведены показатели прочности плит из древесины ели в долях от прочности древесины вдоль волокон в зависимости от угла, в пределах которого укладываются древесные частицы. Из этого рисунка видно, что с увеличением угла укладки частиц предельная прочность плит в направлении ориентации уменьшается, а в перпендикулярном этому направлению — увеличивается. Выбирая угол укладки, можно теоретически определить соотношение прочности плиты в этих направлениях или, наоборот, по желаемому соотношению прочностей можно вычислить угол укладки древесных частиц.

По полученным данным можно судить о степени использования прочности древесины в стружечных плитах, а также о максимально возможной прочности плит, изготавливаемых из древесины разных пород.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1]. Ашкенази Е. К. Прочность анизотропных древесных и синтетических материалов. М., «Лесная промышленность», 1966.
- 2]. Ашкенази Е. К., Ганов Э. В. Анизотропия конструктивных материалов. Л., «Машиностроение», 1972.
- 3]. Баженов В. А. Труды Института леса, т. IX. Изд. АН СССР, 1953.
- 4]. Гамов В. В. Экспериментально-теоретические исследования структурно-механического упрочнения древесностружечных плит. Автореферат диссертации. М., 1969.
- 5]. Перельгин Л. М. Древесиноведение. М., «Наука», 1957.
- 6]. Bach C. und Bauman R. Festigkeitseigenschaften und Gefügebilder der Konstruktionsmaterialien. Berlin, 1921.
- 7]. Bauman R. Die bisherigen Ergebnisse der Holzprüfungen in der Materialprüfungsanstalt an der technischen Hochschule. Stuttgart, 1922.
- 8]. Gohre K. Werksstoff. Holz. Leipzig, 1961.
- 9]. Klauditz W. Bericht <sup>25</sup>/<sub>32</sub> Des Instituts für Holzforschung. Braunschweig, 1952.
- 10]. Rackwietz. G. Holz als Roh und Werkstoff, 1963, № 6.

Поступила 17 февраля 1975 г.

УДК 674.812

## ВЛИЯНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ДАВЛЕНИЯ ПРИ СКЛЕИВАНИИ И ТЕРМОВЛАГООБРАБОТКИ НА ПРОЧНОСТЬ КЛЕЕНОЙ ПРЕССОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ\*

Л. В. БОРЦОВА

Воронежский лесотехнический институт

Приведены результаты и дан анализ результатов испытаний образцов из цельной прессованной и прессованной древесины, склеенной клеями КБ-3 и М-70 холодным способом при разной величине давления склеивания. Образцы испытывали до и после термовлагообработки. Сделан вывод о рекомендуемой величине давления при склеивании прессованной древесины.

Детали, изготовленные из клееной прессованной древесины (ДП-Кл), могут работать в условиях нормальной и повышенной влажности и даже в воде.

Для склеивания брали древесину односного поперечного (радиального) уплотнения (ДПО) из натуральной березы; применяли клен КБ-3 и М-70. Уплотнение производили в пресс-формах по методу П. Н. Хухрянского, степень прессования  $\varepsilon = 50\%$ , для ДП-Кл с клеем М-70 при  $W = 7,8\%$  плотность  $1,28 \text{ г/см}^3$ , для ДП-Кл с клеем КБ-3 при  $W = 7,1\%$  плотность  $1,17 \text{ г/см}^3$ . Данные по механическим свойствам ДПО приведены в табл. 1.

Раскрой бруса натуральной древесины для прессования, склеивание, изготовление образцов и последующую их термовлагообработку проводили по разработанной нами методике.

Способ склеивания — холодный. Для смолы М-70 отвердитель — хлористый аммоний, для смолы Б — газойлевый контакт Петрова с кислотным числом  $a = 91$ . Состав клея М-70 — 100 вес. ч. смолы М-70 и 1 вес. ч. хлористого аммония; состав клея КБ-3 — 100 вес. ч. смолы Б и 20 вес. ч. отвердителя. Клей КБ-3 после приготовления выдерживали 1 ч; вязкость его равнялась 140 с по ВЗ-4. Нанесение клея одностороннее одноразовое, открытая выдержка 5 мин, закрытая для М-70 10—15 мин, для КБ-3 — 20 мин. Количество клея  $350 \text{ г/м}^2$  (оптимальное по предыдущим исследованиям), продолжительность выдержки под давлением 7 ч с клеем М-70, 24 ч с клеем КБ-3.

Давление склеивания 3; 5; 7 и  $10 \text{ кгс/см}^2$ . Размер образцов ДПО и ДП-Кл — по ГОСТу 9629—66 [2]. Выдержка после склеивания до механической обработки — 1,8—2,0 суток, от механической обработки до испытания — 5—8 суток.

Режимы термовлагообработки: 1) для ДПО и ДП-Кл на клею КБ-3 — вымачивание в воде при температуре  $20^\circ\text{C}$  в течение 48 ч с последующим высушиванием при  $t = 60^\circ\text{C}$  до первоначального веса (влажности); 2) для ДПО и ДП-Кл на клею М-70 — вымачивание в воде при температуре  $60^\circ\text{C}$  в течение 6 ч с последующим высушиванием при  $t = 60^\circ\text{C}$  до первоначального веса (влажности).

Образцы, прошедшие термовлагообработку и не прошедшие ее (контрольные), исследовали, применяя приспособление для испытаний по ГОСТу 15613—70 [3], скорость перемещения нагружающей головки машины 6 мм/мин.

Результаты были подвергнуты статистической обработке (табл. 1), после чего был проведен двухфакторный дисперсионный анализ [5], [6] для проверки гипотезы об отсутствии взаимодействия между двумя исследуемыми факторами с предварительной проверкой гипотезы об однородности ряда дисперсий с помощью критерия Кохрана (для

\* Работа проведена под руководством канд. техн. наук П. Н. Житкова.

Таблица 1

Статистические показатели прочности при скалывании вдоль волокон цельной (ДПО) и клееной (ДП-Кл) прессованной древесины при испытаниях до и после термолагообработки

Марка клея	Образец	Давление, кгс/см <sup>2</sup>	$M$ , кгс/см <sup>2</sup>	$\sigma$ , кгс/см <sup>2</sup>	$V$ , %	$P$ , %	$n$ , шт.	$A$ , %
М-70	ДПО	—	182	23,8	13,0	3,3	16	—
			$\overline{188}$	$\overline{23,0}$	$\overline{12,0}$	$\overline{3,0}$	$\overline{16}$	—
	ДП-Кл	3	176	22,0	12,0	3,8	10	100
			$\overline{161}$	$\overline{21,9}$	$\overline{13,6}$	$\overline{4,3}$	$\overline{10}$	$\overline{90}$
		5	182	29,3	16,1	5,0	10	100
			$\overline{153}$	$\overline{27,8}$	$\overline{18,2}$	$\overline{5,6}$	$\overline{10}$	$\overline{100}$
		7	172	18,1	10,5	3,3	10	100
			$\overline{167}$	$\overline{19,7}$	$\overline{11,8}$	$\overline{3,7}$	$\overline{10}$	$\overline{100}$
		10	173	31,0	18,0	5,6	10	100
			$\overline{185}$	$\overline{16,1}$	$\overline{8,7}$	$\overline{2,8}$	$\overline{10}$	$\overline{100}$
КБ-3	ДПО	—	167	23,0	14,0	3,6	15	—
			$\overline{155}$	$\overline{24,8}$	$\overline{16,0}$	$\overline{4,1}$	$\overline{15}$	—
	ДП-Кл	3	144	21,9	15,3	4,9	10	90
			$\overline{124}$	$\overline{26,0}$	$\overline{20,9}$	$\overline{6,6}$	$\overline{10}$	$\overline{80}$
		5	145	29,3	20,3	6,3	10	100
			$\overline{125}$	$\overline{29,2}$	$\overline{23,4}$	$\overline{7,3}$	$\overline{10}$	$\overline{90}$
		Объед.*	144	25,4	17,6	4,0	20	95
			$\overline{125}$	$\overline{26,8}$	$\overline{21,5}$	$\overline{4,8}$	$\overline{20}$	$\overline{85}$
		7	158	29,3	18,5	5,7	10	100
			$\overline{129}$	$\overline{21,2}$	$\overline{16,4}$	$\overline{5,2}$	$\overline{10}$	$\overline{100}$
10	152	15,8	10,4	3,3	10	100		
	$\overline{146}$	$\overline{23,9}$	$\overline{16,4}$	$\overline{5,2}$	$\overline{10}$	$\overline{80}$		

Примечание. В числителе данные для сухих (контрольных) образцов; в знаменателе — для образцов после термолагообработки.  $M$  — среднее арифметическое;  $\sigma$  — средняя квадратическая ошибка;  $V$  — коэффициент вариации;  $P$  — показатель точности;  $n$  — число образцов;  $A$  — разрушение по древесине. \* Объединенная группа образцов.

ДП-Кл с клеем М-70) и Бартлета (для ДП-Кл с клеем КБ-3) [5], [6].

Помимо двухфакторного анализа, была произведена оценка значимости разницы прочности с помощью коэффициента Стьюдента [5], [6]:

для ДПО в зависимости от состояния образцов;

для ДП-Кл в зависимости от состояния при каждом значении давления;

для ДПО и ДП-Кл при каждом значении давления в обоих состояниях;

для ДПО сухой и ДП-Кл обработанной при каждом значении давления.

Чтобы выявить, влияет ли величина давления на прочность ДП-Кл в каждом состоянии и есть ли разница в этом влиянии при разном состоянии образцов, был проведен однофакторный дисперсионный анализ. После выявления значимого влияния фактора на прочность проведен регрессионный анализ [5], [6] для установления вида зависимости прочности от фактора. Определены влажность ДПО и ДП-Кл после воды и величина их разбухания.



Сравнение с помощью коэффициента Стьюдента прочности образцов из ДПО и ДП-Кл при применении клея М-70 показало, что обработка не влияет на их прочность независимо от величины давления; прочность ДП-Кл в сухом состоянии равна ДПО исходной, а после обработки равнопрочность сохраняется лишь при давлении 7 и 10 кгс/см<sup>2</sup>; такой же вывод можно сделать и при сравнении обработанной ДП-Кл с исходной сухой ДПО.

Однофакторный дисперсионный анализ показал, что при испытаниях обработанных образцов выявляется влияние величины давления на прочность ДП-Кл. Регрессионный анализ подтвердил линейную зависимость прочности обработанной ДП-Кл от величины давления:

$$Y = 142,06 + 3,91X,$$

где  $Y$  — прочность ДП-Кл при скалывании вдоль волокон, кгс/см<sup>2</sup>;  
 $X$  — величина давления при склеивании, кгс/см<sup>2</sup>.

На рис. 1 приведены эмпирическая линия регрессии и границы 95% -ной доверительной области для предела прочности ДП-Кл как функции давления склеивания.

У контрольных образцов (без обработки) разрушение по древесине равно 100% независимо от величины давления. У образцов, прошедших термовлагообработку, лишь при давлении 3 кгс/см<sup>2</sup> есть случаи разрушения по клею адгезионного характера (10%), следовательно, обработка способствовала разрушению адгезионных связей, которые по своей величине не так уж малы, так как у обработанной ДП-Кл прочность уменьшилась, но незначимо по сравнению с контрольным состоянием. Для обработанных образцов из ДП-Кл при давлении 3 и 5 кгс/см<sup>2</sup> прочность снижается. Итак, на ДПО обработка не влияет, наличие клеевого слоя не влияет на прочность ДП при испытании в сухом состоянии и оказывает отрицательное влияние после обработки при давлении 3 и 5 кгс/см<sup>2</sup>.

Исходя из этого, мы пришли к выводу, что величина давления при склеивании прессованной древесины клеем М-70 должна быть не менее 7—10 кгс/см<sup>2</sup>.

По результатам статистической обработки данных испытаний ДП-Кл при использовании клея КБ-3 видно, что у контрольных образцов при давлении 5 кгс/см<sup>2</sup>, а у прошедших термовлагообработку образцов при 3 и 5 кгс/см<sup>2</sup> получился большой коэффициент вариации  $V$  и точность опыта превышает рекомендуемую точность 5%. Делать более 12 шт. образцов на один вариант фактора невозможно, так как в этом случае резко возрастает длина бруса, необходимая для изготовления всех образцов из одного куска древесины [1], [4]. Поэтому обе группы образцов (при 3 и 5 кгс/см<sup>2</sup>) объединены в одну с количеством образцов 20 шт.

Анализ результатов испытаний показал, что обработка не влияет на прочность ДПО и ДП-Кл, влияние давления на прочность не вы-

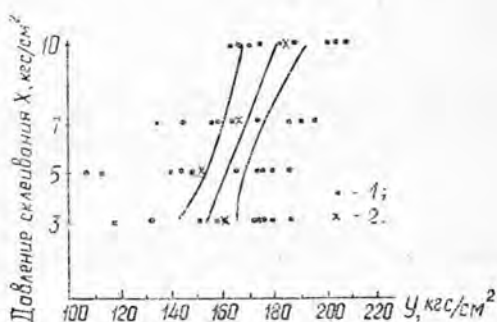


Рис. 1.

1 — экспериментальные значения предела прочности образцов; 2 — средние экспериментальные значения предела прочности образцов.

явлено ни в сухом состоянии, ни после обработки и лишь сравнение прочности ДП-Кл с ДПО в обоих состояниях и характер разрушения позволили сделать вывод о влиянии величины давления на прочность соединения.

У контрольных образцов при давлении 3 и 5 кгс/см<sup>2</sup> есть случаи разрушения по клею (5%), при этом на слое клея очень тонкие волокна древесины противоположной поверхности склеивания, величина предела прочности при таком разрушении не так уж мала (141 кгс/см<sup>2</sup>), а при разрушении соединения по древесине и преимущественно по древесине ряд величин предела прочности оказывается меньше, чем прочность исходной ДПО. При давлении 3 и 5 кгс/см<sup>2</sup> прочность клеевого соединения меньше прочности ДПО. Следовательно, при указанном давлении клей оказывает ослабляющее влияние на прочность прилегающих к нему слоев древесины.

При давлении 7 и 10 кгс/см<sup>2</sup> разрушение идет по древесине (100%). Сравнение ДПО и ДП-Кл показало их равнопрочность.

У образцов, склеенных при давлении 3 и 5 кгс/см<sup>2</sup> и прошедших термообработку, количество случаев разрушения по клею с захватом мелких волокон увеличивается по сравнению с контрольными (с 5 до 15%), но величина предела прочности при этом не мала (134, 149, 174 кгс/см<sup>2</sup>) и прочность соединения не уменьшается значимо. При разрушении же соединения по древесине ряд величин предела прочности оказывается в основном меньше, чем прочность исходной ДПО. В результате прочность ДП-Кл меньше, чем ДПО.

При давлении склеивания 7 кгс/см<sup>2</sup> разрушение идет по древесине (100%); при 10 кгс/см<sup>2</sup> появляются случаи разрушения преимущественно по клею с волокнами древесины (20%) со значениями предела прочности 146 и 154 кгс/см<sup>2</sup>, остальные 80% — разрушение по древесине с высоким значением прочности. Сравнение ДПО и ДП-Кл при 7 и 10 кгс/см<sup>2</sup> показало их равнопрочность.

Итак, для образцов, склеенных клеем КБ-3, при давлении 3 и 5 кгс/см<sup>2</sup> прочность соединения как до, так и после термообработки меньше, чем прочность цельной ДПО, хотя разрушение идет в основном по древесине (95% в сухом, 85% в обработанном состоянии). Отрицательное действие клея, вызывающее снижение прочности соединения в сухом состоянии (на 13,8%), усиливается после обработки в воде (до 19,3%).

При увеличении давления до 7 и 10 кгс/см<sup>2</sup> этого отрицательного влияния не обнаруживается в сухом состоянии и проявляется в появлении разрушения по клею с волокнами древесины после обработки при 10 кгс/см<sup>2</sup>. Но в последнем случае наличие разрушения не по древесине не приводит к снижению прочности соединения по сравнению с цельной ДПО. Это дает основание сделать вывод, что величина давления при склеивании прессованной древесины клеем КБ-3 должна быть не менее 7—10 кгс/см<sup>2</sup>.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. ГОСТ 11484—65. Древесина. Метод отбора образцов и общие требования при физико-механических испытаниях (п. 18).
- [2]. ГОСТ 9629—66. Древесина прессованная.
- [3]. ГОСТ 15613—70. Древесина клееная. Метод испытания клеевого соединения на скалывание вдоль волокон.
- [4]. Леонтьев Н. П. Техника испытаний древесины. М., «Лесная промышленность», 1970.
- [5]. Смирнов Н. В., Душин-Барковский И. В. Курс теории вероятностей и математической статистики для технических приложений. М., «Наука», 1965.
- [6]. Степнов М. Н. Статистическая обработка результатов механических испытаний. М., «Машиностроение», 1972.

УДК 674.047

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОДСУШКИ ОСМОЛЕННЫХ ДРЕВЕСНЫХ ЧАСТИЦ В СУШИЛКАХ С «КИПЯЩИМ СЛОЕМ»\*

Л. А. ТЕТЕРИН, В. П. ВОРОБЬЕВ

Брянский технологический институт

Рассмотрены некоторые вопросы процесса низкотемпературной подсушки осмоленной стружки в кипящем слое. Предполагается, что процесс нагревания и сушки частиц при начальной влажности 18—20% проходит в стадии регулярного режима. На этом основании выведена теоретическая формула расчета продолжительности подсушки. Экспериментальная проверка подтвердила правильность теоретических предположений. Теоретическая формула дает в большинстве случаев хорошее совпадение с экспериментом.

По имеющимся данным [4], продолжительность цикла прессования древесностружечных плит можно значительно сократить уменьшением влажности стружечного брикета во внутреннем слое до 6%, во внешнем — до 9%. Влажность можно снизить двумя путями: 1) применением высококонцентрированных связующих; 2) подсушкой проклеенной стружки перед прессованием. Первый путь, однако, не обеспечивает снижения влажности брикета ниже 9% во внутреннем слое и 13% в наружном [5], [6]. Метод подсушки осмоленных частиц предпочтительнее.

Исследования, проведенные в БТИ, показали, что оптимальный температурный диапазон для подсушки осмоленной массы 40—70°C; в этом случае подсушка не снижает качества древесностружечных плит.

В данной работе процесс подсушки осмоленных частиц исследовали в сушилке с кипящим слоем [1] с целью разработки метода определения продолжительности сушки; последнее необходимо для расчета производительности сушильного агрегата.

При смешении стружек со связующим вследствие достаточно прочной связи клея с водой влага не успевает за сравнительно короткий срок проникнуть внутрь древесных частиц и находится главным образом на их поверхности. Поэтому при теоретическом анализе процесса подсушки осмоленных частиц за основу было принято предположение о том, что доминирующее значение имеет внешний теплообмен. При этом определяющими являются геометрические размеры, плотность и влажность древесных частиц и параметры омывающего их газа на входе в сушильное пространство камеры (температура, скорость). Многие авторы [2] исследовали теплообмен между средой и частицами в кипящем слое. Выделим наиболее существенные моменты этого процесса.

1. С достаточной степенью точности можно принять гипотезу о безградиентном нагреве частиц, то есть температура постоянна по сечению частицы.

\* В работе принимали участие студенты М. А. Щелков, С. Д. Афонин, А. В. Плосконный, А. А. Черняков, Е. П. Трошина, Л. И. Лукичева, А. М. Владимирова, Л. П. Галицкая.

2. Коэффициент теплоотдачи не является величиной постоянной по объему слоя и определить его в какой-либо точке практически невозможно. Ряд исследователей использует некую усредненную величину, называемую «эффективным» коэффициентом теплоотдачи и определяемую из обычного интегрального соотношения для стационарного теплообмена

$$\alpha^* = \frac{\int_v qdv}{F\Delta t_{cp}},$$

где  $\int_v qdv$  — интегральный тепловой поток от газа к материалу;

$F$  — суммарная поверхность частиц;

$\Delta t_{cp}$  — средний температурный напор между газом и частицами.

3. Температурный напор между омывающим газом и материалом непостоянен вследствие изменения температуры материала и газа по высоте слоя (рис. 1). Здесь также прибегают к методам усреднения температурного напора по высоте слоя.

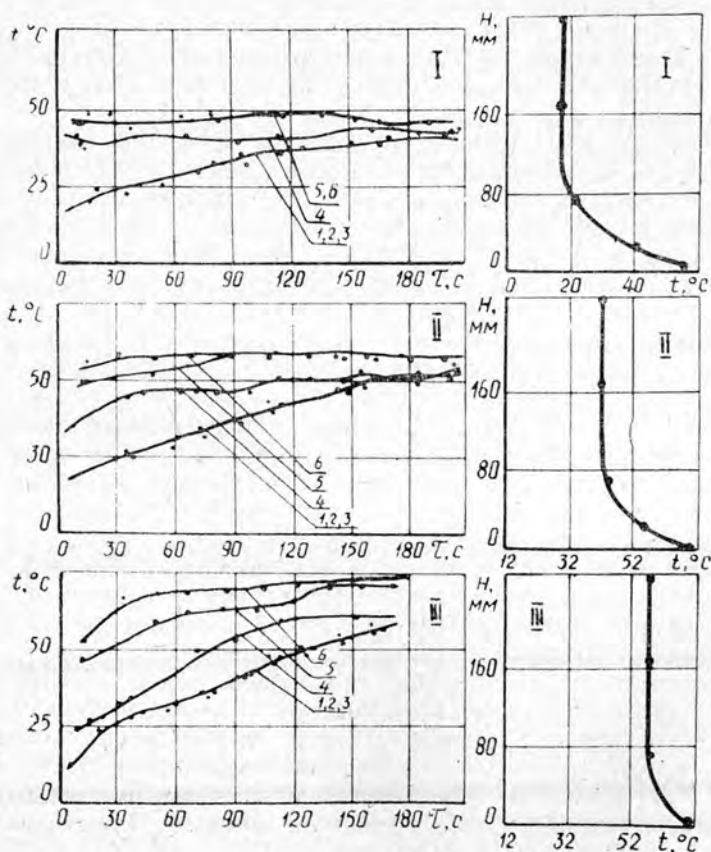


Рис. 1.

*a* — кривые изменения температуры материала при подсушке в кипящем слое ( $1-6$  — точки замера температуры по высоте слоя);  
*b* — распределение температуры по высоте слоя в различные моменты времени (I, II, III).

Использование логарифмического или интегрального усреднения, как показала проверка, дает большие погрешности при расчете про-

должительности сушки. Мы воспользовались усреднением, предложенным Уомсли и Джохансоном [7]

$$\Delta t_{cp} = t_{вх} - t,$$

здесь  $t_{вх}$  — температура газа при входе в слой;

$t$  — текущее значение температуры газа на выходе из слоя, приблизительно равное температуре материала на участке стабилизации  $\Theta$ .

Тогда

$$\Delta t_{cp} = t_{вх} - \Theta.$$

Влажность стружечно-клеевой массы перед подсушкой обычно находится в пределах 18—20%. Процесс является низкотемпературным ( $t_c < 100^\circ\text{C}$ ).

Воспользуемся уравнением теплового баланса при сушке применительно к кипящему слою с учетом принятых выше обозначений

$$\alpha^* (t_{вх} - \Theta) = \rho_0 r R_v \left[ \frac{dU}{d\tau} \right] + \rho_0 c R_v \frac{d\Theta}{d\tau}, \quad (1)$$

где  $U$  — средняя текущая влажность стружки;

$\tau$  — время;

$\rho_0$  — плотность осмоленных частиц в абс. сухом состоянии;

$r$  — удельная теплота испарения;

$R_v$  — гидравлический радиус поперечного сечения частицы.

Полагая, что процесс сушки и нагревания частиц происходит в стадии регулярного режима, можно написать [3]

$$\frac{t_{вх} - \Theta}{(t_{вх} - \Theta)_0} = \exp\left(-\frac{\alpha^* \tau}{c \rho_0 R_v}\right), \quad (2)$$

здесь  $(t_{вх} - \Theta)_0$  — температурный напор в начальный момент;

$c$  — удельная теплоемкость материала.

Подставив выражение (2) в уравнение (1) и сделав преобразования, получим выражение для средней скорости сушки

$$-\frac{dU}{d\tau} = \frac{\alpha^*}{\rho_0 r R_v} (t_{вх} - \Theta)_0 \exp\left(-\frac{\alpha^* \tau}{c \rho_0 R_v}\right). \quad (3)$$

После интегрирования (3) имеем

$$-U = -\frac{c}{r} (t_{вх} - \Theta)_0 \exp. \quad (4)$$

Решив уравнение (4) для условий  $\tau = 0$ ,  $U = U_{нач}$  и  $\tau = \infty$ ,  $U = U_p$ , получим

$$c = -U_p; \quad (5)$$

$$\frac{c}{r} (t_{вх} - \Theta)_0 = U_{нач} - U_p. \quad (6)$$

С учетом выражений (5) и (6) уравнение (4) можно привести к виду

$$\frac{U - U_p}{U_{нач} - U_p} = \exp\left(-\frac{\alpha^* \tau}{c \rho_0 R_v}\right), \quad (7)$$

откуда

$$\tau = \frac{c \rho_0 R_v}{\alpha^*} \ln \frac{U_{нач} - U_p}{U_{кон} - U_p}. \quad (8)$$

Формула (8) позволяет определить продолжительность подсушки осмоленных частиц от заданной начальной до заданной конечной влажности.

Теоретическая формула была проверена экспериментально. Осмоленную стружку сушили в сушилке с кипящим слоем [1]. Температуру частиц в слое измеряли шестью незащищенными термомпарами, которые располагали на различной высоте от уровня решетки. Периодически в процессе сушки частиц отбирали пробы на влажность и строили кривые сушки. Опыты проводили при температурах воздуха на входе в сушилку 40—70°C.

Типичные кривые изменения температуры материала в процессе сушки приведены на рис. 1. Там же показано распределение температуры по высоте слоя.

Для проверки справедливости наших предположений о наличии регулярного режима при нагревании и сушке материала по экспериментальным данным были построены зависимости среднего температурного напора  $\Delta t_{cp} = t_{вх} - \Theta$  и безразмерной влажности  $E = \frac{U - U_p}{U_{нач} - U_p}$  от времени в полулогарифмических координатах (рис. 2).

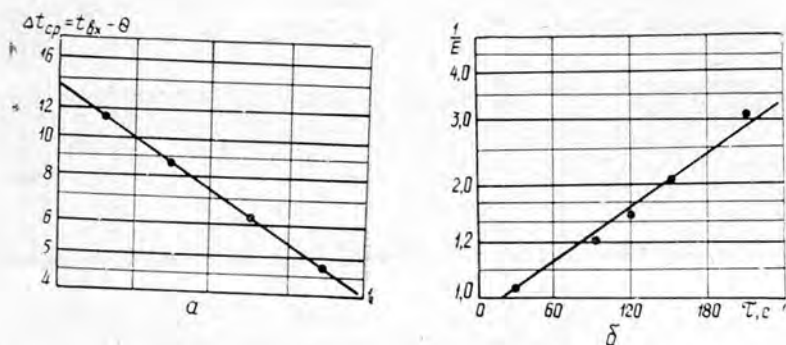


Рис. 2. Зависимость среднего температурного напора (а) и безразмерной влажности (б) от времени в полулогарифмических координатах.

Оба графика изображают линейную зависимость, что подтверждает наши предположения. Из рис. 2, б, в частности, следует

$$\tau = a \ln \frac{U_{нач} - U_p}{U_{кон} - U_p}. \quad (9)$$

Сравнивая уравнения (8) и (9), получаем

$$a = \frac{c \rho_0 R_v}{\alpha^*}. \quad (10)$$

Выражение (10) позволило определить эффективный коэффициент теплоотдачи  $\alpha^*$ . Средний гидравлический радиус частиц вычислен на основании фракционного состава частиц и определения средних размеров по фракциям. Плотность осмоленных частиц определяли как средневзвешенную между плотностью древесины и смолы; в нашем случае  $\rho_0 = 670 \text{ кг/м}^3$ . Теплоемкость  $c$ , по данным В. Кула, принята равной 2,2 кдж/кг·г.

По нашим данным значение эффективного коэффициента теплоотдачи находится в пределах 1,5—2,0  $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{г}}$ , что не противоречит литера-

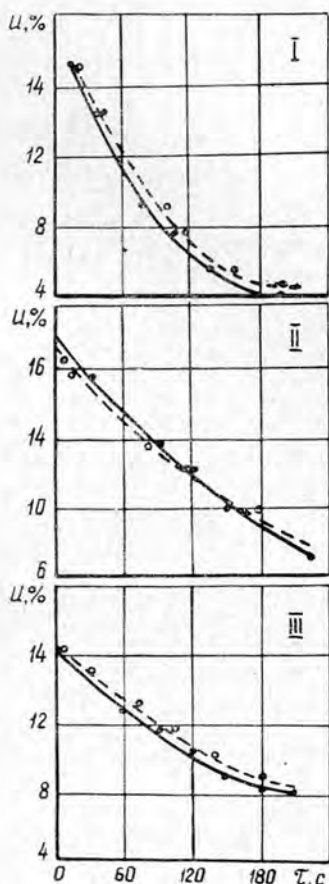
Рис. 3. Кривые сушки, полученные расчетным путем (пунктирные линии) и экспериментальным (сплошные линии).

турным источникам. Тем не менее эти данные следует считать предварительными: необходимо установить расчетную зависимость  $\alpha^*$  от параметров воздуха на входе и геометрических размеров частиц.

Экспериментальная проверка формулы (8) показала, что в большинстве случаев совпадение расчета с экспериментом хорошее (рис. 3). Это говорит о справедливости принятых предположений.

В некоторых случаях имеет место расхождение порядка 30%, что, по-видимому, определяется погрешностью вычисления текущей влажности материала.

Результаты расчетов и экспериментов показали, что для сушки массы среднего слоя осмоленной стружки влажностью 16—8% при мощности цеха 100 тм<sup>3</sup> в год потребуется аппарат с площадью газораспределительной решетки 9 м<sup>2</sup>. Трехступенчатая установка с такой решеткой имеет размеры 2000 × 6000 мм. Следовательно, ее можно легко установить в цехе древесностружечных плит.



#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Воробьев В. П., Кобыльских А. П. Псевдооживление и сушка древесных частиц. — В сб.: Рациональное использование лесосырьевых ресурсов и низкокачественной древесины в лесной, бумажной и деревообрабатывающей промышленности. (Материалы к краткосрочному семинару). Л., ЛДНТП, 1969. [2]. Забродский С. С. Гидродинамика и теплообмен в псевдооживленном слое. Госэнергоиздат, 1963. [3]. Лыков А. В. Тепломассообмен. Энергия, 1972. [4]. Отлев И. А. К методике выбора режимов прессования древесностружечных плит. — «Деревообрабатывающая промышленность», 1972, № 5. [5]. Свиткин М. З. и др. Использование высококонцентрированных смол в производстве древесностружечных плит. — МОД, реферативная информация, 1970, № 4. [6]. Шварцман Г. М. Повышение производительности горячих прессов в производстве древесностружечных плит. М., ЦНИИТЭИлесбумдревпром, 1968. [7]. Wamsley W., Johanson L. Fluidized bed heat transfer. Chem. Eng. Progr., 50, 1954, № 7.

Поступила 20 июня 1975 г.

УДК 634.0.812

## К ВОПРОСУ О СОПРОТИВЛЕНИИ ДРЕВЕСИНЫ ИЗГИБУ ПОПЕРЕК ВОЛОКОН

Б. А. ОСВЕНСКИЙ, В. А. АКОПЯН

Московский инженерно-строительный институт

Исследовали образцы в форме брусков разных размеров, изготовленные из сосны и лиственницы. Испытания показали, что при изгибе поперек волокон, когда нормальные напряжения действуют в радиальном направлении, предел прочности больше, чем при действии напряжения в тангенциальном направлении. При расположении годичных колец выпуклостью вверх предел прочности и модуль упругости больше, чем при расположении колец выпуклостью вниз. Прочность образцов, имевших разные пролеты, при постоянной высоте тем больше, чем меньше пролет, а при постоянном пролете прочность больше при меньших высотах.

При изменении гигроскопической влажности древесины в деревянных элементах возникают внутренние напряжения и деформации (усушка, разбухание и коробление).

В клееных пакетах напряженное состояние осложняется стеснением свободных деформаций и короблением клеевой связью. В отдельных элементах пакета при этом возникают напряжения от изгиба древесины поперек волокон.

Нами изучено сопротивление древесины изгибу поперек волокон.

Для исследований было отобрано 8 краев из лиственницы и сосны, заготовленных в Усть-Бирском леспромхозе Красноярского края и имевших следующие показатели: средняя плотность лиственницы 0,575 т/м<sup>3</sup>, сосны 0,448 т/м<sup>3</sup>, число годичных слоев в 1 см у лиственницы 5—12, у сосны 7—13. Из выбранных краев изготовили образцы в форме брусков с разными пролетами и размерами поперечного сечения и длительное время выдерживали их в лабораторных условиях при относительной влажности воздуха 41—43% и температуре 20—22°C. При этом древесина приобретала равновесную влажность около 8%.

В табл. 1 приведены средние показатели предела прочности и модуля упругости при деформации древесины поперек волокон.

Таблица 1

Порода	Влажность W, %	Предел прочности, кгс/см <sup>2</sup>		Модуль упругости × 1000, кгс/см <sup>2</sup>		Предел прочности (условный), кгс/см <sup>2</sup>		Модуль упругости × 1000, кгс/см <sup>2</sup>	
		$\sigma_t$	$\sigma_r$	$E_t$	$E_r$	$\sigma_t$	$\sigma_r$	$E_t$	$E_r$
		при растяжении				при сжатии			
Сосна	8	38,3	58,6	7,0	11,7	58,8	34,8	5,2	9,8
	12	34,5	58,0	6,0	10,7	51,6	30,0	4,2	8,8
Лиственница	8	46,2	86,4	10,7	17,0	81,4	64,1	9,2	13,0
	12	41,6	85,5	9,7	16,0	71,4	54,5	8,2	12,0

Образцы испытывали на машине МР-0,5, оборудованной специальным приспособлением. Нагружение производили со скоростью 4 мм в 1 мин.

Схема испытаний на статический изгиб поперек волокон показана на рис. 1. Годичные кольца располагались симметрично относительно середины пролета. В каждом образце в середине пролета определяли радиус кривизны годичного слоя на половине высоты поперечного сечения.



Таблица 2

Порода	№ партии	$r_{\text{ср}}$	$k$	$\rho_{W=8\%}$	$h$	$b$	$l$	$W=8\%$		$W=12\%$		$\sigma'_{W=12\%}$
								$\sigma_{W=8\%}$	$\sigma'_{W=8\%}$	$\sigma_{W=12\%}$	$\sigma'_{W=12\%}$	
Сосна	1	67,5	9	448	10	30	120	46,4	42,2	42,1	38,2	
	2	68,0	7	455	10	30	120	39,9	33,3	36,2	30,2	
	3	52,8	7	488	20	30	150	57,0	38,8	51,6	35,2	
	4	52,5	8	418	20	30	180	49,4	31,1	44,8	28,2	
	5	54,3	13	415	30	30	150	60,9	29,2	55,1	26,4	
	6	51,0	7	464	30	30	180	48,1	28,7	43,6	26,0	
	7	55,0	10	420	30	30	210	60,7	38,8	55,0	35,2	
	8	57,3	7	447	40	30	210	55,0	25,5	49,8	23,1	
	9	64,0	12	419	40	30	240	63,4	29,5	57,5	26,7	
	10	64,5	7	447	50	30	240	58,3	26,7	52,8	24,2	
Лиственница	1	49,5	5	700	10	30	120	81,8	80,1	74,1	72,5	
	2	43,5	8	567	10	30	120	84,0	59,8	76,1	54,3	
	3	48,7	10	584	10	30	120	69,4	62,3	62,9	56,5	
	4	40,0	5	671	20	30	150	75,7	53,1	68,6	48,2	
	5	131,0	9	512	20	30	150	66,9	49,4	60,7	44,7	
	6	55,5	10	584	30	30	150	97,8	49,6	88,5	45,0	
	7	51,0	12	534	30	30	180	76,0	44,2	68,8	40,1	
	8	54,6	8	560	30	30	180	87,4	43,5	79,3	41,8	
	9	69,1	11	607	30	30	210	88,3	46,2	80,0	46,9	
	10	108,0	7	519	40	30	210	66,9	51,8	60,7	46,9	
	11	100,0	7	519	30	30	240	69,6	39,8	63,1	36,0	
	12	107,5	7	519	40	30	240	62,1	51,2	56,3	46,4	
	13	111,3	7	519	50	30	240	58,3	37,3	52,8	33,8	
	14	107,7	6	510	50	30	240	62,7	39,3	56,8	35,6	

Примечание.  $r_{\text{ср}}$  — радиус кривизны среднего годичного слоя, мм;  $k$  — число слоев в 1 см;  $\rho_{W=8\%}$  — средняя плотность, кгс/м<sup>3</sup>;  $h$  — высота поперечного сечения, мм;  $b$  — ширина поперечного сечения, мм;  $l$  — расстояние между осями опор, мм;  $\sigma_{W=8\%}$  — предел прочности при расположении годичных колец выпуклостью вверх, кгс/см<sup>2</sup>;  $\sigma'_{W=8\%}$  — предел прочности при расположении годичных колец выпуклостью вниз, кгс/см<sup>2</sup>.

Образцы испытывали по двум схемам: годичные кольца направлены выпуклостью вверх и выпуклостью вниз (рис. 1).

В табл. 2 приведены показатели прочности древесины при статическом изгибе поперек волокон. В каждой партии испытаний брали по 10 образцов, выпиленных из одной доски. Поэтому разброс физико-механических характеристик сравнительно невелик.

Результаты статистической обработки свидетельствуют о полной достоверности полученных данных. Показатели точности находятся в пределах 4%.

Испытывали также два варианта специально заготовленных образцов шириной поперечного сечения  $b = 30$  мм с выпуклостью годичных колец вверх; образцы были выпилены из одной доски и имели одинаковые средние плотности и число годичных слоев в 1 см. В первом варианте высота поперечного сечения и радиус кривизны среднего годичного слоя приняты постоянными, а пролет образцов менялся. Во втором варианте

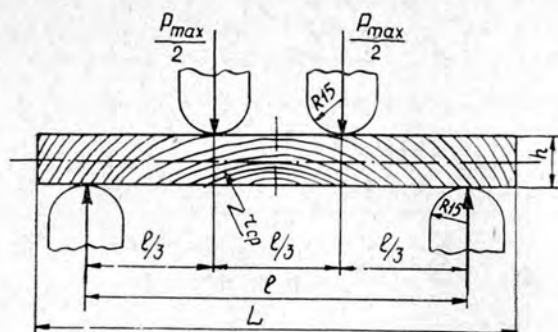


Рис. 1.

пролет образцов принят постоянным, а высота поперечного сечения менялась так, что минимальный радиус кривизны крайнего годичного слоя оставался постоянным.

Данные испытаний (средние для партии из 10 образцов) приведены в табл. 3 и 4, влажность их  $W = 8\%$ .

Таблица 3

Порода	№ партии	Предел прочности, кгс/см <sup>2</sup> , при одинаковой высоте ( $h=20$ мм) и разных пролетах $l$ , мм			
		120	150	180	210
Сосна	1	62,2	56,1	52,4	51,2
	2	66,0	59,8	54,1	53,3
Лиственница	1	69,4	66,9	63,5	59,1
	2	100,5	88,4	78,1	69,9

Таблица 4

Порода	№ партии	Предел прочности, кгс/см <sup>2</sup> , при одинаковом пролете ( $l=240$ мм) и разной высоте $h$ , мм			
		50	40	30	20
Сосна	1	58,3	62,1	64,6	66,5
	2	62,7	65,5	67,5	68,9
Лиственница	1	55,0	57,2	58,9	61,1
	2	49,5	52,4	55,6	56,2

Были изготовлены также образцы высотой сечения 10 мм, шириной 30 мм и пролетом 120 мм, у которых при испытании на изгиб поперек волокон нормальное напряжение в сечениях действовало в радиальном направлении.

Таблица 5

Порода	$\delta W$ , кгс/см <sup>2</sup> , для разных схем образцов		
	1	2	3
Сосна	80,3	48,4	43,2
Лиственница	142,8	79,9	77,8

Примечание. 1 — образцы при действии нормальных напряжений в радиальном направлении; 2 — при расположении годичных колец выпуклостью вверх; 3 — при расположении годичных колец выпуклостью вниз.

Результаты сравнительных испытаний образцов, выпиленных из одного ствола и имевших одинаковые размеры и разные ориентации годичных колец, приведены в табл. 5. Влажность образцов  $W = 8\%$ . Показатели точности находятся в пределах 1,5—2,5%.

Для того чтобы иметь возможность судить о прочности древесины на изгиб поперек волокон, был выбран в качестве базового образец высотой сечения 20 мм, шириной 30 мм и пролетом 150 мм.

В табл. 6 приведены статистические величины пределов прочности при изгибе поперек волокон.

Таблица 6

Порода	Схемы образцов	$M_{W=8\%}$ , кгс/см <sup>2</sup>	$\sigma$ , кгс/см <sup>2</sup>	$\sigma$ , %	$m$ , кгс/см <sup>2</sup>	$p$ , %	$\sigma_{W=12\%}$ , кгс/см <sup>2</sup>
Сосна	2	57,6	$\pm 7,28$	$\pm 12,63$	$\pm 1,08$	$\pm 1,90$	52,2
Лиственница	2	76,0	$\pm 12,71$	$\pm 16,72$	$\pm 1,90$	$\pm 2,50$	68,8
Сосна	3	39,1	$\pm 5,20$	$\pm 13,30$	$\pm 0,78$	$\pm 2,00$	35,4
Лиственница	3	55,5	$\pm 8,95$	$\pm 16,12$	$\pm 1,34$	$\pm 2,41$	50,3

Примечание. Схемы образцов те же, что и в табл. 5. Количество образцов 45.  $\sigma_{W=12\%}$  — предел прочности при влажности  $W=12\%$ .

Для определения модуля упругости были взяты образцы высотой 20 мм, шириной 30 мм и пролетом 150 мм. Нагружение производили в двух точках, как показано на рис. 1. Прогиб в середине пролета определяли индикатором с точностью 0,001 мм.

На рис. 2 показаны зависимости напряжений от стрелы прогиба  $f$  образцов и диаграмма разности полных деформаций  $\Delta f$  при  $\Delta\sigma = 6,25$  кгс/см<sup>2</sup>.

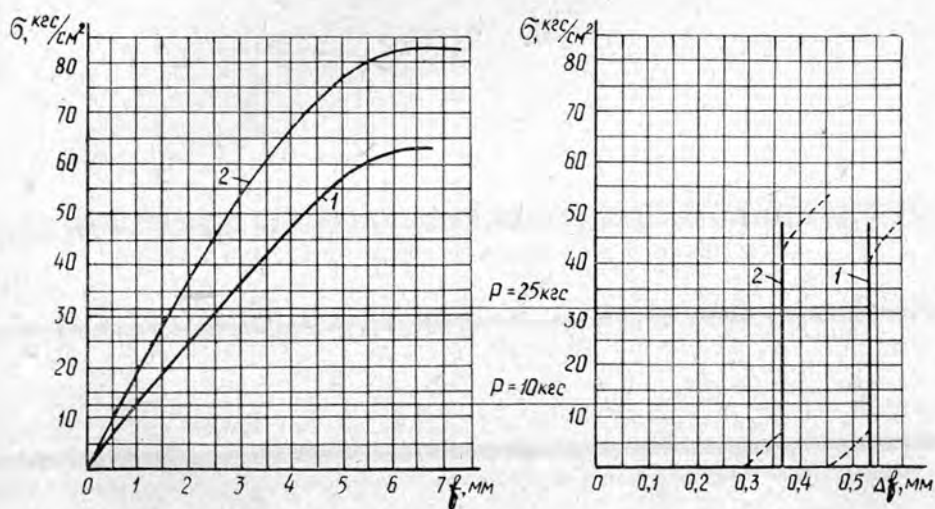


Рис. 2.

1 — сосна; 2 — лиственница.

Каждый образец подвергали шестикратному нагружению в пределах 10—25 кгс, так как в этом случае, как видно из диаграммы, зависимость между напряжением и деформацией можно принять прямолинейной и для сосны, и для лиственницы. В табл. 7 приведены статистические величины модуля упругости при изгибе поперек волокон.

Из данных испытаний видно, что модуль упругости при расположении годичных колец выпуклостью вверх больше, чем при расположении колец выпуклостью вниз. Разница между этими величинами незначительна и составляет в среднем для сосны 6,5%, для лиственницы 4%.

Таблица 7

Порода	<i>n</i>	$M_{W=8\%}$ , кгс/см <sup>2</sup>	$\sigma$ , кгс/см <sup>2</sup>	$\nu$ , %	$m$ , кгс/см <sup>2</sup>	$p$ , %	$E_{W=12\%}$ , кгс/см <sup>2</sup>
Сосна	31	4120	± 430	± 10,43	± 77	± 1,86	3120
Лиственница	38	5670	± 1190	± 21,00	± 193	± 3,40	4670

Примечание. *n* — количество образцов.  $F_{W=12\%}$  — модуль упругости при влажности  $W=12\%$ .

### Выводы

1. При изгибе поперек волокон для случаев, когда нормальные напряжения действуют в радиальном направлении, предел прочности больше, чем при действии напряжения в тангенциальном направлении.

2. Предел прочности и модуль упругости при расположении годичных колец выпуклостью вверх больше, чем при расположении колец выпуклостью вниз.

3. Для образцов размерами  $h = 20$  мм;  $b = 30$  мм и  $l = 150$  мм, влажностью  $W = 8\%$  при расположении годичных колец выпуклостью вверх средняя величина предела прочности для сосны составляет 57,6 кгс/см<sup>2</sup>, для лиственницы — 76,0 кгс/см<sup>2</sup>; при расположении годичных колец выпуклостью вниз средняя величина предела прочности для сосны составляет 39,1 кгс/см<sup>2</sup>, для лиственницы — 55,5 кгс/см<sup>2</sup>.

4. Для образцов размерами  $h = 20$  мм,  $b = 30$  мм и  $l = 150$  мм, влажностью  $W = 8\%$  средняя величина модуля упругости для сосны составляет  $4,12 \cdot 10^3$  кгс/см<sup>2</sup>, для лиственницы —  $5,67 \cdot 10^3$  кгс/см<sup>2</sup>.

Поступила 28 апреля 1975 г.

УДК 674.038.6

## К ВОПРОСУ О ВОЗМОЖНОСТЯХ КЛАССИФИКАЦИИ КОНСТРУКЦИОННЫХ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ\*

А. Д. ГОЛЯКОВ

Архангельский лесотехнический институт

Поставлен вопрос о необходимости классификации пиломатериалов по механическим показателям. Сделаны предложения по количественному составу классов и граничным значениям прочности конструкционных пиломатериалов общего назначения в сыром состоянии. Конструкционные пиломатериалы, предназначенные для изготовления клееных несущих конструкций, предлагается классифицировать по средней жесткости на количество групп, соответствующее количеству слоев клееной балки.

Общепринятая по нормам допуска пороков древесины и дефектов обработки визуальная классификация пиломатериалов не разделяет их по прочности. Отдельные сортименты первого сорта могут быть

\* Печатается в порядке обсуждения.

прочнее сортиментов второго, третьего сортов и наоборот [5], [7]. Поэтому при конструкционном использовании древесины применяют повышенные коэффициенты запаса прочности, что ведет к ее перерасходу. Группа конструкционных пиломатериалов достаточно велика по своему объему — это пиломатериалы для авто-, вагоно-, судостроения, большая часть строительных сортиментов и др., в связи с чем необходимо создать их классификацию по конструкционной ценности (прочности или жесткости).

Возможность такой классификации стала реальной с установлением корреляционной связи между прочностью (при изгибе, растяжении и сжатии вдоль волокон) и жесткостью при поперечном изгибе образцов древесины промышленных размеров, так как эта связь сохраняется и при наличии основных сортообразующих пороков [5], [8], [9].

Основанный на этой связи метод силовой сортировки пиломатериалов позволяет определять поштучную жесткость сортиментов и с допустимой вероятностью прогнозировать их прочность. Связь прочности и жесткости пиломатериалов — фактор объективный, легко объяснимый одинаковой зависимостью прочности и жесткости древесины от ее анизотропного строения и плотности. При разработке сортировочных устройств необходимо реализовать такие условия испытаний пиломатериалов, при которых эта связь проявляется лучше всего. Поэтому мнение некоторых ученых о том, что вопросы классификации пиломатериалов по прочности можно решать лишь после создания промышленных силовых сортировочных устройств, нам кажется ошибочным.

При создании классификации конструкционных пиломатериалов, очевидно, необходимо исследовать и учесть целый ряд факторов: ве-

Таблица 1

Сорт по ГОСТу 8486—57. 66	Количество образцов, шт.	Средний предел прочности $M$ , кгс/см <sup>2</sup>	Среднее квадратическое отклонение $\sigma$ , кгс/см <sup>2</sup>	Ошибка среднего предела прочности $m$ , кгс/см <sup>2</sup>	Коэффициент изменчивости $\sigma$ , %	Показатель точности $P$ , %	Примечание	
Сечение пиломатериалов 200 × 50 мм								
Отборный	34	409	64	11	16	3		
I	77	367	51	6	14	2		
II	17	328	53	13	16	4		
III	19	334	76	7	23	5		
Сечение пиломатериалов 150 × 50								
Отборный	45	423	69	10	16	2		Данные Е. И. Савкова [7]
I	70	383	58	7	15	2		
II	52	332	49	7	15	2		
III	51	319	63	9	20	3		
Сечение пиломатериалов 100 × 50								
Отборный	18	442	64	15	15	4	Наши данные	
I	19	376	90	21	24	6		
II	49	320	61	9	19	3		
III	66	301	87	11	29	4		
Отборный	34	408,5	56,7	9,7	13,9	2,4		
I	65	368,7	61,3	7,6	16,6	2,0		
II	59	348,9	56,0	7,3	16,3	2,1		
III	90	295,3	69,1	7,3	23,4	2,5		

личину общего диапазона и характер рассеивания прочности (жесткости) пиломатериалов, точность прогнозирования прочности сортиментов по результатам прямого контроля их жесткости (или модуля упругости), структуре потребления конструкционных пиломатериалов и др. Мы будем исходить из первых двух факторов.

В табл. 1 представлены результаты статистической обработки данных о прочности при поперечном изгибе сырых ( $W > 30\%$ ) сосновых пиломатериалов, выпиленных на Тавдинском лесокомбинате [7] и Охтинском ДОКе [1].

Из данных табл. 1 видно, что пиломатериалы разных ширин и разных районов заготовки при различной методике испытаний и при значительном числе наблюдений показали практически одинаковые средние значения пределов прочности в сортах и средние квадратические отклонения. Это свидетельствует о их достоверности и значимости. «Выпадающие» значения соответствуют, как правило, малому числу наблюдений. Методика испытаний пиломатериалов в опытах Е. И. Савкова и в наших опытах различалась способом нагружения образцов и величиной испытательного пролета. В опытах Е. И. Савкова образцы нагружали в третях трехметрового пролета, наши же результаты получены при нагружении пиломатериалов сосредоточенной силой посередине пролета длиной 1 м. Наш способ нагружения соответствовал худшим условиям эксплуатации древесины, а также рекомендованной ранее схеме испытаний пиломатериалов при их силовой сортировке [2], поэтому дальнейшие рассуждения будем основывать только на своем экспериментальном материале.

Общий диапазон рассеивания прочности пиломатериалов  $D$ , пригодных для конструкционного использования, можно определить как разность между верхней границей прочности пиломатериалов отборного сорта ( $M_0 + 3\sigma_0$ ) и нижней границей третьего сорта ( $M_3 - 3\sigma_3$ ). В частности, для рассматриваемого случая

$$D = (408,5 + 3 \cdot 56,7) - (295,3 - 3 \cdot 69,1) = 578,6 - 88,0 = 450,6 \text{ кгс/см.}$$

Следует заметить, что пиломатериалы IV сорта, пригодные для конструкционного использования, то есть без гнили и т. п. пороков, не выходят за пределы этого диапазона, так как в третьем сорте при выпилке одного бруса из бревна уже допускаются максимально возможные основные сортообразующие пороки — сучки.

Таблица 2

Количество образцов, шт.	Средняя прочность $M$ , кгс/см <sup>2</sup>	Среднее квадратическое отклонение $\sigma$ , кгс/см <sup>2</sup>	Ошибка среднего арифметического $m$ , кгс/см <sup>2</sup>	Коэффициент изменчивости $\sigma$ , %	Показатель точности $p$ , %	$\frac{A}{m_A}$	$\frac{E}{m_E}$
150	337	75,2	6,1	22	1,8	0,37	-0,33

Результаты статистической обработки выборки, составленной с учетом посортного выхода пиломатериалов из пиловочника диаметром 14—24 см (табл. 2), свидетельствуют о том, что характер общего распределения предела прочности пиломатериалов нормальный — отношения асимметрии  $A$  и эксцесса  $E$  к своим ошибкам  $m_A$  и  $m_E$  значительно меньше трех.

Точность определения прочности пиломатериалов при их силовой сортировке характеризуется ошибкой корреляционного уравнения свя-

зи между непосредственно измеряемой жесткостью (модулем упругости) и прочностью  $m_{\sigma E}$ . Для уравнения связи, выведенного по результатам испытаний последней выборки, ошибка составила  $\pm 38$  кгс/см<sup>2</sup>. Модуль упругости определяли на пролете 1 м через прогиб в интервале нагружения, соответствующем напряжениям изгиба 180—60 кгс/см<sup>2</sup>.

Конструкционные пиломатериалы общего назначения следует рассортировывать по прочности (жесткости) наихудшего сечения каждой доски. В зависимости от величины ошибки и общего диапазона рассеивания минимальной прочности пиломатериалов можно определить возможное количество групп прочности.

Руководствуясь правилом тройной ошибки [4], граничные значения прочности пиломатериалов в группах необходимо принять отстоящими друг от друга не менее чем на  $3 m_{\sigma E}$ . В этом случае полностью исключено попадание досок с одинаковой прочностью в группы, расположенные через одну, например в первую и третью. В таком случае общее количество групп может быть не более  $\frac{D}{3m_{\sigma E}}$ . В рассматриваемом примере  $\frac{450,6}{3 \cdot 38} \approx 4$ .

Так как общее распределение прочности пиломатериалов подчиняется закону нормального распределения, то при равномерной шкале чередования в крайних группах окажется очень малое количество сортиментов и они не будут иметь практического значения. Наиболее целесообразной надо считать не четырех-, а трехступенчатую классификацию с границами среднего (второго) класса, соответствующими значениям прочности  $M - 1,5 m_{\sigma E}$  и  $M + 1,5 m_{\sigma E}$ . В частности, для рассматриваемых пиломатериалов нижняя граница равна 280 кгс/см<sup>2</sup> ( $337 - 1,5 \cdot 38$ ) и верхняя 394 кгс/см<sup>2</sup> ( $337 + 1,5 \cdot 38$ ).

В первую группу попадают пиломатериалы, предел прочности которых в сыром состоянии более 394 кгс/см<sup>2</sup>; в третью группу — с прочностью сортообразующих сечений до 280 кгс/см<sup>2</sup>. Нижним пределом прочности пиломатериалов третьей группы следует считать минимальную прочность пиломатериалов третьего сорта (ГОСТ 8486—66) — 88 кгс/см<sup>2</sup>.

В предлагаемых прочностных группах пиломатериалы могут быть различного визуального качества, так как причина снижения прочности — как пороки (их размер и количество), так и малая плотность древесины. Поэтому можно предположить два направления использования пиломатериалов третьей группы: 1) как конструктивных, например для менее ответственных слоев клееных несущих конструкций; 2) как поделочных для раскроя на мебельные, столярно-строительные, тарные и прочие заготовки.

Пиломатериалы первой прочностной группы ориентировочно можно назвать «отборными конструктивными», второй — «рядовыми конструктивными», третьей — «пиломатериалами пониженной прочности».

Мы не согласны с некоторыми учеными, предлагающими для конструктивного использования лишь пиломатериалы пониженного качества [3], и считаем, что для лучшего использования высокого по сравнению с другими конструктивными материалами коэффициента качества древесины (отношение прочности к плотности) пиломатериалы, предназначенные для конструктивного использования, должны быть разнообразной прочности или даже наиболее прочными. Поэтому их нужно выделять из общей массы пилопродукции, получаемой на лесопильном заводе.

В качестве специальных конструкционных пиломатериалов следует выделить, по нашему мнению, такие, которые предназначаются для изготовления клееных слоистых несущих конструкций. Теоретические исследования [6] и последующие эксперименты показали, что заготовки для клееных конструкций целесообразно рассортировывать по группам (слоям) в соответствии со средней жесткостью досок. Эту подсортировку необходимо производить непосредственно на предприятиях, изготавливающих клееные конструкции. Поскольку конструкционная ценность пиломатериалов в данном случае определяется непосредственно замеряемой жесткостью, дробность сортировки может быть увеличена в соответствии с количеством слоев в конструкции.

Предлагаемая классификация пиломатериалов отнюдь не исключает визуальную, необходимую для сортиментов неконструкционного назначения. Тонкие пиломатериалы (толщиной менее 32 мм) реже используются в качестве конструкционных, поэтому для них целесообразно разрабатывать классификацию по конструкционной ценности.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Голяков А. Д., Корнеев В. И. О результатах некоторых исследований жесткости и прочности пиломатериалов. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1972, № 5. [2]. Голяков А. Д. Зависимость корреляции жесткости и прочности древесины при изгибе от величины пролета и способа нагружения. В сб.: Механизация и автоматизация деревообрабатывающих производств. Изд. ЛТА, 1972. [3]. Левин Э. Сравнительные исследования по сортам, напряжениям и требованиям в отношении нагрузки строительных лесоматериалов в ряде европейских стран. — Доклад на совещании экспертов по правилам сортировки пиломатериалов хвойных пород. Женева, 12 октября 1973 г. [4]. Леонтьев Н. Л. Техника статистических вычислений. М., «Лесная промышленность», 1969. [5]. Песоцкий А. Н., Голяков А. Д. Сортировка пиломатериалов по прочности. — «Механическая обработка древесины». Реферативная информация, 1972, № 7. [6]. Песоцкий А. Н., Голяков А. Д. К вопросу о силовой сортировке заготовок для слоистых деревянных конструкций. — В сб.: Механизация и автоматизация деревообрабатывающих производств. Изд. ЛТА, 1972. [7]. Савков Е. И. Прочность пиломатериалов. Гослесбумиздат, 1962. [8]. Соболев Ю. С. Корреляционная зависимость между пределом прочности и модулем упругости древесины сосны при сжатии вдоль волокон образцов строительных размеров. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1962, № 3. [9]. Kunesch R. H., Johnson J. W. Effect of single knots on tensile strength of 2-by 8-inch. Douglas-fir dimension lumber. — «Forest Products Journal», 1972, № 1.

Поступила 11 февраля 1975 г.



## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 54

О КАТАЛИТИЧЕСКОМ ДЕЙСТВИИ СОЕДИНЕНИЙ МЕТАЛЛОВ  
В ИНГИБИРОВАННОМ ОКИСЛЕНИИ УГЛЕВОДОРОДОВ

М. И. КРАВЧЕНКО, В. И. СЕДЫХ, А. И. КИПРИАНОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Приведены результаты исследований по изучению влияния соединений металлов на кинетику ингибированного окисления циклогексена с присадками фенола, гваякола, *n*-метилгваякола, пирокатехина, 2,5-, 3,5-, 3,4-ксиленолов при температуре окисления 60°C. Установлено, что окиси и двуокиси переходных металлов практически не влияют на кинетику ингибированного окисления циклогексена, другие же соединения, такие как  $\text{CuCl}_2$ ,  $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ ,  $\text{Co}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ ,  $\text{CuCrO}_4 \cdot 2\text{CuO} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , проявляют каталитическое действие по отношению к изученным фенолам так, что полностью выводят ингибитор-фенол из радикального процесса ингибированного окисления циклогексена.

Поскольку древесно-смоляные масла, полученные из отстойных древесных смол, в основном используются как ингибиторы окислительных процессов, то важно иметь исчерпывающие данные по кинетике превращений их компонентов и особенно фенолов в условиях ингибированного окисления. Механизм реакций такого окисления очень сложен, ингибитор может участвовать в различных реакциях, в том числе и с кислородом воздуха, и с металлами.

Влияние меди и ее соединений, железа и других металлов на процесс жидкофазного окисления топлива и на стабилизирующую эффективность антиокислителей очень значительно. Так, при хранении бензинов в стеклянных бутылках в течение 4—5 месяцев содержание смол оставалось почти неизменным, в присутствии же медной пластинки количество смол возросло с 6 до 113 мг на 100 мл [6]. Индукционные периоды крекинг-бензинов в присутствии пластинок из меди или латуни снижаются на 70—80%, в присутствии железа на 25—30% [2], [3]. При прокачивании крекинг-бензинов насосами, трубопроводами которых изготовлены из железа или меди, индукционные периоды снижаются соответственно на 30 и 60% [7]. Следовательно, присутствие металлов почти во всех случаях отрицательно действует на стабильность крекинг-бензинов.

Представляло интерес рассмотреть влияние различных соединений металлов на кинетику ингибированного окисления углеводородов. Кинетику реакций окисления топлив изучали на специальных установках, конструкция которых обеспечивает практически постоянную концентрацию кислорода в течение всего опыта независимо от отсчета поглощения кислорода и величины атмосферного давления [5].

Моделирование процесса ингибированного окисления мы производили на циклогексене, который интенсивно поглощает кислород и тем самым дает возможность его количественного замера. Для изучения кинетики ингибированного окисления циклогексена использовали указанную выше установку. В качестве ингибиторов были выбраны наиболее характерные представители фенолов древесно-смоляных масел: фенол, гваякол, пирокатехин, *n*-метилгваякол, 2,5-, 3,5-, 3,4-ксиленолы.

Для опытов брали навеску фенолов 0,05 г (навеска пирокатехина взята в количестве 0,0015 г из-за его повышенного ингибирующего действия) и растворяли в 1 мл этилового спирта в специальной колбе, куда приливали 25 мл чистого циклогексена, затем колбу подсоединяли с помощью шлифов к обратному холодильнику и помещали в глицериновую баню. Всего в системе работало четыре реактора для снятия параллельных показаний. После выравнивания давления во всех реакторах и с началом поглощения кислорода установка считалась выведенной на режим. С этого момента реакционную систему соединяли с И-образником и измерительной бюреткой. Температуру окисления поддерживали 60°C, точность  $\pm 0,5^\circ\text{C}$ . Относительная ошибка в параллельных определениях по объему поглощаемого кислорода составляет 6—7% на протяжении всего эксперимента.

Кинетика поглощения кислорода циклогексеном с присадками различных фенолов представлена на рис. 1—5, из которых видна относительная эффективность изученных фенолов как ингибиторов.

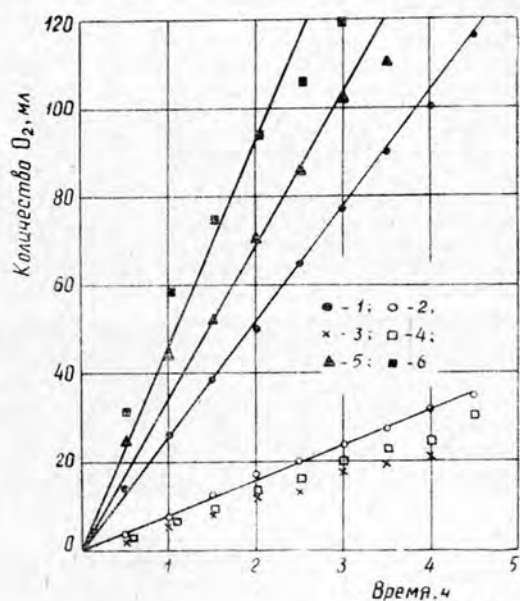


Рис. 1. Кинетика поглощения кислорода циклогексеном с присадкой гваякола и соединенный металлов.

1 — циклогексен; 2 — циклогексен-гваякол; 3 — циклогексен-гваякол +  $\text{Mg}_2(\text{C}_6\text{O}_5\text{H}_5)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ; 4 — циклогексен-гваякол +  $\text{PbO}_2$ ; 5 — циклогексен-гваякол +  $\text{CuCl}_2$ ; 6 — циклогексен-гваякол +  $\text{Co}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ .

Рис. 2. Кинетика поглощения кислорода циклогексеном с присадкой гваякола и соединенный металлов.

1 — циклогексен без присадок; 2 — циклогексен-гваякол +  $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ ; 3 — циклогексен-гваякол; 4 — циклогексен-гваякол +  $\text{MoO}_3$ ; 5 — циклогексен-гваякол +  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; 6 — циклогексен-гваякол +  $\text{CuCrO}_4 \cdot 2\text{CuO} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .

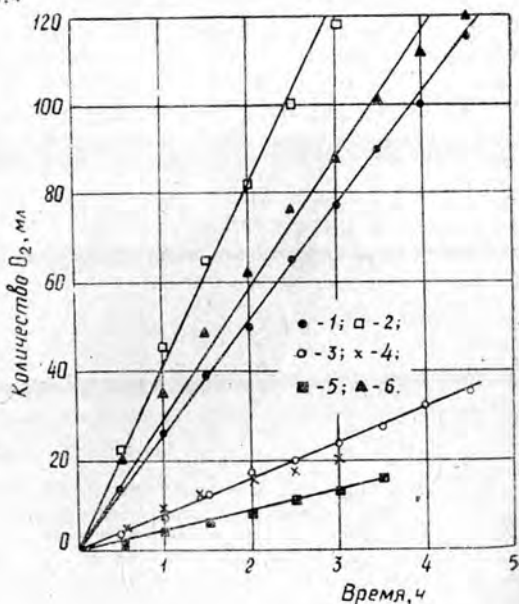


Рис. 3. Кинетика поглощения кислорода циклогексеном с присадкой 3,5-ксиленола и соединений металлов.

1 — циклогексен без присадок; 2 — циклогексен-3,5-ксиленол +  $Mg_3(C_6O_7H_5)_2 \cdot 14H_2O$ ; 3 — циклогексен-3,5-ксиленол +  $SiCl_2$ ; 4 — циклогексен-3,5-ксиленол +  $Si(CH_3COO)_2$ ; 5 — циклогексен +  $Mg_3(C_6O_7H_5)_2 \cdot 14H_2O$ ; 6 — циклогексен + 3,5-ксиленол.

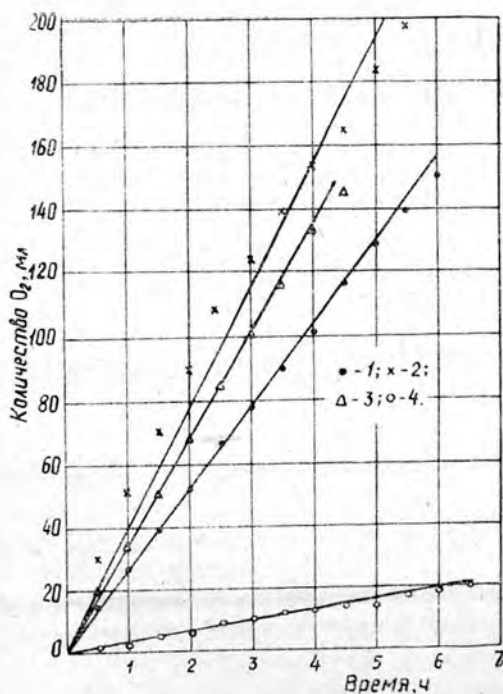
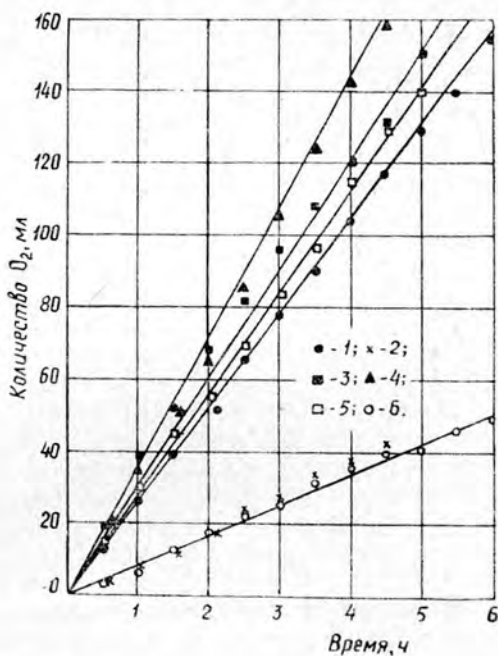


Рис. 4. Кинетика поглощения кислорода циклогексеном с присадкой 2,5-ксиленола и соединений меди.

1 — циклогексен без присадок; 2 — циклогексен-2,5-ксиленол +  $SiCl_2$ ; 3 — циклогексен-2,5-ксиленол +  $Si(CH_3COO)_2$ ; 4 — циклогексен-2,5-ксиленол.

Действие того или другого соединения металла изучено в процессе ингибированного окисления циклогексена по поглощению кислорода. Соединения металлов в количестве 0,2—0,1 г вносили в виде порошка в чистый циклогексен и в циклогексен с присадкой того или другого фенола.

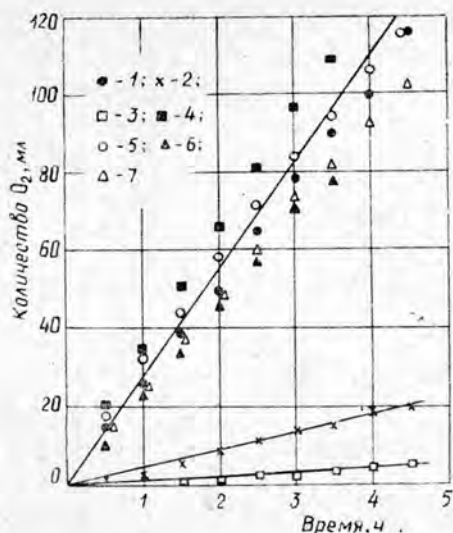


Рис. 5. Кинетика поглощения кислорода циклогексеном с присадками фенолов и соединениями меди.

1 — циклогексен без присадок; 2 — циклогексен + пирокатехин; 3 — циклогексен + *n*-метилгваякол; 4 — циклогексен- *n*-метилгваякол +  $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ ; 5 — циклогексен-пирокатехин +  $\text{CuCl}_2$ ; 6 — циклогексен-фенол +  $\text{CuCrO}_4 \cdot 2\text{CuO} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ; 7 — циклогексен-фенол.

Из рис. 1—5 также видно, что соединения металлов действуют по-разному на процесс ингибированного окисления циклогексена. Так, окиси и двуокиси металлов  $\text{CuO}$ ,  $\text{PbO}_2$ ,  $\text{MoO}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , а также соли металлов высших кислот, такие как  $\text{Mg}_3(\text{C}_6\text{O}_7\text{H}_5)_2 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$ , практически не влияют на этот процесс. Другие соединения металлов, такие как  $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ ,  $\text{CuCl}_2$ ,  $\text{CuCrO}_4 \cdot 2\text{CuO} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Co}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ , ярко проявляют свое действие по отношению к процессу ингибированного окисления циклогексена. Добавка этих соединений (в количестве 0,2—0,1 г) в циклогексен, где находится присадка ингибитора-фенола, действует так, что последний прекращает свое действие как ингибитор. Это видно из рис. 1—5. Добавки же этих соединений металлов в чистый циклогексен практически не нарушают кинетику окисления, что установлено дополнительными опытами.

Что же произошло с фенолом-ингибитором и почему с введением солей металлов низших кислот и их сплавов он перестал действовать как ингибитор? Очевидно, в данном случае указанные соединения металлов ведут себя по отношению к изученным фенолам как катализаторы.

Из электронной теории катализа [1] известно, что химическая адсорбция происходит в тех случаях, когда свободный электрон, или «дырка», реагирует на поверхности с молекулой из какой-либо фазы (такую адсорбцию называют адсорбцией акцепторного или донорного характера). В нашем случае донором, очевидно, является исходный фенол-ингибитор, а акцептором — соединение переходных металлов.

Как указано в одной из работ [4], обратимая хемосорбция и катализ возможны в случае переходных металлов, в которых атомные ядра имеют незаполненные *d*-оболочки, способные участвовать в образовании координационных связей. Наполовину заполненная *d*-орбиталь с неспаренным электроном действует как «свободная валентность» и благоприятствует реакции с радикалами.

Механизм ингибированного окисления углеводов определяется радикальными реакциями [8], и в первой стадии идет образование феноксильных радикалов, которые могут захватываться свободной валентностью металла. Этот механизм действия соединений металлов

на ингибитор в процессе ингибированного окисления углеводов, очевидно, наиболее вероятен. Но, с другой стороны, может происходить химадсорбция фенолов за счет передачи пары электронов акцептору металла; при этом образуются промежуточные продукты реакции, которые удерживаются на катализаторе определенными связями. Но в том и другом случае происходит явление катализа, фенол-ингибитор отдает электроны, металл их принимает, окисляясь, и образуется каталитический комплекс из промежуточных продуктов. Этот комплекс теперь уже является донором свободных электронов. Мы полагаем, что такой акцептор, как кислород, позволит при определенных условиях воздействовать на образованный каталитический комплекс металл — фенол с разрушением его и получением продуктов каталитической реакции. Этот принцип, очевидно, лежит в основе каталитических превращений фенолов.

Таким образом, некоторые соединения металлов в процессе ингибированного окисления углеводов являются каталитически активными по отношению к фенолам-ингибиторам. Каталитическая активность соединений металлов проявляется в связывании их с фенолами в каталитический комплекс, что лишает исходный фенол-ингибитор возможности участвовать в реакции ингибирования углеводов в процессе их окисления. Наблюдаемое отрицательное действие металлов на стабильность крекинг-бензинов, как указано в ряде работ [2], [3], [6], [7], также, очевидно, связано с явлением каталитического действия соединений металлов по отношению к фенолам-ингибиторам.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Волкенштейн Ф. Ф. Электронная теория катализа на полупроводниках. М., Физматгиз, 1960. [2]. Гуреев А. А., Саблина З. А. Влияние металлов на окисление топлив, содержащих непредельные углеводороды. — «Азербайджанское нефтяное хозяйство», 1955, № 5, с. 26. [3]. Гуреев А. А., Саблина З. А. ДАН СССР, 3, № 1, 1956, с. 110. [4]. Жермен Д. Ж. Каталитические превращения углеводов. Перевод с английского. М., «Мир», 1972, с. 308. [5]. Лосиков Б. В., Рубинштейн И. А., Соболев Е. П. Метод исследования кинетики окисления и термоокислительной стабильности нефтепродуктов. — «Химия и технология топлив и масел», 1960, № 7, с. 47. [6]. Миндлин Р. С. Эксплуатационные испытания автомобильного бензина. Гострансиздат, 1934, с. 78. [7]. Третьяков П. П. Исследование стабильности ингибиторного крекинг-бензина при хранении. — «Нефтяное хозяйство», 1939, № 10—11, с. 32. [8]. Эмануэль Н. М. Кинетика и механизм цепных реакций жидкофазного окисления. Изв. АН СССР, сер. хим., 1974, № 5, с. 1056—1072.

Поступила 29 апреля 1975 г.

УДК 547.458.81

## ПОЛУЧЕНИЕ СУЛЬФАТНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ДЛЯ АЦЕТИЛИРОВАНИЯ ИЗ «АРБОРИЦИДНОЙ» ДРЕВЕСИНЫ

Л. М. КИРПИЧЕВА, М. И. ЧУДАКОВ, Г. П. САННИКОВ

Ленинградский технологический институт ЦБП  
СевНИИ гидротехники и мелиорации

Изучены качественные показатели предгидролизных сульфатных целлюлоз, полученных из древесины березы, осины, ольхи и смеси этих пород, отмершей после обработки арборицидами. Проведена отбелка небеленых образцов, пробное ацетилирование и определено качество получаемых ацетатов.

Изучение химического состава лиственной древесины с различными сроками ожидания после обработки арборицидами показало, что

по мере естественного распада происходят изменения компонентов древесины, которые, несомненно, окажут заметное влияние при получении из нее целлюлозы. Предгидролизная сульфатная варка дает возможность получать мягкие, хорошо белимые целлюлозы, которые применяют как для химической переработки, так и для выработки высококачественных бумаг.

Древесина лиственных пород имеет по сравнению с хвойными более короткое волокно, поэтому наиболее целесообразно использовать ее при получении целлюлозы для химической переработки. Из химических волокон на основе целлюлозы наибольшее применение нашли ацетилцеллюлоза и вискозное волокно.

Цель нашего исследования — изучить возможность получения из древесины осины, березы, ольхи и смеси этих пород, обработанной арборицидами со сроком ожидания от 3 до 41 месяца, высокооблагодороженной предгидролизной сульфатной целлюлозы для ацетилирования и определить реакционную способность полученных целлюлоз.

Известно, что древесина лиственных пород уже с раннего возраста (20—30 лет) заражена грибами. Ранее было показано, что обработка арборицидами стимулирует развитие гнили. Поэтому вопрос о влиянии продолжительности ожидания после обработки арборицидами может быть представлен как вопрос о влиянии степени гниения древесины.

Режим предварительного гидролиза и сульфатной варки был отработан на контрольных образцах. Водный гидролиз древесины проводили при температуре 165°C в течение 2 ч. Продолжительность сульфатной варки составляла 4,5 ч, температура 165°C, расход активной щелочи на варку — 25% в ед. NaOH от веса гидролизованной щепы при сульфидности варочного щелока 25%.

При варке древесины березы и ольхи, обработанных арборицидами со сроком ожидания 24—27 месяцев, для получения степени провара, близкой к контрольным образцам, расход активной щелочи был увеличен до 27% в ед. NaOH. Возрастание срока ожидания до 41 месяца вызвало необходимость дальнейшего увеличения расхода щелочи до 27% в ед. NaOH при варке осины и до 29% в ед. NaOH при варке ольхи и смеси древесных пород.

Изучение качественных показателей небеленых целлюлоз (табл. 1) показало, что применение соответствующих режимов дает возможность получить из древесины, обработанной арборицидами со сроком ожидания до 27 месяцев, хорошо делигнифицированную целлюлозу с большим содержанием альфа-целлюлозы, высокой вязкостью и степенью полимеризации. Увеличение срока ожидания до 41 месяца, вызывающее, как было показано ранее, появление в древесине гнили III стадии, приводит при равной жесткости к снижению выхода продуктов делигнификации, к уменьшению вязкости и содержания альфа-целлюлозы по сравнению с контрольными образцами, что подтверждает интенсивное разрушающее действие грибов на целлюлозу на этой стадии гниения. Данные варок также показали большую стойкость древесины осины к биологическому распаду по сравнению с другими лиственными породами.

Результаты исследований позволили установить, что древесина, содержащая гниль III стадии (после обработки арборицидами со сроком ожидания 41 месяц), непригодна для получения целлюлозы для ацетилирования путем предгидролизной сульфатной варки.

Образцы небеленой целлюлозы отбеливали по следующей схеме: I хлорирование — щелочная промывка — II хлорирование — щелочная промывка — I добелка двуокисью хлора — щелочная промывка — II добелка двуокисью хлора — кислотка.

В схему отбелики целлюлозы из березы, ольхи и смеси была включена стадия холодно-горячего облагораживания с целью уменьшения содержания пентозанов (береза и смесь) и увеличения содержания альфа-целлюлозы (ольха и смесь) до требуемых в беленой целлюлозе пределов.

Таблица 1

Порода древесины	Срок ожидания, месяцы	Жесткость, перманганатные единицы	Содержание, %		Вязкость 1%-го медно-аммиачного раствора, мП	Выход, %	
			альфа-целлюлозы	пентозанов		Степень полимеризации	
Береза	3	53	96,4	3,30	2130	33,0	
	3	—	97,2	1,86	670	890,0	
	12	52	96,4	3,31	1990	33,0	
	12	—	97,2	1,83	630	970,0	
	15	49	96,5	3,30	1720	32,5	
	15	—	96,8	1,60	630	1050,0	
	24	83	95,7	3,50	3025	37,5	
	24	—	97,7	1,85	505	1040,0	
	27	53	95,8	3,70	2640	35,0	
	27	—	96,5	1,83	710	1100,0	
	41	44	92,5	3,30	619	29,0	
	—	—	—	—	—	—	
	Контроль	37	97,5	3,30	1990	33,0	
	—	—	96,8	1,76	750	1050,0	
Осина	3	51	96,6	1,61	1280	38,5	
	3	—	96,6	1,64	660	1000,0	
	12	62	97,0	1,81	1700	38,0	
	12	—	96,6	1,80	940	1150,0	
	15	26	97,9	1,50	1010	38,0	
	15	—	97,3	1,52	680	930,0	
	24	42	97,4	2,03	1950	40,0	
	24	—	97,5	1,81	500	1130,0	
	27	77	96,8	2,70	2200	42,0	
	27	—	96,6	2,05	700	1080	
	41	44	95,2	2,20	810	36,0	
	—	—	—	—	—	—	
	Контроль	41	97,1	1,60	1350	40,2	
	—	—	97,0	1,75	670	930	
Ольха	24	75	94,9	2,21	2950	34,5	
	24	—	96,4	2,21	670	1000,0	
	27	80	94,3	2,12	2750	34,5	
	27	—	96,3	2,13	620	910,0	
	41	60	93,0	—	633	32,5	
	—	—	—	—	—	—	
	Контроль	69	94,0	1,87	3000	34,5	
	—	—	96,4	1,82	780	1000,0	
Смесь 1:1:1	24	70	94,5	2,75	1310	33,5	
	24	—	96,4	1,77	650	1010,0	
	27	77	95,0	2,50	1530	33,0	
	27	—	96,1	1,69	630	930,0	
	41	47	93,8	—	712	33,0	
	—	—	—	—	—	—	
	Контроль	71	94,8	3,15	1400	33,0	
—	—	96,5	1,70	620	930,0		

Примечание. В числителе данные для небеленых целлюлоз; в знаменателе— для беленых целлюлоз.

Анализ качественных показателей целлюлозы в процессе отбелки и конечного продукта (табл. 1) показал, что срок ожидания до 27 месяцев и, следовательно, наличие в древесине гнили I и II стадий, не сказывается на поведении целлюлозы в процессе отбелки. Полученные образцы имеют близкие качественные показатели, удовлетворяющие следующим требованиям, предъявляемым к целлюлозе для ацетилирования: содержание альфа-целлюлозы — не менее 95,6%; пентозанов — не более 2,10%; вязкость 400—600 мП; степень полимеризации — 700—1400.

На основании проведенных исследований для определения реакционной способности при ацетилировании были выбраны образцы целлюлозы, полученные из древесины со сроком ожидания после обработки 15 и 27 месяцев. Для сравнения проводили ацетилирование контрольных образцов.

При проведении ацетилирования оказалось, что независимо от срока ожидания все целлюлозы имеют близкую степень этерификации. Однако выход триацетата у обработанных целлюлоз тем меньше, чем больше срок ожидания после обработки (табл. 2).

Таблица 2

## Ацетилирование целлюлозы и свойства триацетатных сиропов

Порода древесины	Срок ожидания, месяцев	Быстрый метод ацетилирования		Ацетилирование в сосуде Дьюара			
		Степень этерификации, %	Выход триацетата, %	Продолжительность ацетилирования, мин	Вязкость, П	Фильтруемость, с	Прозрачность, см
Береза	15	59,8	157	—	—	—	—
	27	59,5	150	17	210	340	41
	Контроль	60,1	165	—	—	—	—
Осина	15	60,2	162	—	—	—	—
	27	59,7	150	15	175	580	56
	Контроль	60,3	163	—	—	—	—
Ольха	27	59,7	151	15	190	460	54
	Контроль	60,1	167	—	—	—	—
Смесь	27	60,1	150	15	180	450	52
	Контроль	60,0	163	16	190	470	54

Показано, что наибольшей реакционной способностью обладает целлюлоза из древесины осины, наименьшей — из древесины березы. При увеличении срока ожидания до 27 месяцев значительного снижения реакционной способности целлюлозы не было замечено.

## ЛИТЕРАТУРА

- Ш. Аким Э. Л., Перепечкин Л. П. Целлюлоза, ацетилцеллюлоза, ацетатное волокно. М., «Лесная промышленность», 1964. [2]. Кирпичева Л. М., Чудаков М. И., Санников Г. П. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1975, № 6. [3]. Malm K. — «Svensk Papperstidning», v. 64, 1961, № 20, с. 740—741.

Поступила 12 сентября 1973 г.



УДК 547.458.8

## ОБРАЗОВАНИЕ АЛЬДОНОВЫХ КИСЛОТ В УСЛОВИЯХ БИСУЛЬФИТНОЙ ВАРКИ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

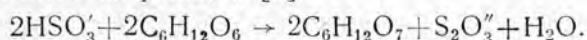
Е. А. ПИСАРЕВСКАЯ, Ж. К. РОМАНЕНКО, Р. К. БОЯРСКАЯ,  
Ю. Н. НЕПЕНИН

Ленинградская лесотехническая академия, ВНИИБ

Количественный состав окисления моносахаридов в условиях бисульфитной варки древесины проведен с помощью метода ионообменной жидкостной хроматографии. Показано, что основная часть образовавшихся альдоновых кислот приходится на ранние стадии варки. Арабиноза и галактоза разрушаются в большей степени, чем другие моносахариды.

Известно, что содержание редуцирующих веществ в отработанных сульфитных щелоках не соответствует количеству гидролизованных и перешедших в раствор углеводов.

Одна из причин разложения значительных количеств сбраживаемых сахаров при сульфитной варке — окисление моносахаридов в альдоновые кислоты по реакции [4]



Рядом исследователей [9] показано, что пентозы легче, чем гексозы, окисляются ионом бисульфита и что степень окисления моносахаридов связана с очередностью их появления в сульфитном щелоке в процессе варки. Однако условия варочного процесса (рН варочного раствора, концентрация бисульфит-иона, температура и т. д.) также определяют скорость реакции окисления углеводных компонентов древесины [2]. В работе [8] показана динамика превращения моносахаридов в соответствующие альдоновые кислоты при сульфатной варке.

При бисульфитной варке гидролиз полисахаридов идет в значительно меньшей степени из-за более высокого значения рН бисульфитного раствора (рН = 4 ÷ 4,5). В то же время на процесс окисления альдоз указывает достаточно высокое содержание тиосульфата в отработанном щелоке.

В настоящей работе проведен количественный анализ разрушения моносахаридов с образованием альдоновых кислот на разных стадиях бисульфитной варки ели.

Для количественного определения содержания альдоновых кислот как продуктов окисления углеводов нами использован метод жидкостной ионообменной хроматографии, разработанный Самуэльсоном [7], [8] и освоенный с применением отечественных ионитов (КУ-2 и АВ-17) Ю. Г. Бутко и Э. И. Гермером [1]. По этому методу с помощью анионообмена из водно-спиртового раствора декатионированного щелока альдоновые кислоты вместе с сахарами сорбируются на сильно основной смоле в сульфат-бисульфатной форме. Хроматографическое разделение альдоновых кислот основано на образовании полигидроксильными соединениями боратных комплексов различной устойчивости и последующем их разрушении.

Бисульфитную варку еловой древесины с кислотой на Na-основании (состав: всей  $\text{SO}_2$  — 4%; связанной  $\text{SO}_2$  — 2%) при рН = 4,5 и гидромодуле 5 : 1 проводили по следующему температурному графику: подъем до 160°C — 3 ч, стоянка на 160°C — 3 ч. Чтобы проследить, как происходит процесс гидролиза и окисления углеводов, анали-

зировали твердые остатки и образцы щелока сразу после подъема на конечную температуру (образец 1), через 1 ч выдержки на 160°C (образец 2), через 2 ч (образец 3), через 3 ч (образец 4).

Характеристика исходных щелоков приведена в табл. 1. Инверсию щелока проводили 2%-ной серной кислотой в течение 3 ч.

Таблица 1

Характеристика щелоков	Исходный варочный раствор	Образцы			
		1	2	3	4
pH	4,5	4,2	3,7	3,5	3,4
Связанная SO <sub>2</sub> , %	2,04	1,85	1,59	1,24	1,08
S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>2-</sup> в ед. SO <sub>2</sub> , %	—	0,10	0,16	0,27	0,40
PВ до инверсии, %	—	0,11	0,29	0,58	0,90
после инверсии, %	—	—	0,72	1,50	1,85

В табл. 2 показан (в процентах) углеводный состав гидролизатов исходной древесины и твердых остатков на разных стадиях бисульфитной варки. Условия проведения полного гидролиза взяты из методики [3]. Углеводный состав определяли методом тонкослойной хроматографии (ТСХ) [6].

Таблица 2

Углеводный состав	Исходная древесина	Образцы			
		1	2	3	4
Ксилоза	5,54	5,06	3,16	2,17	1,85
Арабиноза	1,10	0,47	—	—	—
Манноза	10,40	10,30	8,30	4,11	2,56
Глюкоза	49,20	49,08	47,35	44,90	42,20
Галактоза	1,75	1,61	1,18	—	—
Выход	100,0	97,10	85,50	66,30	54,00

Известно, что гидролиз и окисление углеводов возрастают с увеличением времени варки и степени провара целлюлозы. Поэтому, чтобы иметь образцы с одной и той же оптимальной концентрацией окисленных моносахаридов, для анализа были взяты следующие количества исходных щелоков: щелок № 1 — 80 мл; № 2 — 60 мл; № 3 — 40 мл; № 4 — 20 мл. Перед анализом первые три щелока упаривали под вакуумом при температуре 25° до объема 20 мл.

Техника анионообмена и хроматографического разделения альдоновых кислот подробно описана в работах [1], [7], [8]. Анализ элюента проводили объемным методом с помощью окисления бихроматом калия. Этот метод дает возможность определить концентрацию альдоновых кислот, так как окисление последних бихроматом до CO<sub>2</sub> и воды происходит количественно. По данным анализа строили хроматограммы или кривые элюирования, выражающие зависимость концентрации разделяемых веществ или величины, пропорциональной концентрации (объем раствора K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) от объема элюата.

На хроматограммах разделяемые альдоновые кислоты давали характерные пики элюирования (рис. 1), которые были идентифицированы путем сравнения с результатами, полученными Самуэльсоном [8].

Дополнительно глюконовая и галактоновая кислоты качественно обнаруживали методом ТСХ на закрепленном слое силикагеля [5].

В табл. 3 приведено содержание альдоновых кислот в образцах щелока с разных стадий варки.

В табл. 4 количество альдоновых кислот показано в пересчете на соответствующие моносахариды для того, чтобы можно было подсчитать процент превращения (окисления) последних. В этих расчетах не учитывали возможность разложения альдоновых кислот.

В табл. 5 дано суммарное содержание альдоновых кислот в конечном щелоке (образец № 4) в процентах от количества как содер-

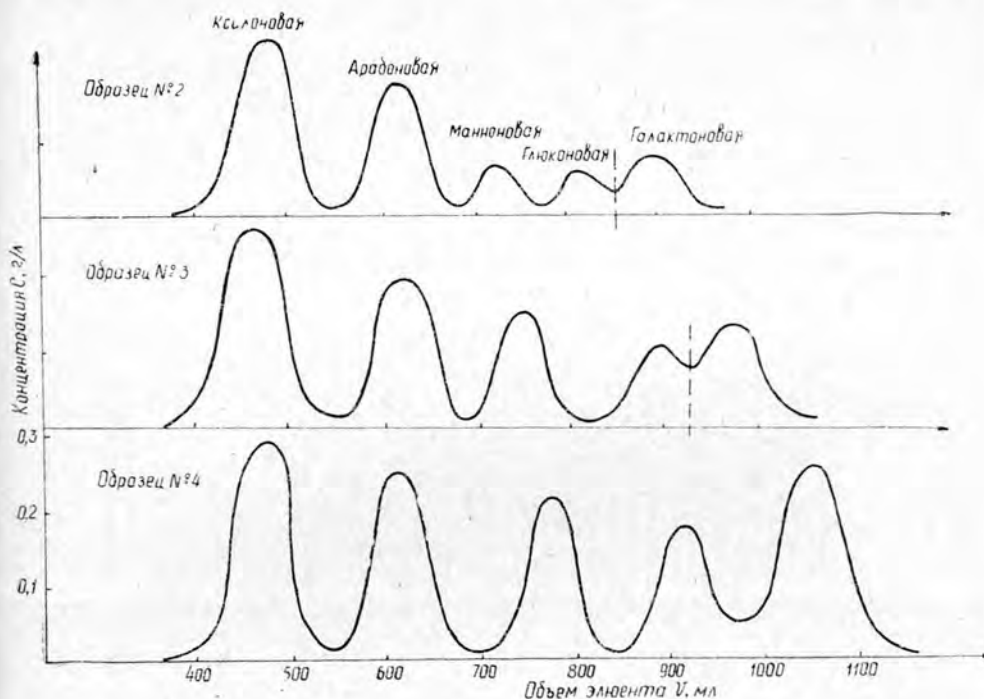


Рис. 1. Хроматограммы альдоновых кислот в щелоках с разных стадий бисульфитной варки.

Таблица 3

№ образца	Содержание альдоновых кислот, г/л							Σ пентоновых кислот: Σ гексоновых кислот
	Ксилоновая	Арабиновая	Σ пентоновых кислот	Манноновая	Глюконовая	Галактоновая	Σ гексоновых кислот	
1	Следы	Следы	—	—	—	—	—	—
2	0,76	0,55	1,31	0,12	0,09	0,34	0,55	1,86
3	0,92	0,61	1,53	0,38	0,27	0,62	1,22	2,75
4	1,14	0,80	1,94	0,73	0,54	1,08	2,35	4,29

жащихся в древесине углеводов, так и гидролизовавшихся и перешедших в раствор.

В образце № 1 не удалось количественно определить содержание альдоновых кислот (на рис. 1 кривая элюирования для этого образца отсутствует). Это объясняется очень низкой концентрацией растворенных гемицеллюлоз (выход «целлюлозы» 97,1%).

В образцах № 2, 3 и 4 удалось найти все пять альдоновых кислот; лучшее разделение глюконовой и галактоновой кислот было получено для образца № 4.

Как видно из данных табл. 3 и 4, на ранних стадиях бисульфитной варки альдоновые кислоты в значительно большей степени образуются из пентоз, чем из гексоз. Концентрация ксилоновой и арабиновой кислот в 2,4 раза больше, чем гексоновых альдоновых кислот. Это объясняется большей скоростью растворения ксилана и арабана в процессе варки (табл. 2). Уже на ранних стадиях варки твердые остатки не содержали арабинозы, значит она вся перешла в раствор.

Таблица 4

Сахара	№ образца щелоча	Общее количество растворенных углеводов	Прирост количества растворенных углеводов за 1 ч варки при 160°C	Общее количество альдоновых кислот в пересчете на моносахариды, образовавшиеся на данном этапе варки	Прирост содержания альдоновых кислот в пересчете на моносахариды, образовавшиеся за 1 ч варки при 160°C	Общее содержание углеводов за вычетом окисляющихся	% окислившихся углеводов от общего содержания их в растворе
Ксилоза	1	0,48	0,48	Следы	—	0,48	—
	2	2,38	1,90	0,34	0,34	2,38	14,3
	3	3,37	0,99	0,41	0,07	3,03	2,3
	4	3,69	0,32	0,51	0,10	3,28	3,1
Арабиноза	1	0,63	0,63	Следы	—	0,63	—
	2	1,10	0,47	0,25	0,25	1,10	22,8
	3	1,10	—	0,28	0,03	0,85	3,5
	4	1,10	—	0,36	0,08	0,82	9,7
Манноза	1	0,10	0,10	—	—	0,10	—
	2	2,10	2,00	0,06	0,06	2,10	2,9
	3	6,29	4,19	0,18	0,12	6,23	1,9
	4	7,84	1,55	0,34	0,16	7,66	2,1
Глюкоза	1	0,12	0,12	—	—	0,12	—
	2	1,85	1,73	0,04	0,04	1,85	2,2
	3	4,30	2,45	0,12	0,08	4,26	1,9
	4	7,00	2,70	0,25	0,13	6,88	1,9
Галактоза	1	0,14	0,14	—	—	0,14	—
	2	0,57	0,43	0,16	0,16	0,57	28,1
	3	1,75	1,18	0,29	0,13	1,59	8,2
	4	1,75	—	0,45	0,16	1,46	11,0

Таблица 5

Сахара	Количество растворенных углеводов, % от общего содержания в древесине	Содержание альдоновых кислот (в пересчете на моносахариды), %	
		от содержания в древесине	от количества растворенных углеводов
Ксилоза	3,69	0,51	13,8
Арабиноза	1,10	0,36	32,7
Манноза	7,84	0,34	4,3
Глюкоза	7,00	0,25	3,6
Галактоза	1,75	0,45	25,7
Итого	21,38	1,91	8,9

Ксилоза также почти полностью растворилась. Кроме того, более высокую концентрацию пентоновых кислот можно объяснить более легкой трансформацией пентоз в альдоновые кислоты, чем гексоз [9]. Следовательно, скорость растворения и окисления на ранних стадиях варки у пентоз больше, чем у гексоз. С увеличением времени варки и степени провара целлюлозы количество гексоновых альдоновых кислот в щелочке возрастает (образец № 3). Из моносахаридного состава твердого остатка на этой стадии варки видно, что наряду с полным отсутствием арабинозы образец совсем не содержит галактозы; количество же маннозы в нем также уменьшилось вдвое. По-видимому, к этому времени произошло почти полное растворение легкого гидролизующего гелицеллюлозы.

Несмотря на то, что в процессе варки рН снижается, скорость удаления гемицеллюлоз из древесины к концу варки уменьшается (образец № 4, табл. 4). Однако степень окисления гексоз по мере их растворения возрастает. Содержание манноновой кислоты удваивается. К концу варки арабинозные единицы, присутствующие в древесине, на 32,7% превращаются в арабовую кислоту; галактозные — на 25,7% (табл. 5). Показатели для других кислот значительно ниже.

Таким образом, в условиях бисульфитной варки арабиноза и галактоза окисляются в большей степени, чем другие моносахариды. Наибольшую устойчивость к окислению проявляют манноза и глюкоза. Общее количество окисленных моносахаридов от гидратизованных и перешедших в раствор составляет 8,9%.

#### ЛИТЕРАТУРА

11. Бутко Ю. Г., Гермер И. Э., Маркушевская Г. П., Ухина А. В. Некоторые вопросы химизма кислой сульфитной и бисульфитной варки целлюлозы. — «Химия древесины», 1975, с. 55—59. 12. Сапотницкий С. А., Глущенко А. В., Егорова Э. А. Освобождение сахаров сульфитного шелока из бисульфитных соединений. — «Гидролизная и лесохимическая промышленность», 1959, № 7, с. 8. Samuelson O., Schön N., Edlund D. Fermentable Sugar in Ammonium and Calcium Bisulphite Pulp and Ethanol Production Therefrom. — «Sv. pap. tidn.», 1955, 58, Nr. 22, 825. Samuelson O., Schön N. Formation of Bound Nitrogen and Destructin of Sugar in Ammonium Bisulphite Pulp. — «Sv. pap. tidn.», 1955, 58, Nr. 24, 894. 13. Шарков В. И., Куйбина Н. И., Соловьева Ю. П. Количественный химический анализ растительного сырья. М., «Лесная промышленность», 1968. 14. Hägglund E. Über den Einfluß von Kohlehydraten auf die Stabilisierung der Bisulphitlösungen. — «Ber.», 1929, 62, 437; «Ber.», 1930, 63, 1387. 15. Hay G., Lewis B., Smith F. Thin-film chromatography in the study of carbohydrates. — «J. Chromatogr.», 1963, Nr. 11, 479. 16. Krause Th., Teubner H. Dünnschichtchromatographische Trennung und quantitative Bestimmung von Zuckern aus Zellstoffhydrolysaten. — «Holzforsch.», 1973, 27, Nr. 4, 123. 17. Samuelson O., Lundquist K. I., Parck C. Separation of Aldonic Acids by Ion Exchange Chromatography. — «Sv. pap. tidn.», 1958, 61, Nr. 24, 1043. 18. Samuelson O., Simonson R. An Ion Exchange Method for the Determination of Acids in Sulphite Waste Liquor. — «Sv. pap. tidn.», 1962, 65, Nr. 9, 363. Samuelson O., Simonson R. The Formation of Aldonic Acids during Acids Sulphite Cooking. — «Sv. pap. tidn.», 1962, 65, Nr. 18, 685. 19. Schön N. Kinetics of the Formation of Thiosulphate Polythionates and Sulphite by the Thermal Decomposition of Sulphite Cooking Liquors. — «Sv. pap. tidn.», 1962, 65, Nr. 19, 729. Samuelson O. Über den Abbau von Kohlenhydraten bei der Zellstoffherstellung. — «Das Papier», 1962, 16, Nr. 10a, 512. Sundman J. Sockerutlösningen vid sulphicellulosakoket. — «Papperi ja Puu», 1950, 32, Nr. 9, 267.

Поступила 10 июня 1975 г.

УДК 634.0.813

### КИНЕТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОЦЕССА ЩЕЛОЧНОЙ ДЕЛИГНИФИКАЦИИ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ

Б. Д. БОГОМОЛОВ, О. М. СОКОЛОВ, Л. С. ЧУДИНОВА

Архангельский лесотехнический институт

С использованием ЭВМ разработана методика расчета и определены энергия активации и константа скорости реакции процесса делигнификации при щелочных варках по однопорядковым графикам на основе уравнений реакций I и II порядков.

Многие исследователи [3], [5], [8—11] считают, что делигнификация древесины при щелочных варках протекает в соответствии с уравнением скорости реакции I порядка. Другие авторы [4], [6], [7] утверждают, что процесс щелочной делигнификации подчиняется уравнению реакции II порядка. Известны также исследования, когда кинетику процесса делигнификации описывают уравнением реакции

Таблица 1

Варки	Температура варок, °С	Порядок реакции делигнификации	Энергия активации процесса делигнификации, ккал/г-моль	Авторы
Лабораторные	150—180	I	6,7—34,3	Ю. Н. Непенин [3]
Скоростные варки при повышенных температурах натронные	165—195	I	22,6—35,0	Далески [8]. [9]
сульфатные	165—195	I	27,6—28,4	Клайнерт [10] Ю. Н. Непенин, И. С. Шульман [4]
Сульфатные варки ели	110—187	I	32,2	
" " сосны	170—200	II	35,2	Балгар, Борншек [6]
Натронные и сульфатные варки ели	120—160	II	41,6	Вильсон, Проктер [11]
Щелочные варки западной тсуги натронные	140—180	I	31,0	
сульфатные	140—180	I	32,0	

дробного порядка [2]. В табл. 1 приведены некоторые данные по изучению кинетики щелочной делигнификации.

В настоящей работе исследованы кинетические параметры щелочной делигнификации древесины сосны по данным варок, проведенных по однотипным графикам.

Для варок использовали сосновые неэкстрагированные опилки размером 0,5—3,0 мм. Варки проводили при температурах 100, 120, 140, 160, 170, 180°С при концентрации варочного щелока 50 г/л (в ед. едкого натра) с сульфидностью 0, 10, 20 и 30% при гидромодуле 5 и 6 по следующему режиму: разогрев до заданной температуры 1 ч; варка при максимальной заданной температуре 3 ч. Варки осуществляли в автоклавах-ампулах емкостью 300 мл. Автоклавы обогревали на глицериновой бане. По окончании варок определяли выход сваренной массы и содержание в ней лигнина.

Для вычисления кинетических констант на основании данных варок по однотипным графикам были использованы уравнения (1) и (2) соответственно для реакций I и II порядков

$$\ln \frac{a_0}{a_x} = K_0 \cdot e^{-\frac{E}{R} \cdot \frac{1}{T}} \cdot (t_b + t'_0); \quad (1)$$

$$\ln \frac{a_0 - a_x}{a_0 \cdot a_x} = \ln K_0 \cdot (t_b + t'_0) - \frac{E}{R} \cdot \frac{1}{T}, \quad (2)$$

где  $a_0$  — начальная концентрация лигнина в исходной древесине, %;  $a_x$  — концентрация лигнина в массе после варки, % от исходной древесины;

$K_0$  — предэкспоненциальный множитель, ч<sup>-1</sup> (в уравнении I порядка) и 1/%·ч (в уравнении II порядка);

$E$  — эффективная энергия активации, кал/г-моль;

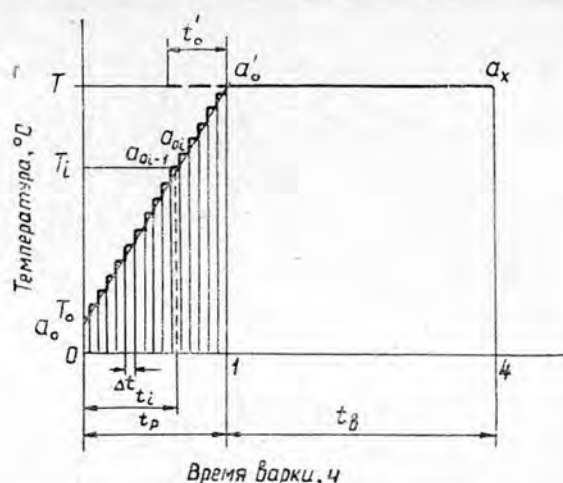
$R$  — газовая постоянная, кал/г-моль·°К;

$t'$  — время варки при максимальной температуре, эквивалентное времени разогрева от начальной до максимальной заданной температуры варки, ч;

$t_b$  — время варки при максимальной температуре, ч;

$T$  — максимальная температура варки, °К.

Рис. 1.



При выводе этих уравнений принимали, что процесс делигнификации подчиняется уравнению Аррениуса, а период времени разогрева (1 ч) от начальной температуры варки до заданной максимальной приводили к периоду времени  $t'_0$ , за которое при максимальной температуре растворилось бы такое же количество лигнина, как и за стадию разогрева при переменной температуре.

Если стадию разогрева разделить на достаточно малые отрезки времени  $\Delta t$ , то можно принять, что температура на этих отрезках времени постоянна. Количество лигнина, растворенное за стадию разогрева, можно представить как сумму количеств лигнина, растворенных за все отдельные промежутки времени  $\Delta t$  при средней температуре  $T_i$ , соответствующей каждому  $\Delta t$ .

Графически это поясняется рис. 1, на котором обозначено:

- $a'_0$  — концентрация лигнина в массе после стадии разогрева, %;
- $a_{0i}$  — концентрация лигнина на стадии разогрева в момент времени  $t_i$  при температуре  $T_i$ , %;
- $T_0$  — начальная температура варки, °K;
- $T_i$  — температура на стадии разогрева в любой момент времени,  $t_i$ , °C;
- $t_p$  — время разогрева от начальной до максимальной температуры, варки, ч.

На основании этих предпосылок для уравнения I порядка

$$t'_0 = \frac{\int_0^1 e^{-\frac{E}{R} \cdot \frac{1}{T_0 + (T - T_0) \cdot t}} \cdot dt}{e^{-\frac{E}{R} \cdot \frac{1}{T}}} \quad (3)$$

Для уравнения II порядка  $t'_0$  определяли при решении соответствующей программы на ЭВМ.

Для каждой из температур, при которых были проведены варки, можно записать уравнения (1) и (2). Таким образом были получены системы из шести уравнений, когда кинетические параметры определяли для варок в интервале температур 100—180°C, и из трех или четырех уравнений, когда параметры вычисляли для отдельных стадий варок. Полученные системы уравнений решали на ЭВМ «Проминь-2».

Насколько точно реакция делигнификации описывается приведен-

Т а б л и ц а 2

Интервал температур, °С	Сульфидность, %	$\frac{E, \text{ кал}}{\text{г-моль}}$	$K_0, \frac{1}{\text{ч}^{-1} \text{ или } \frac{1}{\% \text{ч}}}$	$\sigma$
Гидромодуль варок 5				
100—180	0	13600	$0,3397 \cdot 10^7$	1,75
	0	21300	$0,3364 \cdot 10^{10}$	3,20
	10	13800	$0,5559 \cdot 10^7$	1,56
	10	23600	$0,8642 \cdot 10^{11}$	3,12
	20	13700	$0,5214 \cdot 10^7$	1,08
	20	22900	$0,4223 \cdot 10^{11}$	2,54
	30	13200	$0,3128 \cdot 10^7$	0,88
30	23600	$0,1166 \cdot 10^{12}$	2,26	
Гидромодуль варок 6				
100—180	0	11368	$0,28806 \cdot 10^8$	2,76
	0	19690	$0,76959 \cdot 10^9$	4,29
	10	13395	$0,38682 \cdot 10^7$	1,68
	10	23540	$0,10882 \cdot 10^{12}$	3,14
	20	14707	$0,1948 \cdot 10^8$	1,11
	20	25530	$0,13153 \cdot 10^{13}$	2,67
	30	13117	$0,31282 \cdot 10^7$	0,96
30	24040	$0,24199 \cdot 10^{12}$	2,27	
Гидромодуль варок 5				
100—140	0	8000	$0,2297 \cdot 10^4$	0,19
	0	9200	$0,4913 \cdot 10^3$	0,15
	10	8600	$0,6024 \cdot 10^4$	0,18
	10	10500	$0,3282 \cdot 10^4$	0,18
	20	10200	$0,5747 \cdot 10^5$	0,33
	20	12100	$0,3284 \cdot 10^5$	0,45
	30	10400	$0,8764 \cdot 10^5$	0,12
30	13500	$0,2121 \cdot 10^6$	0,30	
Гидромодуль варок 6				
100—140	0	(3418)	$0,82703 \cdot 10^4$	0,083
	0	(4070)	0,88259	0,072
	10	8345	$0,53793 \cdot 10^4$	0,30
	10	10330	$0,32958 \cdot 10^4$	0,21
	20	11038	$0,1721 \cdot 10^6$	0,28
	20	13610	$0,22581 \cdot 10^6$	0,44
	30	10481	$0,10227 \cdot 10^6$	0,13
30	13510	$0,25497 \cdot 10^6$	0,957	
Гидромодуль варок 5				
140—180	0	20000	$0,5210 \cdot 10^{10}$	0,39
	0	34900	$0,1304 \cdot 10^{17}$	0,87
	10	18500	$0,1097 \cdot 10^{10}$	0,53
	10	36800	$0,2996 \cdot 10^{15}$	0,06



Продолжение табл. 2

Интервал температур, °С	Сульфидность, %	$E$ , кал/г-моль	$K_0$ , ч <sup>-1</sup> или %/ч	$\sigma$
140—180	20	16400	$0,1159 \cdot 10^9$	0,57
	20	34200	$0,1652 \cdot 10^{17}$	0,19
	30	15800	$0,5945 \cdot 10^8$	0,50
	30	34200	$0,1937 \cdot 10^{17}$	0,18
Гидромуль варок 6				
140—180	0	20710	$0,13068 \cdot 10^{11}$	0,32
	0	37360	$0,40278 \cdot 10^{18}$	0,80
	10	18920	$0,22028 \cdot 10^{10}$	0,69
	10	38940	$0,47744 \cdot 10^{19}$	0,18
	20	17430	$0,43013 \cdot 10^9$	0,62
	20	38350	$0,29882 \cdot 10^{19}$	0,22
	30	15980	$0,83993 \cdot 10^8$	0,65
	30	36360	$0,33044 \cdot 10^{18}$	0,32

Примечание. В числителе результаты расчетов по уравнениям реакции I порядка; в знаменателе — II порядка.

ными уравнениями реакций I и II порядков судили по среднему квадратическому отклонению  $\sigma$  расчетных концентраций в сваренных массах от опытных.

Значения энергии активации  $E$ , предэкспоненциального множителя  $K_0$  и среднего квадратического отклонения  $\sigma$  для щелочных варок по однотипным графикам в разных интервалах температур приведены в табл. 2. Из данных этой таблицы видно, что процесс делигнификации в интервале температур 100—180°C более точно описывается уравне-

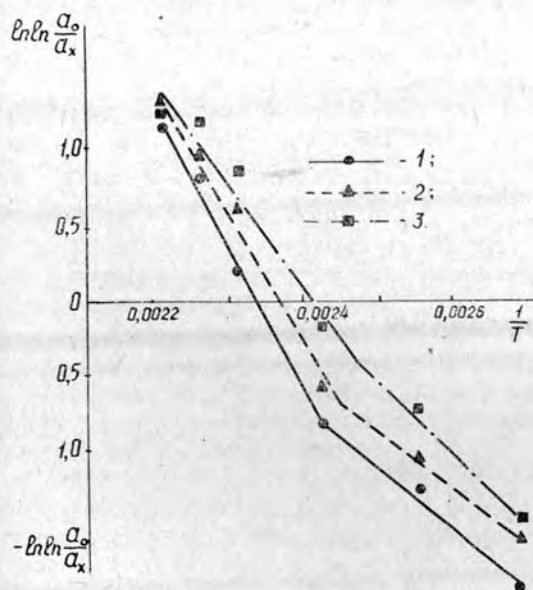


Рис. 2. Зависимость  $\ln \ln \frac{a_0}{a_x}$  от температуры варок по однотипным графикам (гидромуль 5).

1 — в натронных варках; 2 — в сульфатных с сульфидностью 10%; 3 — в сульфатных с сульфидностью 30%.

нием реакции I порядка с энергией активации порядка 13 000—14 000 кал/г-моль.

В литературе [1], [10], [11] имеются данные о том, что щелочная делигнификация древесины проходит в несколько стадий. Нами установлено, что процесс делигнификации лучше описывается двумя стадиями: в интервале температур 100—140°C и 140—180°C (рис. 2).

Сравнивая значения средних квадратических отклонений (табл. 2) для интервала температур 100—180° и для отдельных стадий варки, вычисленных на основе уравнений I и II порядков, можно отметить, что процесс делигнификации описывается этими уравнениями более точно при разделении варки на две стадии, причем для уравнения реакции II порядка получены меньшие значения  $\sigma$ .

Анализируя результаты расчетов по отдельным стадиям варки на основе уравнения II порядка, можно видеть, что на первой стадии при температуре 100—140°C величина энергии активации приблизительно в три раза меньше, чем на второй стадии с интервалом температур 140—180°C. Причем на первой стадии варки с увеличением сульфидности варочного щелока от 0 до 30% энергия активации возрастает приблизительно в 1,5 раза.

На основании рассчитанных величин энергии активации и предэкспоненциального множителя по уравнению Аррениуса были вычисле-

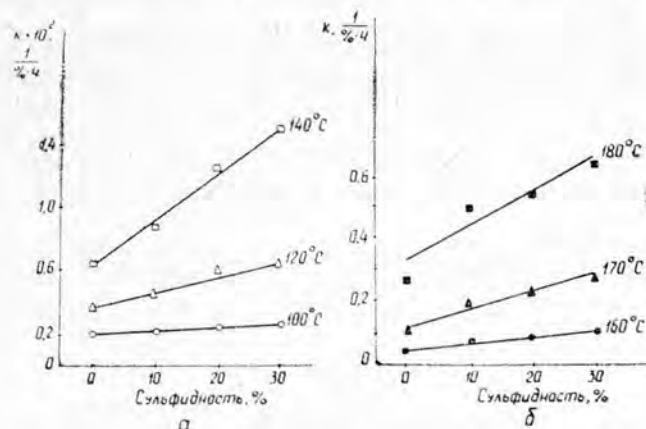


Рис. 3. Зависимость константы скорости реакции делигнификации от сульфидности варочного щелока в варках по однотипным графикам.

а — в интервале температур 100—140°C; б — в интервале температур 160—180°C.

Таблица 3

Температура на стадии варки, °C	Константы скорости реакции ( $\frac{1}{\% \cdot \text{ч}}$ ) в варках			
	натронных	сульфатных (сульфидность 10%)	сульфатных (сульфидность 20%)	сульфатных (сульфидность 30%)
Стадия 100—140°C				
100	$0,18925 \cdot 10^{-2}$	$0,22149 \cdot 10^{-2}$	$0,25946 \cdot 10^{-2}$	$0,25641 \cdot 10^{-2}$
120	$0,35715 \cdot 10^{-2}$	$0,45642 \cdot 10^{-2}$	$0,59621 \cdot 10^{-2}$	$0,64856 \cdot 10^{-2}$
140	$0,63342 \cdot 10^{-2}$	$0,87699 \cdot 10^{-2}$	$0,12646 \cdot 10^{-1}$	$0,14991 \cdot 10^{-1}$
Стадия 140—180°C				
140	$0,63294 \cdot 10^{-2}$	$0,93401 \cdot 10^{-2}$	$0,13531 \cdot 10^{-1}$	$0,15867 \cdot 10^{-1}$
160	$0,45024 \cdot 10^{-1}$	$0,74310 \cdot 10^{-1}$	$0,92572 \cdot 10^{-1}$	0,10855
170	0,11251	0,19560	0,22700	0,26619
180	0,26969	0,49284	0,53481	0,62714

ны константы скорости реакции делигнификации при варках по однотипным графикам в интервалах температур 100—180°C, 100—140°C и 140—180°C (табл. 3). Величины  $E$  и  $K_0$  рассчитаны на основе уравнения реакции II порядка (гидромуль варок 5).

По результатам табл. 3 построены графики зависимости констант скорости от сульфидности (рис. 3). Графики показывают, что константы скорости делигнификации возрастают как с повышением температуры варки, так и с увеличением сульфидности варочного щелока, причем влияние сульфидности усиливается с возрастанием температуры варки.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Косая Г. С., Лузина Л. И. — «Бумажная промышленность», 1961, № 3, с. 23—25. [2]. Косая Г. С., Иванова И. С., Карпова Е. В. — Сборник трудов ВНИИБа, вып. 53, 1967, с. 86—102. [3]. Непенин Ю. Н. Изучение кинетики щелочной варки древесины. ЛТА, 1952. [4]. Непенин Ю. Н., Шульман И. С. — «Cellul. Chem. and Technol.», 1967, 1: 346. [5]. Штрейс Г. Б., Никитин В. М. — «Химия древесины», № 2, Рига, 1968, с. 83—87. [6]. Balhar L., Borisek R. — «Sb. gzk. pr. odborn cellul. a. papr», 1967, 12, 34—40. [8]. Daleski E. J. — Tappi, 1965, 48, № 6, 325—350. [9]. Daleski E. J., Wilder H. D. — Tappi, 1965, 48, № 5, 293—296. [10]. Kleinert T. N. — Tappi, 1966, 49: 53. [11]. Wilson C., Procter A. R. — «Pulp and paper mag. of Canada», 1970, № 22, 67—71.

Поступила 11 августа 1975 г.

УДК 668.473.547.92

### СРАВНЕНИЕ СПОСОБОВ ЛТА ПОЛУЧЕНИЯ СТЕРИНОВЫХ ПРОДУКТОВ ИЗ СУЛЬФАТНОГО МЫЛА И ТАЛЛОВОГО ПЕКА

Г. Г. КАРПУС, В. Б. НЕКРАСОВА, В. Е. КОВАЛЕВ

Ленинградская лесотехническая академия

Представлен сравнительный технико-экономический расчет получения стериновых продуктов — бетаситостерина и осветленного фитостерина — при производстве их из сульфатного мыла и таллового пека по способу ЛТА.

Биологически активные вещества стволовой части дерева — стеринны — получают из побочных продуктов сульфатно-целлюлозного производства. По данным ряда авторов, в сульфатном мыле отечественных комбинатов содержится 3—5% фитостерина (в пересчете на сухое сульфатное мыло), в талловом масле — 4—6%, в талловом пеке — 7—12%.

Способ ЛТА получения стериновых продуктов из сульфатного мыла, предложенный Ф. Т. Солодким, заключается в кристаллизации фитостерина-сырца из спирто-водных растворов сульфатного мыла и очистке фитостерина-сырца до получения кондиционных продуктов. Большая часть методов выделения фитостерина из пека заключается в омылении таллового пека с последующей экстракцией неомыляемых веществ (в том числе и фитостерина) каким-либо органическим растворителем [1]. Разработанный в ЛТА способ получения фитостерина из спирто-водных растворов омыленного пека аналогичен способу выделения фитостерина из мыла [3]. Это дает возможность использовать при обоих способах одно и то же технологическое оборудование. Промышленную проверку прошел лишь способ получения фитостерина из сульфатного мыла. Способ выделения фитостерина из пека яв-

ляется лабораторным. Поэтому в табл. 1, 2 приведены материальные затраты, рассчитанные по данным лабораторных исследований, требующим уточнения в производственных условиях.

Таблица 1

Показатели	Стоимость 1 кг, р.	Выход или расход, кг	Стоимость, р.-к.	Выход или рас- ход, кг	Стоимость, р.-к.	Выход или расход, кг	Стоимость, р.-к.
		на 1 т сульфатного мыла		на пек, выработанный из 1 т сульфатного мыла		на 1 т таллового пека	
Продукты:							
бета-ситостерин		7,8		3,6		24,0	
		10,4		4,8		32,0	
осветленный фи- тостерин		4,8		—		—	
		3,2		—		—	
Сырье:							
а) сульфатное мыло поступление		1000,0	—	1000,0	—	—	—
		1000,0	—	1000,0	—	—	—
возврат		864,8	—	—	—	—	—
		864,8	—	—	—	—	—
расход	0,035	135,2	4-73	1000,0	—	—	—
	0,035	135,2	4-73	1000,0	—	—	—
б) талловый пек поступление		—	—	150,0	—	1000,0	—
		—	—	150,0	—	1000,0	—
возврат		—	—	122,7	—	818,0	—
		—	—	122,7	—	818,0	—
расход	0,070	—	—	27,3	1-91	182,0	12-74
	0,070	—	—	27,3	1-91	182,0	12-74
Вспомогательные материалы:							
едкий натр	0,140	—	—	60,0	8-40	400,0	56-00
	0,140	—	—	60,0	8-40	400,0	56-00
этиловый спирт	0,605	44,5	26-92	6,7	4-05	44,5	26-92
	0,605	44,5	26-92	6,7	4-05	44,5	26-92
перекись водо- рода	0,480	6,9	3-31	—	—	—	—
	0,480	5,4	2-59	—	—	—	—
спирт изопро- пиловый	—	—	—	—	—	—	—
	0,215	43,2	9-29	8,2	1-76	54,6	11-74
этилацетат	1,900	19,7	37-43	0,9	1-71	6,0	11-40
	—	—	—	—	—	—	—
мочевина	—	—	—	—	—	—	—
	0,105	1,3	0,14	0,6	0-06	3,6	0-38

Примечание. В числителе затраты на сырье и материалы при производстве стериновых продуктов этилацетатным способом; в знаменателе — через комплексы с мочевиной.

Фитостерин-сырец из сульфатного мыла или таллового пека подвергается очистке с получением кондиционных стериновых продуктов — бета-ситостерина и осветленного фитостерина либо одного из них. В табл. 1 и 2 указаны выходы стериновых продуктов и материальные затраты на 1 т сырья и в пересчете на 1 кг стериновых про-

Таблица 2

Продукты	Материальные затраты, р., на 1 кг продукта, полученного		
	из 1 т сульфатного мыла	из пека, выработанного из 1 т сульфатного мыла	из 1 т таллового пека
Бета-ситостерин	5-48	4-46	4-46
	3-02	3-37	3-37
Осветленный фитостерин	6-17	—	—
	3-83	—	—

Примечание то же, что и под табл. 1.

дуктов при их производстве по способу ЛТА. Выходы продуктов и расход вспомогательных материалов рассчитаны по исходным данным к процессам получения стериновых продуктов из сульфатного мыла и таллового пека по способу ЛТА [2, 3]. Затраты на пар, воду и электроэнергию приняты одинаковыми при равноценном объеме переработки сырья и примерно одинаковых параметрах технологического процесса. В дальнейшем эти показатели не учитывали. Бета-ситостерин и осветленный фитостерин по своему значению оценены нами как равноценные продукты. Поэтому материальные затраты на 1 т сульфатного мыла разбивали по весовому количеству полученных продуктов. Стоимость перекиси водорода отнесена на фитостерин, поскольку она идет только на его осветление.

Как видно из приведенных таблиц, способы получения стериновых продуктов отличаются друг от друга по исходному сырью и выходам продуктов. При производстве стериновых продуктов из 1 т сульфатного мыла бета-ситостерина получают в 2,2 раза больше, чем из пека, выделенного из 1 т сульфатного мыла, поскольку потери стеринов в процессе ректификации таллового масла составляют около 40%. Для получения 1 т пека требуется 6,7 т сульфатного мыла.

Отечественные сульфатно-целлюлозные комбинаты обладают потенциальной возможностью производить 2460 т бета-ситостерина и 1022 т осветленного фитостерина в год непосредственно из мыла. В случае переработки всего сульфатного мыла с получением пека (47 310 т/год) из него может быть выделено не более 1135 т бета-ситостерина.

Материальные затраты на 1 кг стериновых продуктов при получении их из сульфатного мыла этилацетатным способом на 2,46 р. выше, чем через комплексные соединения с мочевиной. При получении бета-ситостерина из таллового пека материальные затраты на производство этилацетатным способом в 1,3 раза выше, чем через комплексные соединения с мочевиной. Материальные затраты производства бета-ситостерина из сульфатного мыла при этилацетатном способе на 1,02 р. выше, чем из таллового пека, а при производстве через комплексы с мочевиной на 0,35 р. меньше.

Получение стериновых продуктов и из сульфатного мыла, и из пека дает возможность снизить себестоимость всей лесохимической продукции, вырабатываемой на сульфатно-целлюлозных комбинатах. В настоящее время талловый пек является отходом производства. При извлечении из пека бета-ситостерина пек можно использовать для проклейки бумаги. При производстве стериновых продуктов из сульфатного мыла резервом снижения себестоимости продукции является использование «отвала» — сульфатного липнина.

Способ ЛТА выделения фитостерина из сульфатного мыла позволяет улучшить качество мыла и продуктов его переработки за счет удаления из мыла значительной части лигнина, механических примесей и неомыляемых веществ.

В настоящее время для промышленного производства следует рекомендовать способ получения бета-ситостерина и осветленного фитостерина из сульфатного мыла. Способ получения бета-ситостерина из таллового пека требует дальнейшей разработки и усовершенствования.

#### ЛИТЕРАТУРА

11. Кузоватова М. А. Зависимость содержания неомыляемых веществ и фитостерина от породного состава сырья на некоторых целлюлозно-бумажных предприятиях. Дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. Л., ЛТА, 1972. [2]. Ларина Э. И. Изучение состава стеринов сульфатного мыла и совершенствование метода их выделения. Дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. Л., ЛТА, 1972. [3]. Некрасова В. Б., Ларина Э. И., Агранат А. Л., Солодкий Ф. Т. Способ выделения фитостерина из таллового пека. — «Химическая переработка древесины», 1969, № 23.

Поступила 1 августа 1975 г.

УДК 634.0.812

## О ГИСТЕРЕЗИСЕ СОРБЦИИ ИЗМЕЛЬЧЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ

М. Н. ВОЛЧАНОВА

Московский лесотехнический институт

Рассмотрены результаты экспериментального определения показателей гистерезиса сорбции измельченной древесины. Построен график зависимости показателя гистерезиса сорбции от температуры среды. Полученные результаты можно использовать для расчета процессов кондиционирования влажности измельченной древесины.

В производстве древесностружечных плит большое значение имеет равномерность влажности измельченной древесины, идущей на приготовление стружечно-клеевой массы. Это достигается кондиционированием влажности древесных частиц после сушки непосредственно в сушильном аппарате или при их межоперационном хранении. Однако даже длительная выдержка измельченной древесины в стабильных условиях не гарантирует полного выравнивания ее влажности. Одна из причин этого — неполная обратимость процессов сорбции и десорбции древесиной влаги, то есть явление гистерезиса сорбции. Показателем гистерезиса сорбции принято считать разность между устойчивой влажностью древесины при высыхании (десорбция) и увлажнении (сорбция)

$$\Delta W = W_{y.д} - W_{y.с}$$

Исследованиями [2], [3] установлено, что на показатель гистерезиса наиболее существенно влияют размеры образцов и сортиментов.

В настоящей статье приведены результаты экспериментального изучения гистерезиса сорбции древесных частиц, имеющих размеры, характерные для измельченной древесины, используемой для древесностружечных плит. В качестве основных исследуемых факторов приняты размеры частиц, длина, ширина и толщина. Исследование про-

водили по плану полного факторного эксперимента. Уровни изучаемых факторов были выбраны в соответствии с наибольшими и наименьшими размерами частиц, наблюдаемыми в производственных условиях. За постоянные факторы, исходя из реальных условий, приняты следующие: порода древесины — осина; температура среды — 50°C; уровень влажности 5%.

В табл. 1 приведены уровни варьируемых факторов, в табл. 2 — матрица планирования полного факторного эксперимента.

Можно ожидать некоторое влияние температуры на гистерезис сорбции. С этой целью были поставлены дополнительные опыты на частицах наибольшего и наименьшего размеров при температурах 20 и 70°C и при прежней номинальной равновесной влажности.

Таблица 1

Фактор, мм	Уровни фактора			Интервал варьирования	Обозначение
	-1	0	+1		
Длина	10	25	40	15	$x_1$
Толщина	0,2	0,6	1,0	0,4	$x_2$
Ширина	2	5	8	3	$x_3$

Таблица 2

№ опыта	$x_1$	$x_2$	$x_3$	Число параллельных опытов
1	-1	-1	-1	6
2	-1	+1	-1	6
3	+1	-1	-1	6
4	+1	+1	-1	6
5	-1	-1	+1	6
6	-1	+1	+1	6
7	+1	-1	+1	6
8	+1	+1	+1	6

Эксперименты проводили по методике, принятой для определения равновесной влажности [2]. Опытные частицы выдерживали в среде постоянной температуры и влажности до постоянной массы, что контролировали повторными взвешиваниями. Начальная влажность частиц отличалась от ожидаемой равновесной на 5—7% при высушивании и на 3—4% при увлажнении.

Частицы предусмотренных матрицей размеров специально изготовляли строганием заготовок на полоски нужной толщины и раскроем их по ширине и длине.

Каждое экспериментальное значение  $\Delta W$  вычисляли по величинам устойчивой влажности при сорбции и десорбции, полученным для одной и той же пробы частиц. Каждую пробу (навеску) частиц массой 0,5 г и влажностью заведомо большей, чем ожидаемая равновесная влажность, вначале выдерживали в опытной среде до устойчивой влажности при десорбции  $W_{у.д.}$ , затем пробу подсушивали и вторично выдерживали в той же среде до устойчивой влажности при сорбции  $W_{у.с.}$ . После окончания выдержки пробу высушивали до абс. сухого состояния для определения  $W_{у.д.}$ ,  $W_{у.с.}$ ,  $\Delta W$ .

Для экспериментов использовали следующее оборудование: воздушный термостат типа СНОЛ-3,5 с автоматическим регулятором температуры и принудительной циркуляцией; эксикаторы, оборудованные моторчиками с осевыми вентиляторами для перемешивания воздуха; аналитические весы демпферные типа АДВ-200; химические бюксы для выдержки опытных образцов.

В табл. 3 приведены результаты опытов по определению показателя гистерезиса сорбции частиц различных размеров ( $t = 50^\circ\text{C}$ ,  $\varphi = 0,38$ ,  $W_{р. ном} = 5\%$ ). Результаты обрабатывали по методике полного факторного эксперимента.

В итоге получено уравнение регрессии

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 = 0,7 + 0,01x_1 + 0,037x_2 + 0,05x_3,$$

где  $b_0, b_1, b_2, b_3$  — коэффициенты регрессии уравнения полного факторного эксперимента.

Таблица 3

№ опыта	Размер частиц $L \times B \times H$ , мм	$\Delta W_{\text{ср}}$ , %
1	10×2×0,2	0,65
2	10×2×1,0	0,61
3	40×2×0,2	0,63
4	40×2×1,0	0,70
5	10×8×0,2	0,68
6	10×8×1,0	0,81
7	40×8×0,2	0,68
8	40×8×1,0	0,82

В результате экспериментов и их обработки установлено, что влияние размеров частиц на гистерезис сорбции невелико. Для частиц наибольшего размера  $\Delta W_{\text{ср}} = 0,80\%$ , для частиц наименьшего размера  $\Delta W_{\text{ср}} = 0,60\%$ .

Поскольку проверка коэффициентов регрессии выявила незначительность коэффициентов  $b_1, b_2$  и  $b_3$ , показатель гистерезиса сорбции можно считать не зависящим от размеров частиц и в практических условиях принимать его равным (при 50°C) в среднем 0,7%.

В табл. 4 приведены результаты опытов по определению показателя гистерезиса сорбции частиц при различной температуре ( $W_{\text{р. ном}} = 5\%$ ).

Таблица 4

№ опыта	Температура, °C	Размер частиц $L \times B \times H$ , мм	$\Delta W_{\text{ср}}$ , %
1	20	40×8×1,0	0,94
2	20	10×2×0,2	0,89
3	70	40×8×1,0	0,14
4	70	10×2×0,2	0,13

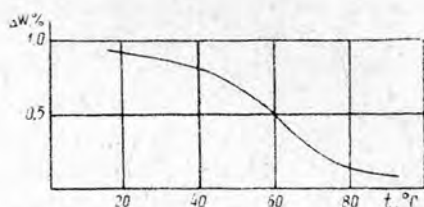
По данным табл. 3 и 4 построен график зависимости показателя гистерезиса сорбции от температуры для частиц измельченной древесины толщиной 0,2—1,0 мм (рис. 1).

Ранее было установлено [2], [3], что для массивной древесины повышение температуры от 20 до 80°C вызвало уменьшение  $\Delta W$  только на 15—20%. Из рис. 1 видно, что для частиц измельченной древесины снижение температуры от 50 до 20°C несколько повышает показатель гистерезиса  $\Delta W$  (до 0,89—0,94%), а возрастание температуры от 50 до 70°C — значительно уменьшает его.

Такой характер влияния температуры, с нашей точки зрения, можно объяснить следующим. Явление гистерезиса сорбции заключается в том [1], что равновесие системы «упругость пара в воздухе — влажность тела» достигается крайне медленно, и система медленно приближается к натуральному состоянию. Постепенным высушиванием или увлажнением сравнительно быстро достигается такое состояние; его и принимаем за устойчивое, хотя действительной устойчивости или равновесия еще не достигнуто. С позиций этой гипотезы мож-



Рис. 1.



но легко объяснить влияние размеров сортиментов и образцов на гистерезис. Время, необходимое для достижения полного равновесия, резко сокращается при непосредственном омывании воздухом полостей клеточных стенок.

Влияние температуры на гистерезис сорбции массивной древесины сравнительно невелико, так как с повышением температуры условия омывания воздухом клеток, расположенных внутри сортимента, существенно не меняются. Иначе обстоит дело с частицами измельченной древесины, находящимися в насыпном слое. При сравнительно низкой температуре частицы внутри слоя не могут свободно омываться воздухом. Несмотря на то, что в каждой частице относительно велик объем клеток со вскрытыми полостями, истинное равновесие достигается сравнительно медленно и показатель гистерезиса хотя и меньше, чем у массивной древесины в виде промышленных сортиментов, но все же достаточно заметен (0,7—0,9%). Из-за слабого омывания воздухом каждой частицы насыпного слоя не выявляется существенной разницы и в показателях гистерезиса частиц разных размеров. При повышении температуры интенсифицируется тепловое движение молекул воздуха и, вероятно, возникают дополнительные молярные токи в промежутках между частицами. Это приводит к резкому сокращению времени достижения полного равновесия системы «древесина — воздух» и как следствие этого — к уменьшению показателя гистерезиса до величины порядка 0,1—0,3% влажности.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Лыков А. В. Теория сушки. «Энергия», 1968. [2]. Серговский П. С. Исследование влагопроводности и разработка методов расчета процессов сушки и увлажнения древесины. Автореферат докторской диссертации. М., 1953. [3]. Серговский П. С. Вопросы статистики сушки и увлажнения древесины. — Научные труды МЛТИ, вып. 4, 1955.

Поступила 8 мая 1974 г.

КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ  
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

УДК 634.0.30.519.95

СТАТИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ  
ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ НА ЭВМ

И. В. ТУРЛАЙ, Н. Ф. КОВАЛЕВ

Белорусский технологический институт

Разработана модель и осуществлено моделирование ряда лесозаготовительных систем на ЭВМ. Получены зависимости потребных размеров запасов древесины для максимального использования механизмов и исследовано влияние на их работу характера случайных процессов.

Технологические потоки лесозаготовительных предприятий скомпонованы определенным образом из систем, выполняющих операции обработки (транспортировки) деревьев, хлыстов, сортиментов, пачек деревьев и т. д. В лесозаготовительном производстве существует несколько разновидностей систем, которые характеризуются единственным или пачковым поступлением предметов труда и их обработкой.

Для выяснения вероятностной структуры процессов лесозаготовок нами осуществлены наблюдения за работой систем, образующих технологический поток предприятия (от валки деревьев до выхода готовой продукции — отсортированных лесоматериалов) в 12 леспромпхозах Минлеспрома БССР, объединениях «Вологдалеспром», «Свердлеспром», комбинате «Забайкаллес». Продолжительности обработки по всей массе исследованного оборудования в 88,3% случаев распределены по законам распределения Эрланга с изменением параметра распределения  $k$  от 2 до 16. Установлено, что 77% потоков отказов оборудования являются простейшими, 23% обладают определенным последствием. Длительности восстановления работоспособности для 69% выборок описываются показательной функцией распределения и для 31% — функцией распределения Эрланга, параметр  $k$  принимает значения от 2 до 4.

Результаты наблюдений позволили определить характер распределений случайных величин в рассматриваемых процессах, а также недостаточность исследования последних аналитическими методами теории массового обслуживания с точки зрения построения моделей операций, ход и исход которых существенно зависят от случайных факторов. Узким является допущение о наличии простейших потоков предметов труда и отказов в системах лесозаготовок.

При рассмотрении, например потоков хлыстов на раскряжевку к линиям ПЛХ-ЗАС, оказалось, что потоки не могут подаваться чаще чем через интервал времени  $t_0$ , который представляет собой время прохода хлыста через раскряжевку, обуславливаемое скоростью подачи хлыста и длительностью пиления (минимум один рез на хлыст). Фактически между соседними поступлениями хлыстов существует зависимость и нарушается условие отсутствия последствия. В отношении потока отказов механизмов строгим является предположение о зависимости продолжительности безотказной работы от того, сколько времени элемент или механизм в целом уже работал [2]. Возникает

потребность в исследовании систем лесозаготовок методом статистического моделирования на ЭВМ. Необходимость подобного подхода подчеркнута, в частности, в работе [1]. Учет вероятностной природы процессов при моделировании позволяет с большой степенью достоверности получить искомые характеристики.

Нами осуществлено моделирование на ЭВМ «Минск-22М» группы лесозаготовительных систем. Методика и программа моделирования включают следующие основные положения:

систему исследуют в связи с работой предыдущей и последующей систем в технологическом потоке;

интервалы между поступлениями предметов труда и длительностями обработки принимают случайными величинами с заданными законами распределения;

механизм, производящий обработку, и запас (буферное устройство) подвержены отказам, которые наступают в случайные моменты времени; продолжительности ремонтов являются случайными с собственными законами распределения;

поступление и обработка могут производиться единицами или пачками объемом  $N$  ( $N = 1, 2, 3, \dots$ );

размеры запасов и начальное число предметов труда в запасе при  $t=0$  (начало моделирования) задают в различных сочетаниях в зависимости от целей исследования.

За выходные характеристики анализируемых систем взяты следующие величины:

- 1) распределения вероятности задаваемых случайных величин;
- 2) гистограмма распределения длительности простоев механизма из-за отсутствия предметов труда;
- 3) гистограмма распределения действительной продолжительности обработки;
- 4) число обработанных предметов труда за время реализации  $T$ ;
- 5) гистограмма распределения предметов труда в запасе (буферном устройстве) перед механизмом;
- 6) потери производительности исследуемой и предыдущей систем из-за отсутствия мест для запаса или его ограниченной емкости;
- 7) потери производительности исследуемой предыдущей систем из-за отказов запаса (буферного устройства).

В качестве законов распределения случайных величин при моделировании использовали законы Эрланга

$$P = 1 - e^{-\lambda t} \left( 1 + \frac{\lambda^{k+1}}{k!} \sum_{m=1}^k \frac{k!}{m!} \cdot \frac{t^m}{\lambda^{k-m+1}} \right),$$

где  $\lambda$  — интенсивность соответствующего процесса;

$k$  — порядок закона Эрланга ( $k=0, 1, 2, \dots$ ).

Как отмечено в ряде работ по исследованиям операций [2], [3], задаваясь различными значениями параметра  $k$ , получим гамму потоков (предметов труда и отказов), обладающих различным последствием, начиная от его полного отсутствия ( $k=0$ ) до полного последствия ( $k=\infty$ ).

Моделировали непрерывную работу систем трелевки и механизированной обрезки сучьев в течение 4 ч (до обеденного перерыва) и системы погрузки в течение 7 ч (рабочая смена).

При статистической имитации процесса работы лесозаготовительных систем результатами являются ряды случайных значений. Нами для трех исследуемых систем было осуществлено моделирование 158 различных вариантов работы с оценкой точности моделирования.

Максимальная ошибка при нерассмотрении случайных величин, находящихся в интервале вероятности  $P = 0,999 \div 1,0$ , составила 0,1%.

Использовали следующие критерии надежности: интенсивность отказов  $\lambda_1$ ; интенсивность восстановления  $\mu_1$ ; результирующий показатель  $\rho_1$ ;  $\rho_1 = \frac{\lambda_1}{\mu_1} < 1$ .

Приводим отдельные результаты моделирования.

1. Система трелевки. На рис. 1 представлены вероятностные кривые потребных запасов деревьев, подготавливаемых к трелевке на лесосеке, для максимального использования трелевочного трактора при  $\rho_1 = 0,05$ .

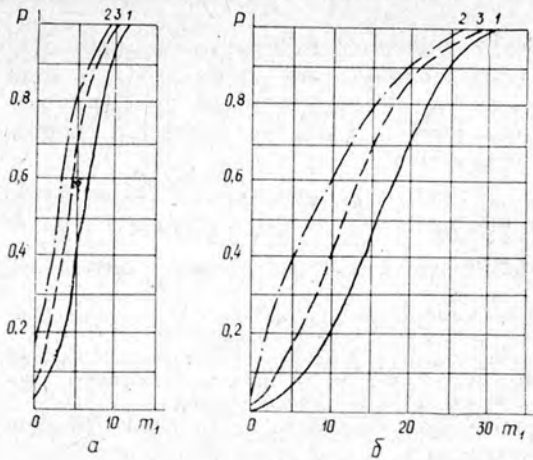


Рис. 1. Вероятностные зависимости потребных запасов деревьев в системе трелевки.

*a* — объем пачки 6 деревьев;

*б* — объем пачки 18 деревьев

1 —  $k_1 = k_2 = k_3 = k_4 = 0$ ;

2 —  $k_1 = k_2 = 0$ ;  $k_3 = k_4 = 4$ ;

3 —  $k_1 = 4$ ;  $k_2 = 0$ ;  $k_3 = k_4 = 4$ .

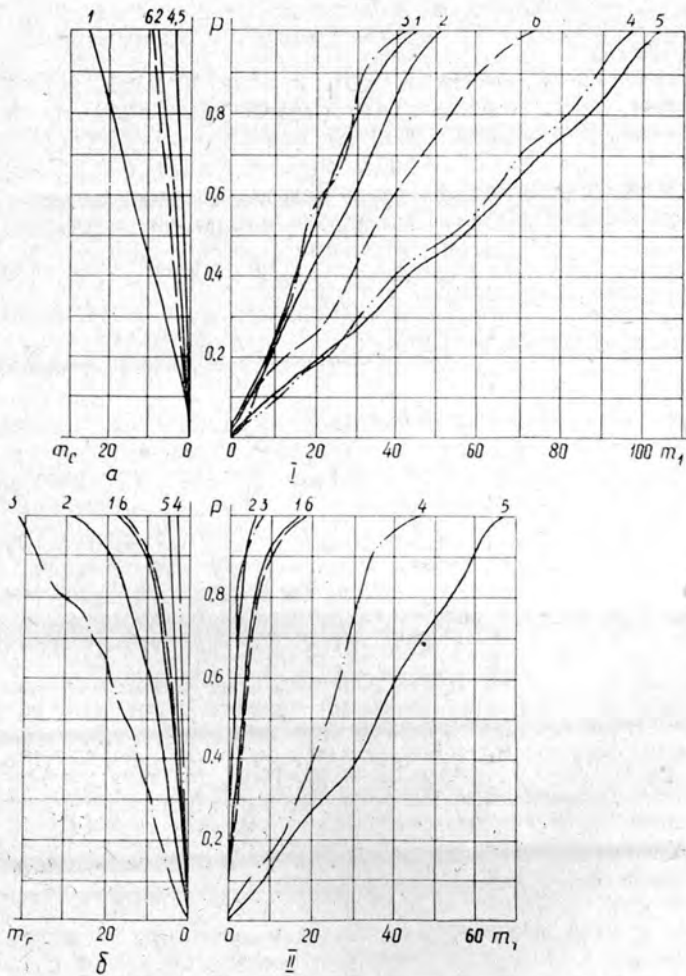


Рис. 2. Вероятностные зависимости числа потребных деревьев в системе механизированной обрезки сучьев.

*I* —  $\lambda_2 = 4,0$  пачки; *II* —  $\lambda_2 = 6,0$  пачек; *a, б* — зависимости размера мест под  $m_c$  деревьев;

1 — все  $k = 0$  2 —  $k_1 = k_2 = 0$ ;  $k_3 = 8$ ,  $k_4 = 0$ ; 3 —  $k_1 = k_2 = 0$ ;  $k_3 = 8$ ,  $k_4 = 2$ ; 4 —  $k_1 = 4$ ,  $k_2 = k_3 = k_4 = 0$ ; 5 —  $k_1 = k_2 = 2$ ,  $k_3 = 8$ ,  $k_4 = 0$ ;  
 $k_1 = 0$ ,  $k_1 = 0$ ,  $k_2 = 2$ ,  $k_3$ ,  $k_4 = 4$ .

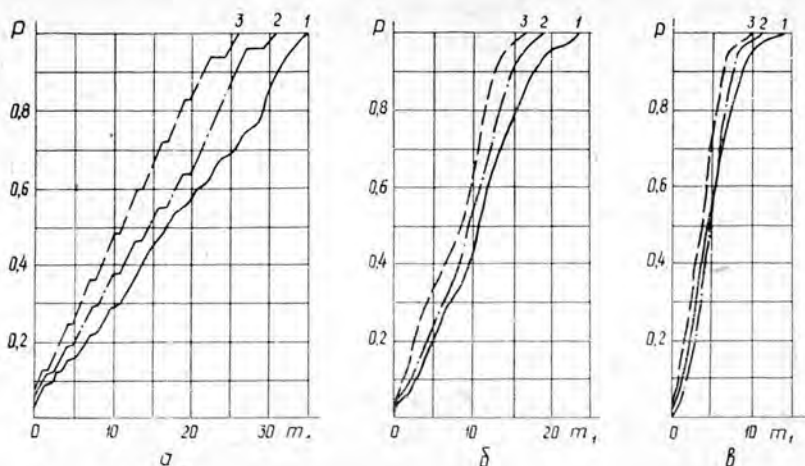


Рис. 3. Вероятностные зависимости требуемого количества древесины в системе погрузки (в пачках).

*a* —  $\lambda_2 = 2,0$  пачки/ч; *б* —  $4,0$  пачки/ч; *в* —  $6,0$  пачек/ч;

1 — все  $k = 1$ ; 2 —  $k_1 = 4, k_2 = 0, k_3 = 10, k_4 = 0$ ; 3 —  $k_1 = 4, k_2 = 0, k_3 = 10, k_4 = 4$ .

Здесь и далее  $k_1, k_2, k_3, k_4$  — порядки закона Эрланга соответственно для процессов поступления предметов труда, обработки, наступления отказов механизма и его восстановления. На величине запаса  $m_1$  сказывается как характер законов распределения случайных величин, так и число трелюемых деревьев в пачке, в то время как средние значения параметров остаются постоянными. Например, если объем пачки 6 деревьев, то для наиболее эффективной работы трактора необходимо иметь в запасе 12 поваленных деревьев (рис. 1, вероятность 1,0).

II. Система обрезки сучьев машинной СМ-2. Работу системы по механизированной обрезке сучьев моделировали при различных интенсивностях поступления пачек деревьев и надежности машин. Зависимости на рис. 2 приведены для  $\lambda_2 = 4,0$  пачки/ч и  $\lambda_2 = 6,0$  пачек/ч ( $\rho_1 = 0,15$ ). Смежные кривые (рис. 2, *a, б*) характеризуют необходимость, кроме запаса, подготовки мест под  $m_c$  деревьев для некоторых видов случайных процессов. Фактически запас не только убывает, но и восполняется. Это в наибольшей мере показательно для зависимостей 1, 2, 3. Емкость площадки перед механизмом определяется как сумма  $m_1 + m_c$ . По сравнению с процессом при полном отсутствии последствия (кривая 1) процессы, обладающие наибольшим для исследуемых вариантов последствием (зависимости 4, 5, 6), имеют значительные отклонения величины  $m_1$ .

III. Система погрузки. Зависимости, приведенные на рис. 3, получены при моделировании систем погрузки на базе погрузчиков П-2, ПЛ-19 для поступления пачек хлыстов объемом  $4,0-4,5 \text{ м}^3$  к фронту погрузки при интенсивностях  $\lambda_2 = 2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0$  пачек/ч и  $\rho_1 = 0,1$ . Вероятностные зависимости требуемого количества древесины для обеспечения эффективной работы погрузчика имеют тенденцию к сходимости (уменьшается влияние характера случайных процессов) при росте  $\lambda_2$ .

Результаты моделирования дают возможность вычислить точные значения требуемых запасов деревьев и хлыстов в указанных системах для устранения неравномерностей в работе и обеспечения максимального использования механизмов в потоке. Установленное влия-

ние характера случайных процессов на размеры запасов позволяет определить границы, в пределах которых реальные процессы можно аппроксимировать простейшими.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Алябьев В. И. Оптимизация транспортно-погрузочных работ на лесосеке. «Лесная промышленность», 1973, № 6. [2]. Вентцель Е. С. Исследование операций. М., «Советское радио», 1972. [3]. Овчаров Л. А. Прикладные задачи теории массового обслуживания. М., «Машиностроение», 1969.

Поступила 5 февраля 1975 г.

УДК 65.011.56

## НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ СТАТИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НА ЭВМ РАБОТЫ КРАНА НА ПЕРЕГРУЗКЕ ХЛЫСТОВ

Ю. В. ЛЕБЕДЕВ

Свердловский НИИЛП

Рассмотрен моделирующий алгоритм и методика его использования для исследования процесса перегрузки хлыстов на лесных складах. Входящий в систему поток описан как поток случайных векторов. Алгоритм предусматривает проигрывание различных вариантов технологии, дает возможность оптимизировать производственный процесс.

Работа крана на перегрузке хлыстов на нижнем складе зависит от случайности моментов поступления транспортных средств (узкоколейных поездов, автомобилей) на склад, от количества раскрывочных установок (ПЛХ), их расположения в технологической схеме склада и режимов работы, от наличия межоперационных и резервных запасов хлыстов. Для исследования работы кранов на перегрузке хлыстов предлагается использовать метод статистического моделирования на ЭВМ. Для его реализации необходимо построить математическую модель процесса, чему и посвящена данная работа.

### 1. Содержательное описание процесса работы крана

Это описание включает в себя характеристику потоков требований во времени и порядок работы крана. Требованиями в данном случае являются моменты поступления транспортных средств под разгрузку ( $t_1, t_2, \dots, t_j, \dots$ ) и моменты окончаний раскрывки пакетов хлыстов на приемных площадках ПЛХ ( $t_{n_1}, t_{n_2}, \dots, t_{n_j}, \dots$ ). Обычно моделируют не сами значения  $t_j$  и  $t_{n_j}$ , а интервалы времени между последовательными поступлениями требований (для потоков автомобилей и поездов интервалы  $\xi$ ).

В общем случае входящие грузовые потоки транспортных средств на нижние склады нестационарны во времени, не всегда обладают свойством ординарности, им присуща различная степень последовательности [3]. При решении практических задач достаточно разделить график изменения интенсивности потока  $\lambda$  на отдельные участки, в пределах которых изменение  $\lambda$  или можно считать несущественным (поток стационарный), или представлять потоком Пуассона, параметр которого  $\lambda$  является функцией времени  $\lambda(t)$  (рис. 1, а). Каждое

требование, кроме момента времени  $t_j$ , характеризуется еще рядом случайных параметров: числом вагонов-сцепов  $n_v$  в поезде, объемом пакетов хлыстов  $Q$ , количеством хлыстов в пакете  $n_x$ . Поэтому такие потоки описываются как потоки случайных векторов вида

$$v(t_j, n_v, Q, n_x). \quad (1)$$

Моменты окончания раскрывки пакетов хлыстов наступают через интервалы времени  $\tau_n$ , равные продолжительности раскрывки одного пакета.

При описании последовательности операций на перегрузке хлыстов установлено, при каких условиях и в какие периоды осуществляется тот или иной вариант работы крана. Поступивший на склад автомобиль в зависимости от ситуации разгружают на приемную площадку той ПЛХ, число пакетов на которой  $s_j$  наименьшее. При заполнении всех площадок разгрузка автомобилей производится в операционный запас объемом не более  $\Sigma Q$  или в резервный штабель (неограниченной емкости). При наличии свободных мест на приемных площадках ПЛХ и при отсутствии в этот момент автомобилей пакет хлыстов подается краном из операционного запаса.

Продолжительность перегрузки пакета хлыстов  $t_0$  — случайная величина и зависит от грузооборота склада, его емкости, наличия древесины на складе, расположения технологического оборудования. Параметры распределения величины  $t_0$  зависят от варианта работы крана.

## 2. Построение формализованной схемы работы крана

При формализации в первую очередь выбраны параметры, описывающие состояние требований и других элементов процесса перегрузки хлыстов

$$t_j, \zeta, n_v, Q, n_x, t_{nj}, \tau_n, s_j, \Sigma Q, t_0. \quad (2)$$

Для стационарного периода наиболее подходящая статистическая модель распределения интервалов — гамма-распределение, плотность которого [4]

$$f(\xi) = \frac{\mu^\eta}{\Gamma(\eta)} \xi^{\eta-1} e^{-\mu\xi}, \quad (3)$$

где  $\eta, \mu$  — параметры распределения, определяемые по статистическим наблюдениям;

$\Gamma(\eta)$  — гамма-функция.

Для нестационарного периода плотность распределения интервалов  $\xi_j = t_j - t_{j-1}$  ( $j = 1, 2, \dots$ ) зависит от начальных моментов  $t_{j-1}$  и является условной; если  $(j-1)$ -й автомобиль поступил в момент  $t_{j-1}$ , то [1]

$$f(\xi_j | t_{j-1}) = \lambda t_{j-1} e^{-\lambda t_{j-1} - \lambda \xi_j} \quad (4)$$

В случае, когда интенсивность потока задана функцией (рис. 1, а)

$$\lambda(t) = e^{a+bt}, \quad (5)$$

плотность распределения

$$f(\xi_j | t_{j-1}) = e^{a + bt_j} - \frac{e^{a + bt_j - 1} (e^{b\xi} - 1)}{b}, \quad (6)$$

здесь  $a$  и  $b$  — параметры, определяемые по экспериментальным данным методом наименьших квадратов.

Для потока автомобилей параметр  $t_j$  является независимой компонентой вектора (1). Параметры  $Q$  и  $n_x$  не зависят от  $t_j$  и заданы совместной функцией плотности двумерной нормально распределенной величины  $(Q, n_x)$  [2]

$$f(Q, n_x) = \frac{1}{2\pi\sigma_q\sigma_x\sqrt{1-\rho^2}} e^{-\frac{1}{1-\rho^2} \left[ \frac{(Q-M_q)^2}{\sigma_q^2} - \frac{2\rho(Q-M_q)(n_x-M_x)}{\sigma_q\sigma_x} + \frac{(n_x-M_x)^2}{\sigma_x^2} \right]}, \quad (7)$$

где  $M_q$  и  $M_x$  — математические ожидания распределения величин  $Q$  и  $n_x$ ;

$\sigma_q$  и  $\sigma_x$  — их среднеквадратические отклонения;

$\rho$  — коэффициент корреляции.

Для данных по Шамарскому ЛПХ (автомобиль МАЗ-509):  $M_q = 24,3$ ;  $M_x = 64$ ;  $\sigma_q = 2,11$ ;  $\sigma_x = 6,3$ ;  $\rho = 0,86$ .

В потоках узкоколейных поездов на большинстве обследованных дорог наблюдается корреляционная связь между интервалами  $\xi$  и числом вагонов-цепов в поезде  $n_b$ . В свою очередь, число цепов в поезде зависит от объемов пакетов хлыстов  $Q$ . Поэтому вектор (1) задается совместной функцией плотности

$$f(t, u_b, Q, n_x). \quad (8)$$

Продолжительность раскрывки одного пакета хлыстов  $\tau_n$  определяли методом Монте-Карло. Упорядоченные по величине значения  $\tau_n$  по 200 пакетам хлыстов (Бисертский ЛПХ) приведены на рис. 1, 2. Для аппроксимирующего распределения продолжительности раскрывки пакета хлыстов подходит нормальное распределение с математическим ожиданием 66,5 мин и среднеквадратическим отклонением 8 мин.

### 3. Моделирующий алгоритм математической модели работы крана

Для окончательного оформления математической модели все соотношения записывали в аналитической форме, логические условия выражали в виде неравенств, аналитическую форму придавали всем другим сведениям, содержащимся в формализованной системе.

Принцип моделирования на ЭЦВМ работы крана заключается в последовательном рассмотрении моментов времени  $t_k$  и проверке наличия автомобилей в ожидании разгрузки и пакетов хлыстов на площадках ПЛХ. На основании полученной информации определяется порядок работы крана.

На рис. 2 приведена блок-схема моделирующего алгоритма процесса перегрузки хлыстов. Здесь введены следующие обозначения:

$T$  — момент окончания периода моделирования;

$t_k$  — начало цикла перегрузки;



$t_d$  — момент окончания разделки всей древесины на площадке ПЛХ;

$K$  и  $N$  — текущее и необходимое числа реализаций модели;

$\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$  — вспомогательные переменные.

Порядок работы алгоритма: сформированное случайное значение  $t_j$  сравнивают с моментом моделирования  $t_k$ . При поступлении автомобиля до момента  $t_k$  ( $\gamma = 1$ ) или в этот момент он разгружается на площадку ПЛХ (блоки 32, 35, 36) или в запас (блоки 16, 17, 18). Если же автомобиль поступил после момента  $t_k$  ( $\gamma = 0$ ), то вычисленное значение  $t_j$  сохраняется в памяти ЭЦВМ для сравнения со следующим моментом моделирования  $t_k$ . После проверки ситуации на ПЛХ при необходимости пакет хлыстов подают из штабеля (блоки 23, 27, 31, 33).

Фиксируемыми величинами, позволяющими исследовать работу крана на перегрузке хлыстов при различных технологических схемах, являются:

$n_1, n_2, n_3$  — среднее количество автомобилей, разгружаемых за период моделирования (смену, сутки) соответственно на приемную площадку ПЛХ, в операционный запас и в резервный штабель;

$n_4$  — среднее число пакетов хлыстов, подаваемых из операционного запаса на площадку ПЛХ.

Одно из существенных преимуществ метода математического моделирования производственных процессов на ЭВМ — возможность получения не только средних значений фиксируемых величин, но и их распределений. В рассматриваемой модели выведены на печать распределения следующие характеристики:

$m_1, m_2, m_3$  — число простоев за период моделирования соответственно крана, раскряжевочных установок и автомобилей (блок 47);

$\tau_{пр}, \tau_{пр}, \tau_{пр}$  — продолжительности простоев соответственно крана, раскряжевочных установок и автомобилей в ожидании разгрузки (блок 38).

Рассмотренный алгоритм позволяет обследовать большое количество различных вариантов технологических схем при замене основных параметров нижнего склада: например, проверить результаты обслуживания транспортных потоков с различными режимами поступления на склад (меняя  $\lambda(t)$ , рис. 1, а), с различными интенсивностями (меняя функцию плотности  $f(\xi)$  и типами автомобилей (изменяя параметры распределения  $Q$ ); выявить возможности крана-перегрузчика при обслуживании разного количества раскряжевочных установок различной производительности (меняя параметры распределения  $\tau_n$ ). Используя различные законы распределения продолжительности перегрузки пакета хлыстов  $t_0$  (рис. 1, б), с помощью данной модели можно исследовать работу крана при создании межоперационных и межсезонных запасов хлыстов; на основе полученных характеристик сравнить различные варианты расположения технологического оборудования и выбрать оптимальную схему процесса обслуживания потока автомобилей и создания запаса хлыстов.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Бусленко П. П. Математическое моделирование производственных процессов. М., «Наука», 1964. [2]. Вентцель Е. С. Теория вероятностей. М., «Наука», 9 «Лесной журнал» № 1

1964. [3]. Лебедев Ю. В. Исследование входящих грузовых потоков автомобилей на нижние склады леспромхозов. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1973, № 6. [4]. Хан Г., Шапиро С. Статистические модели в инженерных задачах. М., «Мир», 1969.

Поступила 11 июня 1975 г.

УДК 65.011.56

## НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ПРИВОДА БРЕВНОСБРАСЫВАТЕЛЕЙ

П. В. ЛАСТОЧКИН, В. А. МЕЛЬНИК

Ленинградская лесотехническая академия  
Архангельский лесотехнический институт

С учетом динамики процесса составлены нелинейные дифференциальные уравнения движения механической системы бревносбрасывателя с электроприводом. Приведены результаты исследования систем уравнений на аналоговой вычислительной машине МН-14 и даны рекомендации по выбору различных типов асинхронных короткозамкнутых электродвигателей в качестве индивидуального привода бревносбрасывателей.

Проектирование бревносбрасывающих устройств невозможно без расчетов, учитывающих динамику процесса.

Механическую систему, представляющую собой рычажный бревносбрасыватель с электрическим приводом, можно привести к эквивалентной двухмассовой системе. Движение исследуемой упругой системы описывается системой дифференциальных уравнений

$$\begin{cases} I_n \frac{d^2 \varphi_1}{dt^2} + (\varphi_1 - \varphi_2) C_{пу} = M_{дв} (\dot{\varphi}_1) i_m \eta_m; \\ I_c \frac{d^2 \varphi_2}{dt^2} - (\varphi_1 - \varphi_2) C_{пу} = -M_c, \end{cases} \quad (1)$$

где  $I_n$  — приведенный момент инерции вращающихся масс механизма бревносбрасывателя;

$I_c$  — момент инерции поступательно движущихся масс бревна и механизма бревносбрасывателя, приведенных к вращательному движению;

$\varphi_1, \varphi_2$  — обобщенные угловые координаты масс;

$C_{пу}$  — общая приведенная жесткость системы;

$t$  — время;

$M_{дв}$  — крутящий момент двигателя;

$\dot{\varphi}_1$  — угловая скорость вращения ротора электродвигателя;

$i_m$  — передаточное число механизма бревносбрасывателя;

$\eta_m$  — КПД передаточного механизма;

$M_c$  — приведенный момент сопротивления движению бревна по траверсам.

Крутящий момент  $M_{дв}(\dot{\varphi}_1)$  электродвигателя не является величиной постоянной и зависит от скорости вращения ротора. Нелинейная зависимость  $M_{дв} = f(\dot{\varphi}_1)$  в аналитической форме наиболее точно выражается уравнением Клосса

$$M_{дв} = 2M_k(1 + \varepsilon) S_k \omega_0 \frac{\omega_0 - \dot{\varphi}_1}{(\omega_0 - \dot{\varphi}_1)^2 + S_k^2 \omega_0^2 + 2\varepsilon(\omega_0 - \dot{\varphi}_1)\omega_0 S_k}, \quad (2)$$

где  $M_k$  — максимальный крутящий момент электродвигателя;  
 $S_k$  — критическое скольжение двигателя;  
 $\varepsilon$  — коэффициент уравнения;  
 $\omega_0$  — синхронная угловая скорость вращения ротора двигателя.

Подставив выражение  $M_{дв}$  в систему уравнений (1) и решив ее относительно  $\ddot{\varphi}_1$  и  $\ddot{\varphi}_2$ , получим

$$\left\{ \begin{aligned} \ddot{\varphi}_1 &= 2 \frac{M_k}{I_n} (1 + \varepsilon) S_k \omega_0 i_m \gamma_m \frac{\omega_0 - \dot{\varphi}_1}{\omega_0^2 (1 + S_k^2 + 2\varepsilon S_k) - 2\omega_0 (1 + \varepsilon S_k) \dot{\varphi}_1 + \dot{\varphi}_1^2} - \\ &\quad - \frac{C_{пн}}{I_n} \varphi_1 + \frac{C_{пн}}{I_n} \varphi_2; \\ \ddot{\varphi}_2 &= \frac{C_{пн}}{I_c} \varphi_1 - \frac{C_{пн}}{I_c} \varphi_2 - \frac{M_c}{I_c}. \end{aligned} \right. \quad (3)$$

Обозначим

$$\begin{aligned} A &= 2 \frac{M_k}{I_n} (1 + \varepsilon) S_k \omega_0 i_m \gamma_m; \\ B &= \omega_0^2 (1 + S_k^2 + 2\varepsilon S_k); \quad D = 2\omega_0 (1 + \varepsilon S_k); \\ K &= \frac{C_{пн}}{I_n}; \quad K_1 = \frac{C_{пн}}{I_c}; \quad A_1 = \frac{M_c}{I_c}, \end{aligned}$$

тогда

$$\left\{ \begin{aligned} \ddot{\varphi}_1 &= \frac{A \omega_0 - A \dot{\varphi}_1}{B - D \dot{\varphi}_1 + \dot{\varphi}_1^2} - K \varphi_1 + K \varphi_2; \\ \ddot{\varphi}_2 &= K_1 \varphi_1 - K_1 \varphi_2 - A_1. \end{aligned} \right. \quad (4)$$

При исследовании системы нелинейных дифференциальных уравнений (4) на электронной аналоговой вычислительной машине (АВМ) МН-14 установлено, что электродвигатель привода бревносбрасывателя не успевает набрать номинальное число оборотов за период от момента прогания сбрасывающих рычагов с места до момента, когда  $M$  достигает максимального значения, то есть в период наибольшей нагрузки двигатель работает в режиме пуска и не сможет развить максимальный крутящий момент.

При решении системы дифференциальных уравнений (4) на АВМ был определен момент  $M_c$  сопротивления, создаваемый сбрасываемым бревном, для двух вариантов пуска двигателя привода: с предварительным разгоном и под нагрузкой.

По результатам исследования системы (4) на АВМ установлено, что оптимальное время сброски бревен равно 0,9 с.

Для привода рычажных бревносбрасывателей можно использовать серийно выпускаемые отечественной промышленностью трехфазные асинхронные короткозамкнутые электродвигатели типов АО2, АО, АОЛ, АОЛ2, АОП АОП2, АОС, АОС2, МТК, и МТКВ.

При обработке данных, полученных для 56 электродвигателей названных типов, вычислены значения веса  $Q$  бревна, сброску которого обеспечивает предварительно разогнанный или запускаемый под нагрузкой двигатель за время 0,9 с, а также крутящий момент двигателя  $M_{дв}$ , угол  $\varphi$  деформации упругого звена привода и соответствующая весу бревен величина момента  $M_c$  сопротивления.

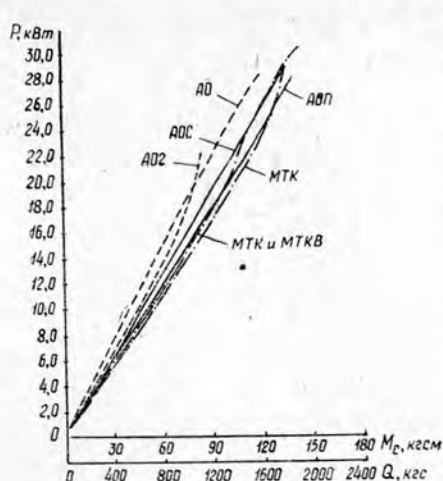


Рис. 1.

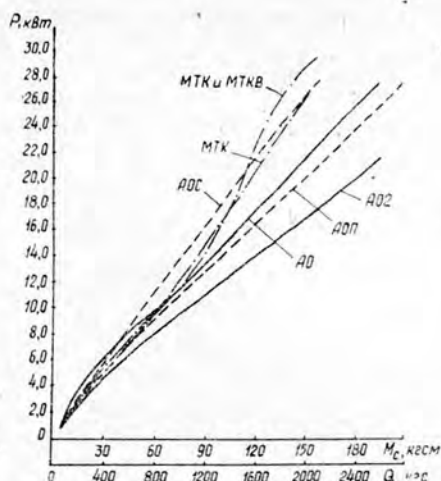
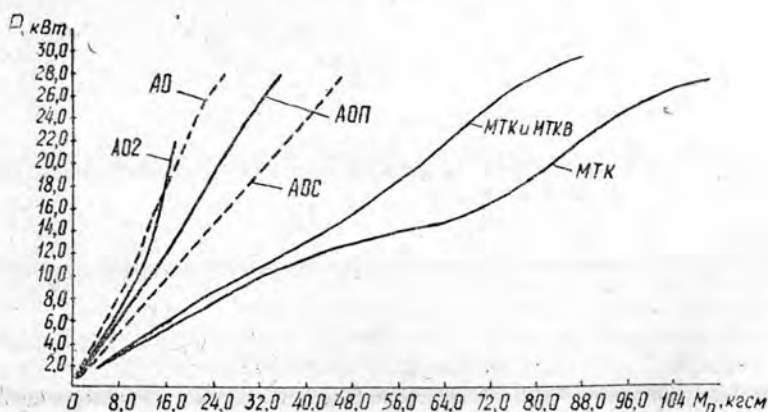


Рис. 2.

По результатам решений систем уравнений построены графики зависимости  $P=f(M_c)$  для электродвигателей, запускаемых под нагрузкой (рис. 1) и разогнанных до номинального числа оборотов (рис. 2).

Установлено, что электродвигатели различных типов, предварительно разогнанные до номинального числа оборотов, преодолевают больший момент  $M_c$  сопротивления, создаваемый сбрасываемым бревном, чем при пуске под нагрузкой. Эта особенность наиболее ощутима для электродвигателей типов АО2 и АО, так как двигатели данных типов обладают меньшим пусковым моментом  $M_{п}$  по сравнению с двигателями типов АОС, МТК и МТКВ.

Рис. 3. График зависимости развиваемых электродвигателями пусковых моментов  $M_{п}$  от установленной мощности  $P$ .

Электродвигатели типов АОП, АОС, МТК и МТКВ при пуске под нагрузкой за оптимальное время рабочего хода сбрасывающих рычагов, преодолевают большие моменты сопротивления, чем двигатели типов АО2 и АО, но не в такой степени, насколько пусковые моменты двигателей первого типа превышают пусковые моменты двигателей

второго типа, что видно из сравнения рис. 1 и рис. 3. Объяснить это можно тем, что электродвигатели типов АОП, АОС, МТК и МТКВ развивают большие пусковые моменты при значительно большем скольжении ротора, чем электродвигатели типов АО2 и АО. Увеличение скольжения связано с уменьшением числа оборотов ротора двигателя, а следовательно, и скорости рабочего хода сбрасывающих рычагов. Поэтому двигатели типов АОП, АОС, МТК и МТКВ в режиме пуска преодолевают нагрузку за более длительное время, которое превышает оптимальное.

Аналогично объясняется превышение моментов  $M_c$  нагрузки, преодолеваемых электродвигателями типов АО2, АО и АОП, предварительно разогнанными до номинального числа оборотов, над соответствующими значениями моментов сопротивления, которые преодолевают разогнанные двигатели типов АОС, МТК и МТКВ (рис. 2).

Большие максимальные (критические) моменты, которыми обладают двигатели типов АОП, АОС, МТК и МТКВ при больших значениях критического скольжения, дают возможность преодолевать значительную нагрузку за продолжительное время, которое в 3—4 раза

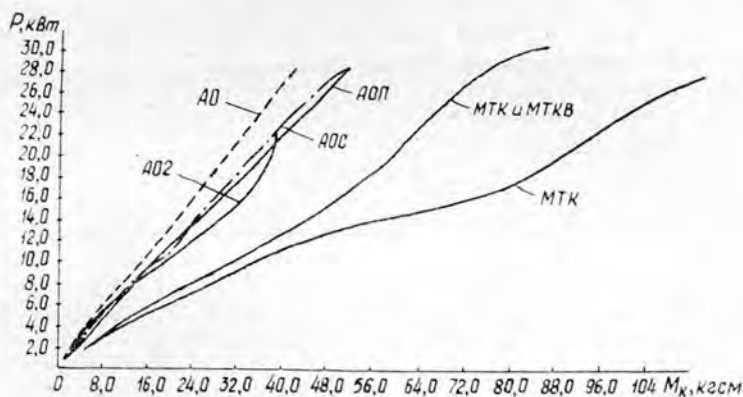


Рис. 4. График зависимости развиваемых электродвигателями критических моментов  $M_k$  от установленной мощности  $P$ .

превышает оптимальное время рабочего хода сбрасывающих рычагов. В то же время электродвигатели типов АО2 и АО, развивающие номинальные и максимальные моменты при меньших значениях номинального и критического скольжения, позволяют преодолевать с большей скоростью сравнительно большие моменты  $M_c$  нагрузки за время сброски 0,9 с. Из рис. 4 видно, что критические моменты, которыми обладают двигатели типов МТК и МТКВ, значительно превышают соответствующие значения критических моментов у двигателей типов АО2 и АО. Тем не менее в режимах работы бревнобрасывателей электродвигатели типов АО2 и АО, разогнанные до номинального числа оборотов, преодолевают большие моменты сопротивления за оптимальное время сброски.

При сравнении электродвигателей различных типов необходимо учесть, что двигатели АОС, МТК и МТКВ имеют меньшие значения номинального числа оборотов, чем двигатели АОП, АО2 и АО. Поэтому для обеспечения оптимального времени движения сбрасывающих рычагов передаточное число приводного механизма с двигателями

типов АОС, МТК и МТКВ должно быть меньше, чем механизма с двигателями АОП, АО2 и АО.

С уменьшением передаточного числа приводного механизма бревносбрасывателя уменьшается приведенное к рычагам значение крутящего момента двигателя, а следовательно, и значение преодолеваемого момента  $M_c$  нагрузки. Отсюда следует, что в качестве привода бревносбрасывателя целесообразнее использовать электродвигатель с относительно высоким числом оборотов.

С другой стороны, применение электродвигателей с большим числом оборотов ведет к увеличению передаточного числа и габаритов редуктора бревносбрасывателя. Установлено, что в качестве привода бревносбрасывателей лучше использовать двигатели, у которых синхронное число оборотов ротора в 1 мин равно 1500. Эти электродвигатели, по сравнению с другими, имеют самую высокую кратность пускового и критического моментов, небольшие габариты и вес, обеспечивают оптимальное время сброски при достаточной величине крутящего момента и позволяют применять редукторы с небольшим передаточным числом. Крановые двигатели типов МТК и МТКВ, серийно выпускаемые промышленностью, имеют максимальное синхронное число оборотов ротора в 1 мин, равное 1000.

Асинхронные двигатели типов АОП, АОС, МТК и МТКВ обладают хорошей перегрузочной способностью. Однако из-за больших значений критического скольжения перегрузочная способность двигателей этих типов не может быть полностью использована в приводах бревносбрасывателей, в которых наряду с требованием к величине крутящего момента первостепенную роль играет скорость движения сбрасывающих рычагов (время сброски). Поэтому применение электродвигателей типов АОП, АОС, МТК и МТКВ в качестве приводов бревносбрасывателей, оборудованных муфтами сцепления для отключения двигателя на период разгона, нельзя признать целесообразным.

Для указанных конструкций бревносбрасывателей в качестве приводных лучше использовать двигатели типов АО2 и АО как более дешевые и в то же время (особенно двигатели АО2) обеспечивающие сброску бревен большего веса.

В бревносбрасывателях, в которых пуск двигателя производится под нагрузкой, то есть момент включения двигателя совпадает с началом движения сбрасывающих рычагов, в качестве привода лучше использовать электродвигатели типов МТК и МТКВ, а также АОС и АОП.

При проектировании бревносбрасывателей с индивидуальным электромеханическим приводом, в зависимости от их конструктивного исполнения, можно воспользоваться приведенными выше рекомендациями и результатами исследования по выбору типа и мощности асинхронного короткозамкнутого электродвигателя.

Поступила 31 декабря 1974 г.

УДК 62-52

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РЕГУЛИРУЕМОЙ УСТАНОВКИ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОТБОРА ВОЗДУХА

Г. Ф. КОЗОРИЗ

Львовский лесотехнический институт

Исследования на экспериментальной универсальной пневмотранспортной системе с автоматически регулируемой производительностью, изготовленной в натуральную величину, подтвердили справедливость аналитических зависимостей, описывающих работу установки дополнительного отбора воздуха, и возможность существенной экономии электроэнергии при изменении этих систем в деревообрабатывающей промышленности.

В результате теоретических исследований были получены уравнения для определения основных параметров установок дополнительного отбора воздуха с регулируемым режимом работы [3] и сделан вывод о существенном снижении потребляемой ими мощности.

Для опытной проверки теоретических положений в лаборатории исследования машин и процессов кафедры ТМ и ДМ ЛЛТИ была изготовлена в натуральную величину и смонтирована экспериментальная пневмотранспортная система с магистральным трубопроводом постоянного сечения и автоматически плавно регулируемой производительностью [1]. Скорость вращения вентилятора дополнительного отбора воздуха регулируется с помощью цепного вариатора ВЦ-4, управляемого системой автоматического регулирования [2]. На трубопроводах-ответвлениях установлены управляемые шиберы с приводами от электромагнитов.

Методика экспериментальных исследований предусматривала одновременное измерение всех необходимых параметров в разных точках установки. Давление измеряли с помощью дифференциального тягомера типа ДТ2 (датчика) и самописца типа ДС1.

В качестве приемников динамического давления использовали комбинированные пневмометрические трубки, а статического давления — отверстия в стенках трубопровода. Скорость вращения центробежных вентиляторов измеряли с помощью тахометрических генераторов ТМГ-ЗОП, соединенных муфтами с валами роторов вентиляторов. В качестве вторичного прибора применяли вольтметр В1500/5. Мощность измеряли ваттметром-самописцем типа Н 348.

По разработанной методике были проведены экспериментальные исследования зависимости скорости вращения вентилятора установки дополнительного отбора воздуха от ее производительности и от суммарного эквивалентного отверстия подключенных ответвлений, а также зависимости потребляемой мощности от производительности установки.

Зависимость скорости вращения вентилятора установки дополнительного отбора воздуха от ее производительности можно описать уравнением (1) [4]

$$n = \frac{-BQ + \sqrt{B^2Q^2 + 4C \left[ Q^2(M - A) + \frac{\rho}{2} Q^2 m^2 + H_0 \right]}}{2C} \text{ об/мин, (1)}$$

где  $A, B, C$  — постоянные коэффициенты;

$Q$  — производительность установки, тыс. м<sup>3</sup>/ч;

$m$  — характеристика магистрального трубопровода, определяемая экспериментально, 1/м<sup>2</sup>;

$H_0$  — статическое давление в магистральном трубопроводе, кгс/м<sup>2</sup>;

$\rho$  — плотность воздуха, кгс·с<sup>2</sup>/м<sup>4</sup>.

Для вентилятора Ц-13-50 № 4  $A = -0,33$ ;  $B = 3,75 \cdot 10^{-3}$ ;  $C = 45,4 \cdot 10^{-6}$  [5].

Величину  $M$  определяют по уравнению

$$M = \frac{8\rho}{3,6^2 \pi^2 d^4} \left( \lambda \frac{l}{d} + \Sigma \xi \right) \frac{\text{кгс} \cdot \text{с}^2}{\text{м}^8}, \quad (2)$$

где  $\lambda$  — коэффициент трения в прямой трубе;

$\Sigma \xi$  — сумма коэффициентов местных сопротивлений;

$l$  — длина трубопровода, м;

$d$  — диаметр трубопровода, м.

Полученные данные приведены на рис. 1 (экспериментальные — штриховыми кривыми, расчетные — сплошными). Относительные отклонения расчетных величин от экспериментальных не превышают 5%, что лежит в пределах точности изготовления пневмотранспортных установок.

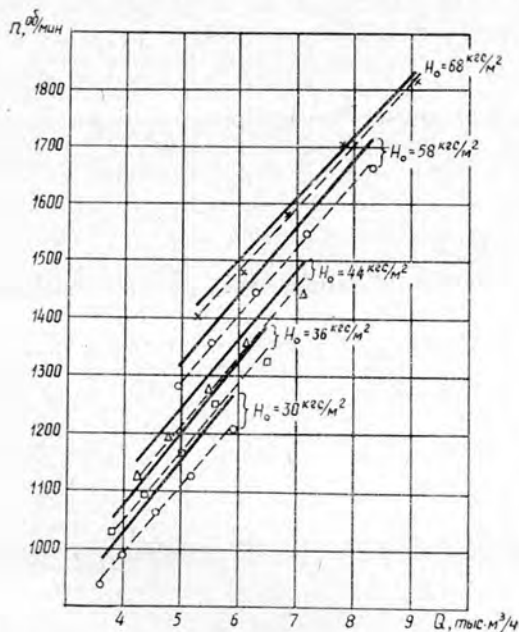


Рис. 1. Зависимость скорости вращения вентилятора установки дополнительного отбора воздуха от ее производительности.

Зависимость скорости вращения вентилятора установки дополнительного отбора воздуха от суммарного эквивалентного отверстия подключенных (работающих) ответвлений можно описать уравнением

$$n = \frac{\beta (e^{F_{at} m} - e^{-F_{at} m}) \left\{ -B + \sqrt{B^2 + 4C \left[ M - A + \frac{\rho m^2}{2 \cdot 3,6^2} + \frac{H_0}{\beta^2 (e^{F_{at} m} - e^{-F_{at} m})^2} \right]} \right\}}{2C}, \quad (3)$$



где  $\beta$  — постоянная величина для каждой пневмотранспортной системы;

$F_{at}$  — суммарное эквивалентное отверстие подключенных ответвлений при различных режимах работы пневмотранспортной системы;

$F_{at_{max}}$  — максимальное для данной пневмотранспортной системы суммарное эквивалентное отверстие ответвлений, м<sup>2</sup>;

$$\beta = \frac{Q_{max}}{e^{F_{at_{max}} \cdot m} - e^{-F_{at_{max}} \cdot m}}.$$

Результаты расчетов по уравнению (3) и данные экспериментов приведены на рис. 2. Относительные отклонения расчетных и экспериментальных величин  $n$  не превышают 5%, что лежит в пределах точности изготовления пневмотранспортных установок.

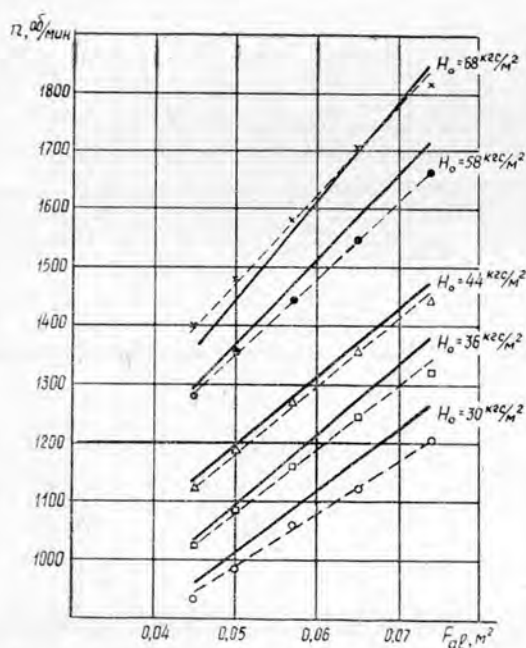


Рис. 2. Зависимость скорости вращения вентилятора установки дополнительного отбора воздуха от суммарного эквивалентного отверстия подключенных ответвлений.

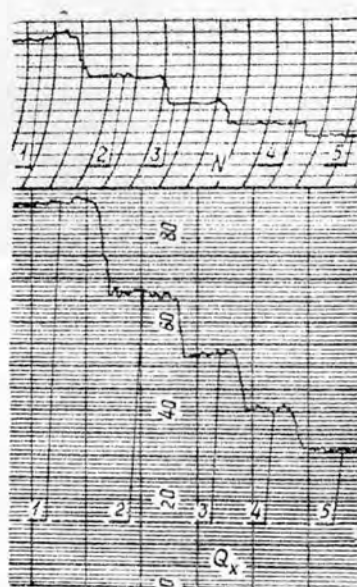


Рис. 3.

На рис. 3 приведены совмещенные диаграммы изменения потребляемой мощности  $N$  и производительности  $Q$  установки дополнительного отбора воздуха. (Эксперименты проводили для пяти статических давлений в коллекторе). Из диаграмм видно, что изменение производительности влечет за собой соответствующее изменение потребляемой мощности. Зависимость  $N$  от  $Q$ , построенная по данным диаграмм, приведена на рис. 4. Из рис. 3 и 4 видно, что с уменьшением производительности установки дополнительного отбора воздуха снижается расходуемая ею мощность.

Экспериментальные исследования подтвердили справедливость аналитических закономерностей для определения скорости вращения

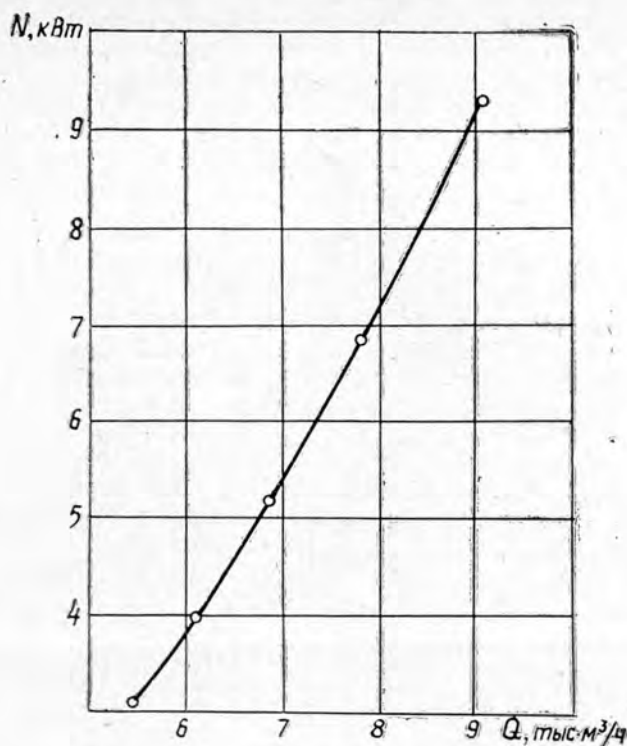


Рис. 4.

центробежного вентилятора установки дополнительного отбора воздуха в зависимости от его производительности или суммарного эквивалентного отверстия подключенных ответвлений, а также возможность существенной экономии электроэнергии при применении пневмотранспортных систем с плавно регулируемой производительностью в деревообрабатывающей промышленности.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Бордюг А. И., Гофман А. И., Козориз Г. Ф. Регулируемые пневмотранспортные установки для деревообрабатывающей промышленности. — В сб.: Комплексная механизация и автоматизация подъемнотранспортных работ в лесной и деревообрабатывающей промышленности. Всесоюзное научно-техническое совещание. Доклады, ч. III, М., 1970. [2]. Гофман А. И., Козориз Г. Ф. Универсальные пневмотранспортные установки с регулируемой производительностью. — В сб.: Новое в заводском и межзаводском транспорте предприятий лесной и деревообрабатывающей промышленности. Л., изд-во Ленинградского дома научно-технической пропаганды, 1972. [3]. Козориз Г. Ф. Новое в пневматическом транспорте деревообрабатывающих предприятий. М., ВНИИПИЭИЛеспром, 1970. [4]. Козориз Г. Ф. Теоретические основы работы установки дополнительного отбора воздуха универсальной пневмотранспортной системы с автоматически регулируемой производительностью (на украинском языке). — В сб.: Лісова, паперова і деревообробна промисловість, вып. 9, Киев, «Будівельник», 1971. [5]. Козориз Г. Ф. Определение производительности, давления и скорости вращения центробежных вентиляторов. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1971, № 3.

Поступила 6 октября 1975 г.

## ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 634.0.3 : 330.115

ОПЫТ ПОСТРОЕНИЯ ГРАФА СВЯЗЕЙ  
ЭКОНОМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК  
ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА  
С УСЛОВИЯМИ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ

Л. М. ЧЕРНЯКЕВИЧ

Ленинградская лесотехническая академия

Проведен анализ связей экономических характеристик лесозаготовительного производства с условиями лесопользования методом построения графа связей и матрицы смежности.

При анализе влияния условий лесопользования на экономические показатели лесозаготовительного производства необходим качественный отбор наиболее существенных факторов и выяснение взаимосвязи между ними и экономическими характеристиками. Все эти связи сложны, поэтому для систематизации материала предлагаем построение графа связей [1].

Влияние условий лесопользования на экономические характеристики лесозаготовительного производства определим следующей системой показателей  $Y$ :

- $y_1$  — себестоимость обезличенного кубометра древесины, р.;
- $y_2$  — комплексная выработка на одного рабочего лесозаготовок, м<sup>3</sup>;
- $y_3$  — фондоемкость, р./м<sup>3</sup>;
- $y_4$  — годовой объем производства лесозаготовок, м<sup>3</sup>;
- $y_5$  — объем главного пользования с 1 га покрытой лесом площади, м<sup>3</sup>/год;
- $y_6$  — объем промежуточного пользования с 1 га покрытой лесом площади, м<sup>3</sup>/год.

При оценке экономических условий  $A$  необходимо прежде всего учитывать народнохозяйственное назначение лесов  $a_1$ , которое определяет дифференцированный подход к организации лесопользования.

Режимы лесопользования могут быть: децентрализованными — в лесах I группы, ограниченно-централизованными — в лесах II группы, централизованными — в лесах III группы. Следует отметить, что необходима более дробная дифференциация как по экономическим, так и по естественноисторическим условиям, где особая роль принадлежит экономическому районированию и классификации лесов по типам леса и типам условий местопроизрастания.

Экономические характеристики лесозаготовительного производства формируются под воздействием системы экономических факторов  $A$ :

- $a_1$  — группа лесов;
- $a_2$  — населенность, чел./км<sup>2</sup>;
- $a_3$  — густота сети дорог общего пользования, км/100 га;
- $a_4$  — лесистость, %;
- $a_5$  — удовлетворение потребности района в древесине.

Режим лесопользования определим следующей системой показателей  $B$ :

- $b_1$  — виды рубок главного пользования;
- $b_2$  — срок примыкания лесосек;
- $b_3$  — ширина лесосек, м;
- $b_4$  — объем древесины, выбираемой с делянки, м<sup>3</sup>;
- $b_5$  — густота сети специализированных лесных дорог, км/100 га.

Экономические характеристики лесозаготовительного производства зависят также от естественноисторических факторов.

В. Н. Сукачев [3] отмечал, что применительно к отдельному лесохозяйственному мероприятию, несмотря на то, что оно находится в зависимости только от нескольких природных свойств леса, нужно рассматривать и другие свойства леса, зная, что все его компоненты взаимосвязаны и взаимозависимы.

Использование типов леса при анализе экономических характеристик лесозаготовительного производства позволило бы наиболее полно и точно учесть механизм и меру влияния естественноисторических условий. Но при современной системе учета лесного фонда и при преобладании сплошнолесосечной формы хозяйства внедрить типологию почти не удастся. Поэтому естественноисторические факторы определяем системой следующих таксационных показателей лесного фонда  $C$  и лесосечного фонда  $D$ :

- $c_1$  — возрастная структура насаждений;
- $d_1$  — породный состав эксплуатационного фонда;
- $d_2$  — средний объем хлыста, м<sup>3</sup>;
- $d_3$  — ликвидный запас на 1 га эксплуатационной и общей площади, м<sup>3</sup>;
- $d_4$  — среднее расстояние вывозки, км.

Для объективной оценки показателей лесозаготовительного производства необходимо учитывать своеобразие форм организации предприятий, то есть типы предприятий [2]. Тип предприятий — это тип их производственной организации. Система типобразующих факторов  $E$  включает:

- $e_1$  — формы концентрации производства;
- $e_2$  — формы комбинирования производств;
- $e_3$  — формы специализации и кооперации;
- $e_4$  — характер преобладающего транспорта на вывозке древесины;
- $e_5$  — характер примыкания.

Из природных факторов  $L$  большое влияние на экономические характеристики лесозаготовительного производства оказывают рельеф местности  $l_1$  и климатические условия  $l_2$ .

Экономические характеристики лесозаготовительного производства всегда находятся под воздействием всего комплекса типобразующих факторов и условий и изменяются соответственно при их изменении.

Изложенная классификация условий лесопользования отражает основные, на наш взгляд, факторы. В соответствии с конкретными целями исследования она может быть изменена и дополнена.

При установлении взаимосвязей условий лесопользования с экономическими характеристиками лесозаготовительного производства хорошие возможности дает применение методов теории графов. Графы взаимосвязей объективно отражают характеристики изучаемого объекта и позволяют схематизировать процесс, надежно контролировать качество материалов обследования с точки зрения полноты и правильности проведенной работы.

Классификация условий лесопользования, типобразующих факторов и экономических характеристик лесозаготовительного производства может быть представлена в виде системы множеств:

$$A = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5\};$$

$$B = \{b_1, b_2, b_3, b_4, b_5\};$$

$$C = \{c_1\};$$

$$D = \{d_1, d_2, d_3, d_4\};$$

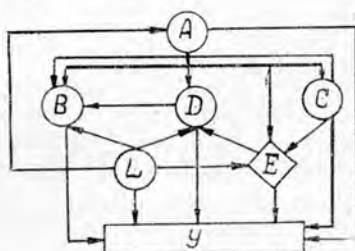
$$E = \{e_1, e_2, e_3, e_4, e_5\};$$

$$L = \{l_1, l_2\};$$

$$Y = \{y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6\}.$$

Между множествами существуют объективные взаимосвязи, которые могут быть изображены графом (рис. 1).

Рис. 1. Граф связей экономических характеристик лесозаготовительного производства с условиями лесопользования и типобразующими факторами.



Множества  $A, B, C, D, E, L, Y$  являются вершинами графа. Линии, соединяющие две любые пары множеств, называются дугами графа. Направленность дуг графа от множества к его отображению характеризует взаимосвязь между ними. Граф содержит однозначное и многозначное отображения:

$$\Gamma_A = \{B, C, D, E, Y\}; \quad \Gamma_B = \{Y\}; \quad \Gamma_C = \{B, E, Y\}; \quad \Gamma_D = \{B, Y\};$$

$$\Gamma_L = \{A, B, D, E, Y\}; \quad \Gamma_E = \{D, Y\}.$$

Все множества оказывают непосредственное влияние на множество  $Y$ , в то же время эти множества взаимосвязаны. Например, экономические условия  $A$ , типобразующие факторы  $E$  и т. д. непосредственно влияют на экономические характеристики лесозаготовительного производства; влияние экономических условий сказывается и косвенно через другие факторы:  $B, C, D, E$ . В графе не указаны связи, которые возникают при рассмотрении процесса лесопользования в динамике (например, взаимосвязь между режимом лесопользования  $B$  и таксационными показателями лесного и лесосечного фонда  $C$  и  $D$  и соответствующие обратные связи).

Построение и анализ графа, исследуемого по элементам множеств, представляют значительные трудности, так как граф содержит 28 вершин и 144 дуги. Поэтому рассмотрим его по подграфам.

В целях наглядности при дальнейших построениях разобьем граф на подграфы так, чтобы взаимосвязи между множествами  $A, B, C, D, E, L, Y$  не повторялись (рис. 2). Строим графы, вершинами которых будут элементы системы множеств  $A, B, C, D, E, L, Y$ . Построение этих графов необходимо для уточнения и конкретизации ранее построенного графа, так как, возможно, при более детальном рассмотрении могут быть выявлены дополнительные связи. Графы связей

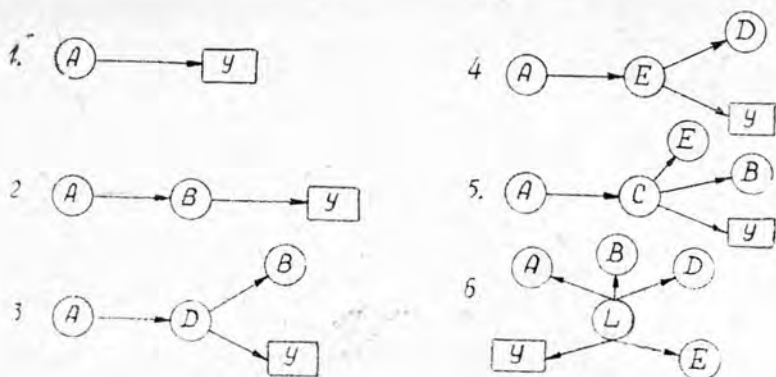
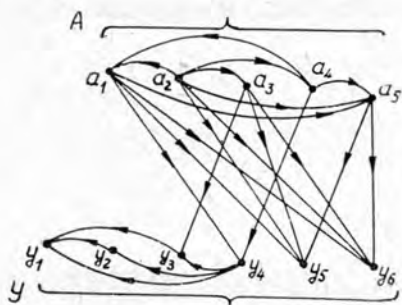
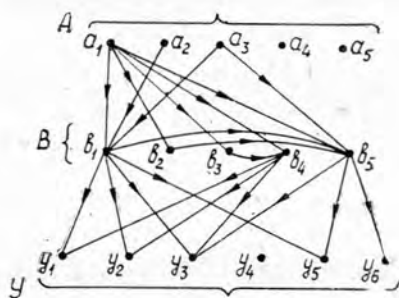


Рис. 2.

элементов множеств строим по подграфам 1, 2, 3, 4, 5, 6 графа связей множеств (рис. 1).

Граф, изображенный на рис. 3, отражает связи между факторами, характеризующими экономические условия, в которых осуществляется процесс лесопользования, между экономическими характеристиками лесозаготовительного производства и связи экономических условий и экономических характеристик лесозаготовительного производства. Например, на интенсивность лесопользования влияют групп лесов, населенность территории района и развитие дорожной сети и т. д.

Рис. 3. Граф связей элементов множеств  $A$  и  $Y$ ,  $A$ ,  $Y$ .Рис. 4. Граф связей элементов множеств  $A$  и  $B$ ,  $B$  и  $Y$ ,  $B$ .

Граф, представленный на рис. 4, характеризует связи между экономическими условиями, режимом лесопользования и экономическими характеристиками лесозаготовительного производства.

Графы связей множеств  $A$ ,  $B$ ,  $D$ ,  $Y$ ;  $A$ ,  $E$ ,  $D$ ,  $Y$ ;  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $E$ ,  $Y$ ;  $A$ ,  $B$ ,  $E$ ,  $D$ ,  $L$ ,  $Y$  изображены соответственно на рис. 5—8. Связи между элементами этих множеств характеризуются дугами графа, а направленность дуг графа определяет направление связи.

Анализ связей выполним с помощью матрицы смежности, построенной по подграфам (рис. 3—8) графа связей экономических характеристик лесозаготовительного производства с условиями лесопользования (табл. 1).

Элементы  $n$  матрицы смежности  $N$  численно равны количеству дуг графа, идущих из  $i$ -той вершины в  $j$ -тую. Например, из вершины  $a_1$

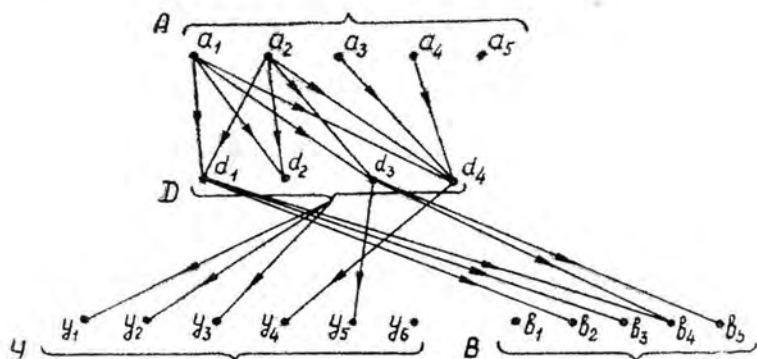


Рис. 5. Граф связей элементов A и D, D и B, D и Y, D.

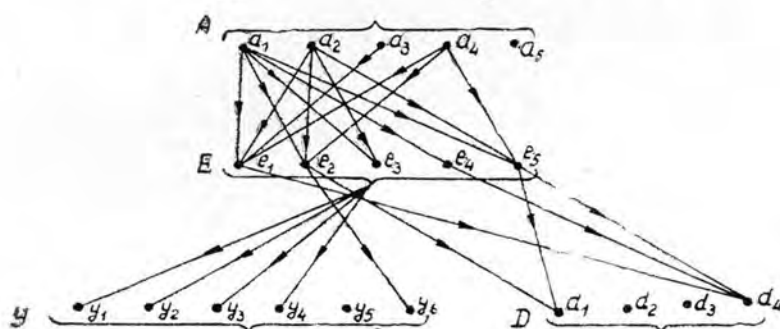


Рис. 6. Граф связей элементов множеств A и E, E и D, E и Y, E.

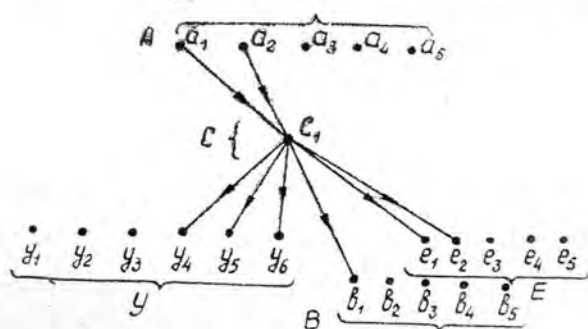


Рис. 7. Граф связей элементов множеств A и C, C и B, C и E, C и Y.

дуги идут в вершины  $b_1, b_2, b_3$  и т. д., то есть группа лесов определяет виды рубок главного пользования, срок примыкания лесосек, ширину лесосеки и т. д.

Количество дуг, исходящих из  $i$ -той вершины (полустепень исхода  $P^-(i)$ ) и входящих в  $i$ -тую вершину (полустепень захода  $P^+(i)$ ), численно равно

$$P^-(i) = \sum_{i=1}^{28} n_i; \quad P^+(i) = \sum_{j=1}^{28} n_j \quad (i=j).$$

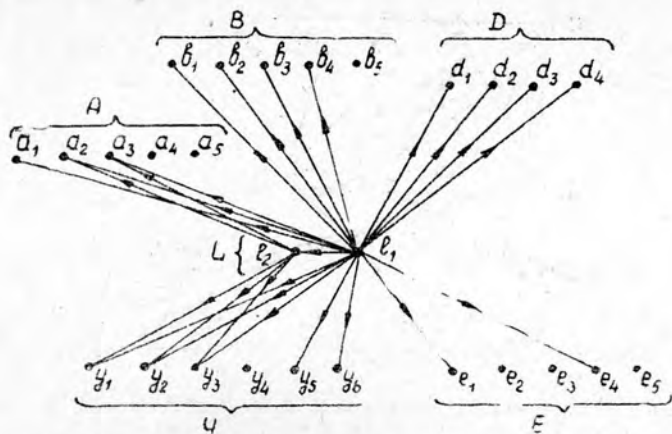


Рис. 8. Граф связей элементов множеств  $A$  и  $L$ ,  $B$  и  $L$ ,  $D$  и  $L$ ,  $E$  и  $L$ ,  $L$  и  $Y$ ,  $L$ .

Из вершины  $a_1$  графа связей исходит 19 дуг, из  $a_2$  — 16 дуг и т. д.; в вершину  $a_1$  входит 3 дуги и т. д.

Граф связей экономических характеристик лесозаготовительного производства с условиями лесопользования систематизирует всю информацию, необходимую для анализа взаимосвязей, позволяет проконтролировать полноту и правильность анализа. Однако из всего множества связей, включенных в рассматриваемые графы, должны быть отобраны существенно важные; а несущественные можно опустить. Существенность связей может быть оценена методами корреляционного (дисперсионного) анализа.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Алферова З. В., Езжева В. П. Применение теории графов в экономических расчетах. М., «Статистика», 1971. [2]. Лобовиков Т. С. Концентрация производства в лесозаготовительной промышленности. Докторская диссертация. Л., 1969. [3]. Сукачев В. Н. Основные принципы лесной типологии. — Труды совещания по лесной типологии. М., АН СССР, 1951.

Поступила 7 октября 1975 г.



УДК 634.0.73

## ИЗМЕНЕНИЕ ЦЕН ПО РАЙОНАМ, ВИДАМ ФРАНКО И ГРУППАМ ЛЕСОПРОДУКЦИИ

В. М. КОЖИН

ЦНИИМЭ

Рассматриваются методические вопросы, приводятся формулы по изменению оптовых цен на круглые лесоматериалы.

Установление оптовых цен на лесопroduкцию франко-вагон станция назначения и системы скидок и надбавок для перехода к ценам на другие виды франко не может учесть на 7—10 лет всех объективных и субъективных факторов, оказывающих влияние на себестоимость продукции, прибыль и рентабельность лесозаготовительного производства.

Поэтому при всей тщательности разработки прейскуранта оптовых цен возникает необходимость внесения изменений по областям, краям и республикам, по видам франко и группам лесопroduкции. Оговоримся, что речь здесь идет об изменении оптовых цен для предприятий-заготовителей; для предприятий-потребителей они остаются неизменными; все изменения цен осуществляются либо в пределах лесозаготовительной отрасли, либо по согласованию с Госнабмом СССР путем передачи части прибыли лесосбытовых организаций предприятиям-поставщикам.

Это обстоятельство определило и методику разработки оптовых цен, введенных с 1 января 1974 г. Однако отсюда вовсе не следует, что ценообразование на базе себестоимости перестало быть научно-обоснованным. Напротив, средний уровень общественно необходимых затрат — единственно объективная основа построения цен.

Необходимость изменения оптовых цен на круглые лесоматериалы по районам вызвана значительными отклонениями рентабельности лесозаготовок, сплава и лесоперевалки от средней по отрасли, что наглядно видно из данных табл. 1.

Таблица 1

Объединения и комбинаты	Рентабельность за 1972 г., %	
	Лесозаготовки	Сплав и лесоперевалка
„Комилеспром“	4,7	10,6
„Костромалеспром“	4,5	4,2
„Томлеспром“	0,2	2,8
„Красноярсклеспром“	5,3	3,8
„Удмуртлес“	33,1	47,6
„Новгородлес“	20,0	—13,7
„Камчатлес“	49,3	—62,6
В целом по Минлеспрому	14,0	10,8

Изменение оптовых цен на круглые лесоматериалы  $n_i$  по районам при неизменных ценах назначения определяют путем корректи-

ровки скидок и надбавок для перехода от цен назначения к ценам отправления.

Для области, края и республики со сверхнормативной рентабельностью

$$n'_n = \frac{(C'_\phi - C'_\phi) Q_0 - C'_\phi P_n Q'_0}{Q'_d}, \quad (1)$$

где  $C'_\phi$  — средняя фактическая оптовая цена обезличенного кубометра древесины без учета франко, р.;

$C'_\phi$  — фактическая себестоимость обезличенного кубометра древесины, р.;

$Q'_0$  — годовой объем вывозки, тыс. м<sup>3</sup>;

$P_n$  — нормативная рентабельность круглых лесоматериалов в долях единицы;

$Q'_d$  — годовой объем деловой древесины, на которую распространяется изменение скидки или надбавки.

Для областей, краев и республик, где требуется повысить рентабельность

$$n''_n = \frac{n'_n Q'_d}{Q''_d}, \quad (2)$$

где  $Q''_d$  — годовой объем деловой древесины хвойных или мягколиственных пород, на которую предполагается распространить изменение скидок или надбавок.

Проектируемая рентабельность лесозаготовок по областям, краям и республикам после изменения скидок или надбавок

$$P_{пр} = \frac{(C''_\phi - C''_\phi) Q''_0 + n''_n Q''_d}{C''_\phi Q''_0} \cdot 100, \quad (3)$$

где  $C''_\phi$  — средняя фактическая оптовая цена обезличенного кубометра древесины до изменения скидок или надбавок;

$C''_\phi$  — фактическая себестоимость обезличенного кубометра древесины;

$Q''_d$  — годовой объем деловой древесины по районам, в которых рентабельность намечено повысить путем изменения скидок;

$Q''_0$  — годовой объем вывозки древесины по тем же районам.

Предложенным методом были выполнены расчеты к новому прейскуранту цен на лесопroduкцию № 07—03, введенному с 1 января 1974 г. для ряда областей, краев и республик. Согласно этим расчетам, рентабельность лесозаготовок по «Комилеспрому» предусмотрена в размере 18,6%, «Костромалеспрому» — 17,2%, «Томлеспрому» — 20%, «Красноярсклеспрому» — 22%, по «Удмуртлесу» — 22,7%, «Камчатлесу» — 36,2% и т. д.

Изменение оптовых цен на круглые лесоматериалы по видам франко производят в случае повышения оптовых цен франко-вагон станция отправления, а также для выравнивания уровня рентабельности лесозаготовительных и сплавных предприятий внутри комбинатов и объединений.

Размер изменения скидок или надбавок по различным видам франко

$$I_{\phi} = (C_{\phi} + C_{\phi} P_n - C_{\phi}) \frac{Q_o}{Q_d}, \quad (4)$$

- где  $C_{\phi}$  — фактическая себестоимость одного обезличенного кубометра древесины, р.;
- $P_n$  — нормативная рентабельность лесозаготовок, сплава и лесоперевадки в долях единицы;
- $C_{\phi}$  — оптовая цена одного обезличенного кубометра древесины, р.;
- $Q_o$  — годовой объем вывозки древесины по району, тыс. м<sup>3</sup>;
- $Q_d$  — годовой объем вывозки деловой древесины к тому франко, по которому изменяют скидки или надбавки.

Так, по комбинату «Новгородлес» убыточность сплавных и лесоперевадочных работ удалось ликвидировать, увеличив на 70 к./м<sup>3</sup> скидку на деловую древесину, поставляемую по железной дороге, то есть путем некоторого снижения рентабельности лесозаготовок (на 1,4%). То же сделано и для ряда других районов.

В условиях, когда оптовые цены франко-вагон станция отправления и франко-верхние рюмы определяются путем применения скидок или надбавок к ценам назначения, сильно нарушаются ценностные соотношения между сортаментами деловой древесины, между деловой древесиной и технологическими дровами, между технологическими и топливными дровами. При изменении оптовых цен на отдельные группы круглых лесоматериалов необходимо установить правильное ценностное соотношение, исходя из равенства

$$n_1 Q_1 = n_2 Q_2,$$

то есть

$$n_2 = \frac{n_1 Q_1}{Q_2}, \quad (5)$$

- где  $n_1$  — размер скидок или надбавок на деловую древесину хвойных пород;
- $n_2$  — то же для лиственных пород, технологических дров или других групп лесоматериалов;
- $Q_1$  — годовой объем деловой древесины хвойных пород;
- $Q_2$  — то же для лиственных пород, технологических дров или других групп лесоматериалов, по которым изменяются скидки или надбавки.

Так, для Красноярского края увеличение скидки на дрова технологические франко-вагон станция отправления в размере 2 р. 10 к. на 1 м<sup>3</sup> и на верхних рюмах — 2 р. 30 к. на 1 м<sup>3</sup> позволило уменьшить скидки на деловую древесину на верхних рюмах на 10 к., в пунктах отправления по железной дороге — на 20 к. В результате цена технологических дров оказалась на уровне между ценами низкотоварной деловой древесины и топливных дров. Аналогичные изменения сделаны еще по 10 областям.

Однако корректировка цен путем изменения скидок или надбавок должна рассматриваться как временная мера в период между коренными пересмотрами прейскурантов. Нужны действенные меры по совершенствованию методологии и организации ценнообразования.

Поступила 1 апреля 1974 г.

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 634.0.232.3

ОСОБЕННОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ СЕЯНЦЕВ  
ЛИСТВЕННОЙ ДАУРСКОЙ В ЗАБАЙКАЛЬЕ

В. П. БОБРИНОВ

Институт леса и древесины СО АН СССР

Приведены особенности агротехники выращивания сеянцев лиственницы даурской, позволяющие получить плановое количество стандартных 2-летних сеянцев лиственницы в тяжелых климатических условиях Забайкалья.

Попытки выращивания сеянцев лиственницы даурской по общепринятой агротехнике, без учета климатических условий Забайкалья, на лесных питомниках Читинской области были неудачными.

Опытные работы показали, что посевы лиственницы даурской требуют регулярных поливов. Наряду с этим, для получения планового выхода (800 тыс. шт.) стандартных 2-летних сеянцев необходимы предпосевная обработка семян, предпосевное внесение и подкормка сеянцев минеральными удобрениями.

Работы проводили на поливном питомнике Читинского лесхоза. Почвы слабооподзоленные, супесчаные; степень обеспеченности азотом и фосфором очень низкая, калием — средняя; реакция среды нейтральная ( $pH = 6,0$ ).

При испытании различных способов предпосевной обработки семян лиственницы даурской оптимальные результаты были получены:

а) при 18-часовом замачивании семян в 0,02%-ном растворе микроэлементов — меди, цинка;

б) при снеговании в ящиках. В начале марта в ящики на 10-сантиметровый слой снега укладывали в марлевых мешочках слоем 5—6 см семена, предварительно намоченные в воде при комнатной температуре в течение 18 ч. Сверху и с боков мешочки засыпали 10—15-сантиметровым слоем снега. Ящики с семенами помещали в хранилище с температурой 0—5°C. Перед посевом семена протравливали 1%-ным раствором марганцевокислого калия в течение 3 ч и подсушивали в тени до хорошей сыпучести. Глубина заделки семян 1,5 см, норма высева 2 г на 1 пог. м строчки.

Обработка семян растворами микроэлементов повысила грунтовую всхожесть на 35—45%; при снеговании она увеличилась более чем на 50%. Всходы из семян, обработанных этими способами, появились на 6—8 дней раньше, чем из семян, намоченных в воде. Это очень важно в условиях засушливого лета и короткого вегетационного периода.

Одновременно с высевом семян производили мульчирование опилками слоем 1,5—2 см. При появлении всходов мульчирование повторяли. В этом случае корневые шейки всходов находятся в слое опилок, что предохраняет их от солнечных ожогов.

Чтобы сеянцы лиственницы к наступлению сухой и жаркой погоды успели окрепнуть и подготовиться к перезимовке, целесообразен весенний посев — как только верхний 15—20-сантиметровый слой почвы прогреется до 8—10° С (II декада мая). Летние посевы не успевают закончить рост, и зимой верхушки сеянцев подмерзают. Осенние посевы лиственницы в местных условиях не дают положительных результатов.

В мае — июне производили поливы через 3—4 дня; норма полива 100—120 м<sup>3</sup>/га, в дальнейшем — по мере необходимости. При регулярных поливах и мульчировании посевы лиственницы не нуждаются в затенении.

Уход за культурами (5-кратный в течение лета) заключался в прополке и рыхлении почвы культиваторами. В начале вегетационного периода чрезмерно загущенные 2-летние посевы изреживали, оставляя 35—45 сеянцев на 1 пог. м строчки.

В условиях Забайкалья для получения в нужном количестве стандартного посадочного материала необходимо применение минеральных удобрений. На питомнике испытывали воздействие различных минеральных удобрений и их смесей на рост сеянцев. В первый год выращивания сеянцев лучшие результаты получены при следующей схеме применения удобрений: фосфорное удобрение (80 кг/га) вносили в

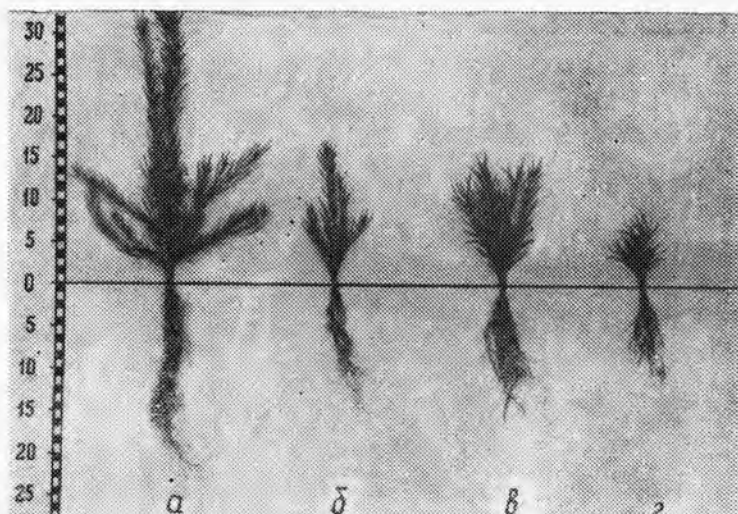


Рис. 1. Влияние удобрений на рост сеянцев лиственницы даурской.

*а* — двухлетние сеянцы лиственницы, выращенные с применением удобрений; *б* — то же без удобрений; *в* — однолетние сеянцы лиственницы, выращенные с применением удобрений; *г* — то же без удобрений.

почву при зяблевой вспашке, в июле производили подкормку азотными удобрениями (60 кг/га), а в августе — калийными (20 кг/га). Норма удобрений приводится по действующему началу. Однолетние сеянцы лиственницы оказались равноценными двухлетним, выращенным без удобрений (рис. 1). Высота сеянцев увеличилась по сравнению с контролем более чем в 2 раза, а вес более чем в 3 раза.

Во второй год выращивания сеянцев лиственницы лучшие результаты получены при подкормке удобрениями: ранней весной — азотными (60 кг/га) и фосфорными (40 кг/га); в июле — фосфорными (40 кг/га) и калийными (20 кг/га). При такой подкормке высота сеянцев увеличивается на 80%, вес сеянцев в 3 раза, а выход стандартных сеянцев составил 150% к плановому; на контрольном участке — только 75%.

В условиях Забайкалья при оттаивании почвы в апреле на 8—10 см у лиственницы начинают распускаться почки. Посадка лиственницы с распускающимися почками дает массовый отпад. Поэтому целесообразны осенняя выкопка сеянцев и зимнее их хранение в специальных хранилищах при температуре от  $-1$  до  $+1^{\circ}\text{C}$ . Сеянцы для посадок можно брать из хранилища в любое время.

В заключение отметим, что сеянцы лиственницы даурской, получившие азотные, фосфорные и калийные удобрения, лучше растут, имеют хорошо развитую корневую систему. Мульчирование и регулярные поливы посевов дали возможность отказаться от дорогостоящего отенения. Все это позволило увеличить выход сеянцев с единицы площади и соответственно снизить себестоимость их выращивания.

УДК 634.0.2 : 528.932

## ВАРИИРОВАНИЕ ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЙ НА ОВРАЖНО-БАЛОЧНЫХ СИСТЕМАХ

*В. В. ИЛЬИНСКИЙ, В. И. ТУПИКИН*

ВНИИЛМ

Лесорастительные условия овражно-балочных систем отличаются большой пестротой в связи со значительным варьированием мощности гумусового горизонта почв, поэтому при облесении необходим дифференцированный подбор способов обработки почвы и ассортимента древесных пород для различных по лесорастительным условиям участков.

Для изучения лесорастительных условий было проведено почвенное картирование овражно-балочной системы «Баранов лог» — противозеронозного стационара ВНИИЛМ — в масштабе 1:1000. Система площадью 68 га расположена в зоне оподзоленных черноземов (Орловская область, Орловский район). Это древняя балка с вторичным донным и многочисленными береговыми оврагами. Два береговых оврага в результате интенсивных процессов эрозии перешли в склоновые и занимают площадь 5,9 и 3,5 га. Основной ствол овражно-балочной системы длиной 3200 м проходит с запада на восток.

Площадь гидрографической сети разделяется на две основные категории: откосы оврагов и берега балки различных экспозиций (78,5%) и днища (21,5%). Со-

Таблица 1

Экспозиция	Номер поперечного профиля*	Мощность гумусового горизонта, см (числитель) и крутизна берега, град (знаменатель) в разных его частях		
		верхней	средней	нижней
Северная	1	68	55	43
		18	17	15
	2	18	40	50
		12	10	14
	3	37	25	70
		10	22	8
	4	27	28	105
		6	21	2
	5	33	27	31
		9	19	9
	6	47	37	63
		7	11	7
Южная	1	47	51	152
		10	12	10
	2	40	28	38
		6	12	8
	3	51	101	95
		15	8	6
	4	11	9	56
		11	19	10
	5	13	16	14
		6	15	20
	6	11	11	13
		7	10	11

\* Поперечные профили заложены через 500 м от устья к вершине балки.

Таблица 2

Часть берега	Экспозиция	Подвижный К <sub>2</sub> О, т/га	Подвижный Р <sub>2</sub> О <sub>5</sub> , т/га	Гумус, т/га,	Продуктивная влага, мм
Верхняя	Северная	1,3	2,3	140,4	187
	Южная	1,0	1,7	114,0	184
Средняя	Северная	1,0	0,9	140,1	228
	Южная	1,2	1,9	135,0	187
Нижняя	Северная	1,1	2,4	350,2	252
	Южная	1,1	1,6	250,3	193

отношение площадей склонов и дна меняется в процессе развития эрозийного рельефа. У оврагов оно составляет в среднем 20:1, у балки 4:1 (3:1).

Почвы овражно-балочной системы «Баранов лог» относятся к типу оподзоленных черноземов с большим варьированием по степени развитости, смывости и намытости. Значительные колебания мощности гумусового горизонта на берегах балки обусловлены экспозицией и неравномерностью распределения по склону. Наиболее развитые почвы наблюдаются в устьевой части балки, наиболее «старой» по отношению к другим частям (табл. 1). Четко прослеживается преобладание в нижней части берега почв с более мощным гумусовым горизонтом. Необходимо отметить и высокий коэффициент корреляции (0,85) между мощностью гумусового горизонта и крутизной берега. Неравномерность распределения почв по берегам балки отразилась на запасах гумуса, подвижных Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub>, К<sub>2</sub>О и продуктивной влаги в метровом слое (табл. 2).

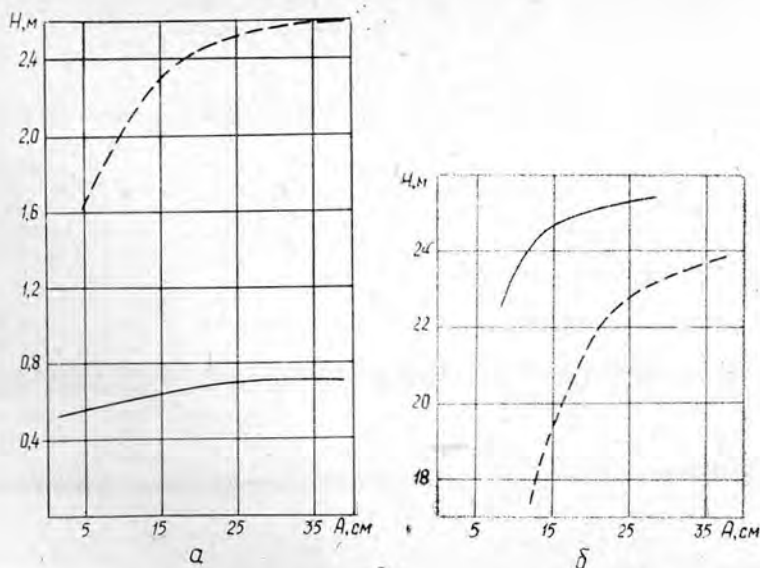


Рис. 1. Зависимость высоты культур сосны (сплошная линия) и березы (пунктир) от мощности гумусового горизонта.

а — возраст культур 3 года; б — 60 лет.

Для опытных 3-летних культур на берегах балки «Баранов лог» отмечена зависимость роста березы и в меньшей степени сосны от мощности гумусового горизонта (рис. 1, а). Весьма сходная связь прослеживается и в 60-летних культурах (данные 65 пробных площадей, заложенных на овражно-балочных системах Орловской области), где в идентичных условиях варьирование высот сосны (3 м) значительно меньше, чем березы (6 м) — рис. 1, б.

Под дубовыми насаждениями минимальная (отмеченная нами) мощность гумусового горизонта 13—15 см, причем дубравы на этих почвах имеют низкий

(IV—V) класс бонитета. Наиболее высокий класс бонитета (Ia—I) у дубовых насаждений на мощных намытых черноземовидных почвах дна балки и придонных частей берегов.

Выполненное нами обследование защитных лесных насаждений Орловской области показало, что между мощностью гумусового горизонта и высотой расположения насаждений на овражно-балочных системах существует связь, характеризующаяся корреляционным отношением для сосны — 0,70, березы — 0,82, дуба — 0,60.

Зависимость роста насаждений от мощности гумусового горизонта необходимо учитывать при создании защитных лесных насаждений на овражно-балочных системах, особенно при подборе древесных пород и выборе способа подготовки почвы. Удаление гумусового горизонта и обнажение материнской породы, нередко происходящие при нарезании террас на склонах, неблагоприятно сказываются на росте создаваемых культур. Это отрицательное влияние тем сильнее, чем требовательнее к условиям произрастания древесная порода.

УДК 634.0.237 : 631.82(571.14)

## ВЛИЯНИЕ ЗАПОВЕДНОГО РЕЖИМА И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПРИРОСТ ДЕРЕВЬЕВ В РЕКРЕАЦИОННЫХ НАСАЖДЕНИЯХ

В. Н. СПИРИДОНОВ

Лесозащитная опытная станция ЦСБС СО АН СССР

Установлено улучшение роста и состояния рекреационных насаждений под влиянием изоляции их от антропогенной нагрузки и одновременного рыхления почвы и внесения минеральных удобрений.

Академгородок Новосибирского научного центра СО АН СССР размещен среди сосново-березовых лесов, входящих в зону лесостепи [1]. При его строительстве были приняты меры к сохранению леса на максимально возможной площади. Эта задача в основном выполнена. Естественные насаждения занимают до 40% территории в зоне застройки. Однако расчлененные улицами, зданиями и коммуникациями, интенсивно используемые населением для отдыха они постепенно теряют ценные качества: ухудшается их рост и состояние, санитарно-гигиенические и декоративные свойства. Основная причина этого — уплотнение почвы пешеходами (на многих участках более 30—50% площади).

В целях сохранения естественных насаждений в условиях высокой антропогенной нагрузки разработана система мероприятий: лесохозяйственных, противопожарных, биотехнических и др. Положительный эффект дает изоляция [2] сильно нарушенных и ослабленных насаждений от антропогенного воздействия с одновременным рыхлением почвы и внесением минеральных удобрений.

Таблица 1

Состав и возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Полнота	Класс бонитета	Площадь уплотненной почвы, %
9С1Б (40—50), ед. Ос	19,5	23,8	0,9	I	65
10Б (40—45), ед. С, Ос	18,3	22,4	0,9	I	30

Опыты по изучению влияния этих мероприятий на прирост деревьев по толщине заложены в разнотравных сосновых и березовых насаждениях, произрастающих на дерново-подзолистой супесчаной почве (табл. 1). Варианты опытов: участки без рыхления уплотненной почвы, с рыхлением почвы (в сосняке), с рыхлением почвы и внесением минеральных удобрений (в сосняке), с внесением минеральных удобрений (в березняке). Для контроля использованы насаждения, не испытывающие антропогенного влияния. Площадь опытных делянок — 0,25 га.

Сосновое насаждение огорожено в апреле 1969 г. Одновременно в соответствующих вариантах опыта произведено рыхление (вручную) уплотненной почвы на глубину 8—15 см. Участок березового леса огорожен летом 1970 г. Почву на нем не рыхлили. Удобрения в сочетании N<sub>100</sub> (аммиачная селитра) P<sub>200</sub> (гранулирован-



ный суперфосфат)  $K_{100}$  (калийная соль) кг/га (по действующему веществу) вносили вразброс в течение двух лет: первая половина — в апреле 1971 г., вторая — в апреле 1972 г. В почву их не заделывали.

Образцы древесины взяты возрастным буравом на высоте груди, с южной стороны ствола, 12—17 деревьев из центральных 2-сантиметровых ступеней толщины в сентябре 1973 г. (допустимые отклонения — 1—2 степени толщины). Ширину годичных слоев измеряли под микроскопом МБС-1 с точностью 0,1 мм.

Результаты 5-летних исследований представлены в табл. 2.

Таблица 2

Год обследования	Средний радиальный прирост деревьев в насаждениях				
	не используемых для отдыха (контроль)	изолированных от антропогенного воздействия			
		Без рыхления почвы	С рыхлением почвы	С рыхлением почвы и внесением минеральных удобрений	С внесением минеральных удобрений
Сосна 40—50 лет					
1969	$1,57 \pm 0,13$	$\frac{0,95 \pm 0,07}{60,5}$	$\frac{0,89 \pm 0,10}{56,7}$	—	—
1970	$2,03 \pm 0,15$	$\frac{1,23 \pm 0,10}{60,6}$	$\frac{1,42 \pm 0,10}{70,0}$	—	—
1971	$2,01 \pm 0,15$	$\frac{1,27 \pm 0,09}{63,2}$	$\frac{1,55 \pm 0,09}{77,2}$	$\frac{1,81 \pm 0,15}{90,0}$	—
1972	$2,09 \pm 0,16$	$\frac{1,16 \pm 0,10}{55,5}$	$\frac{1,43 \pm 0,07}{68,4}$	$\frac{1,97 \pm 0,16}{94,3}$	—
1973	$2,15 \pm 0,18$	$\frac{1,10 \pm 0,09}{51,2}$	$\frac{1,34 \pm 0,10}{62,3}$	$\frac{1,57 \pm 0,12}{73,1}$	—
Береза 40—45 лет					
1971	$2,26 \pm 0,12$	$\frac{1,90 \pm 0,22}{84,2}$	—	—	$\frac{2,17 \pm 0,29}{96,0}$
1972	$2,09 \pm 0,13$	$\frac{1,64 \pm 0,14}{78,5}$	—	—	$\frac{2,31 \pm 0,19}{110,6}$
1973	$2,30 \pm 0,16$	$\frac{1,76 \pm 0,15}{76,5}$	—	—	$\frac{2,04 \pm 0,16}{88,8}$

Примечание. В числителе — мм; в знаменателе — % от контроля.

Опыт показал, что одно огораживание ослабленных и нарушенных лесопарковых насаждений не приводит к улучшению их роста. Лишь совместно с рыхлением почвы и внесением минеральных удобрений удается в течение 3—5 лет почти полностью восстановить лесную обстановку, повысить прирост деревьев и улучшить их состояние. Вопрос о нормах и периодичности внесения минеральных удобрений в лесопарках требует дальнейшей разработки.

#### ЛИТЕРАТУРА

11. Крылов Г. В. Лесные ресурсы и лесорастительное районирование Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск, СО.АН СССР, 1962. [2]. Нестеров В. Г. Вопросы современного лесоводства. М., Сельхозгиз, 1961.

УДК 634.0.32

## НАГРУЖЕННОСТЬ ВАЛОЧНО-ПАКЕТИРУЮЩЕЙ МАШИНЫ ПРИ СВОБОДНОМ ПОВАЛЕ

В. А. АЛЕКСАНДРОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Приведены результаты теоретических исследований. Сделаны выводы и даны рекомендации для проектирования манипуляторов валочно-пакетирующих машин.

В статье изложены результаты исследований динамического воздействия деревьев на манипулятор валочно-пакетирующей машины при свободном повале. Исходная расчетная зависимость

$$N_B = N_1 \sin p_1 t + N_2 \sin p_2 t$$

получена нами ранее [4].

При ударе дерева о землю два гармонических затухающих колебания с частотами 2,2—3,42 и 6,57—9,56 с<sup>-1</sup> накладываются друг на друга. Величина динамического воздействия на манипулятор ВПМ зависит от объема деревьев и, следовательно, от их диаметра, сбега, длины (высоты), от конечной угловой скорости падающего дерева. На величину последней влияют высота, объем, размер и форма кроны дерева, а также скорость перемещения элементов манипулятора ВПМ (стрелы, рукоятки). В процессе исследований конечную угловую скорость пакетируемого дерева изменяли от 30 до 80 с<sup>-1</sup>.

При пакетировании деревьев больших объемов результирующие динамические нагрузки колеблются от 2000—2770 кгс при конечной угловой скорости  $\dot{\varphi}_k = 30$  с<sup>-1</sup> до 4500—5130 кгс при  $\dot{\varphi}_k = 80$  с<sup>-1</sup>. Значения коэффициентов динамичности нагрузки на манипулятор валочно-пакетирующей машины в зависимости от объема и конечной угловой скорости падения деревьев приведены на рис. 1.

Из графика видно, что с увеличением объема деревьев коэффициент динамичности возрастает, несмотря на то, что при этом увеличивается и статическая на-

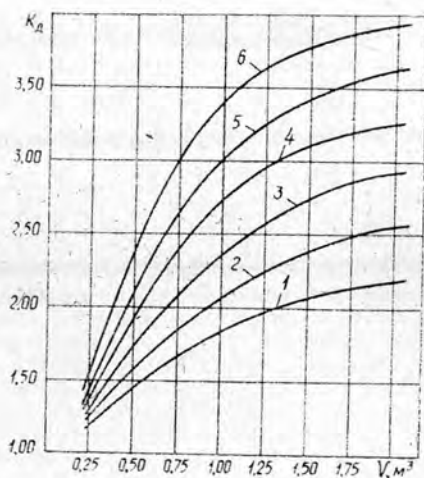


Рис. 1. Динамика свободного повала.

- 1 —  $\dot{\varphi}_k = 30$  с<sup>-1</sup>; 2 —  $\dot{\varphi}_k = 40$  с<sup>-1</sup>;  
3 —  $\dot{\varphi}_k = 50$  с<sup>-1</sup>; 4 —  $\dot{\varphi}_k = 60$  с<sup>-1</sup>;  
5 —  $\dot{\varphi}_k = 70$  с<sup>-1</sup>; 6 —  $\dot{\varphi}_k = 80$  с<sup>-1</sup>.

грузки. Ранее при изучении режимов нагружений бесчокерных тракторов [1], [2] наблюдалось, что высокие значения коэффициентов динамичности соответствовали пакетированию деревьев малых объемов вследствие сравнительно небольшого их статического веса. Таким образом, при ударе дерева о землю возникают колебания нагрузки на манипулятор ВПМ больших амплитуд. Даже при конечной угловой скорости дерева  $\dot{\varphi}_k = 30 \text{ с}^{-1}$  коэффициент динамичности достигает 2,2 для деревьев объемом  $2,00 \text{ м}^3$ .

Экспериментальные исследования динамики свободного повала, проводимые автором совместно с З. М. Пачинским, носили ограниченный характер (объем пакетированных деревьев не превышал  $0,25 \text{ м}^3$ )\*. Результаты этих исследований подтвердили правильность наших теоретических зависимостей [4].

### Выводы

1. При создании валочно-пакетирующих машин, работающих по технологическому циклу, включающему операцию «свободный повал», необходимо проектировать кинематику и выбирать скоростные параметры элементов манипулятора так, чтобы за время падения дерева оператор успевал сбросить его на коник машины, освобождая манипулятор еще до соприкосновения дерева с землей. В противном случае на манипулятор будут воздействовать динамические нагрузки разрушительной силы.

2. В целях предохранения конструкции манипулятора ВПМ от случайных аварийных ситуаций, когда оператор по какой-либо причине не успевает освободить манипулятор от дерева до момента удара последнего о землю, необходимо соединять захватно-срезающее устройство с манипулятором посредством упругого элемента [3].

### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Александров В. А. Аналитическое и экспериментальное исследование процесса подъема груза-дерева стрелой гидроманипулятора. — Научные труды № 147, ЛТА, 1972. [2]. Александров В. А. Аналитическое и экспериментальное исследование процесса подтаскивания груза-дерева рукоятью гидроманипулятора. — Межвузовский сб. научных трудов, вып. 2, ЛТА, 1974. [3]. Александров В. А., Помогаев С. А. и др. Захватное устройство к лесным машинам. Авторское свид. № 390792. — Бюллетень, 1973, № 31. [4]. Александров В. А., Осмаков С. А. Динамика пакетирования деревьев при свободном повале. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1974, № 2.

УДК 627.13.424

## ИЗМЕНЕНИЕ ЭНЕРГИИ ПОТОКА, ДВИЖУЩЕГОСЯ ВДОЛЬ ФИЛЬТРУЮЩЕГО СООРУЖЕНИЯ

А. А. ЗАЙЦЕВ

ЦНИИЛесосплава

Движение вдоль фильтрующей дамбы — частный случай движения жидкости с переменным по пути расходом. В соответствии с этой теорией были получены теоретические зависимости, характеризующие изменение энергии на зарегулированном дамбой участке.

Энергетическое состояние потока, стесненного фильтрующей дамбой, будем оценивать в предположении, что свободная поверхность его в нижнем бьефе, начиная от оголовка сооружения, горизонтальна.

Известно, что при стеснении спокойного потока увеличиваются скорости в сжатом русле по сравнению с бытовым состоянием и понижается уровень свободной поверхности в створе сооружения по сравнению с уровнем воды перед дамбой.

Допустим, что продольный уклон русла равен нулю и плоскость сравнения совпадает с линией дна. Применим уравнение Бернулли (отнесенное к единице веса про-

\* ВПМ была оборудована захватно-срезающим устройством ножевого типа, допускающим срезание деревьев диаметром до 25 см.

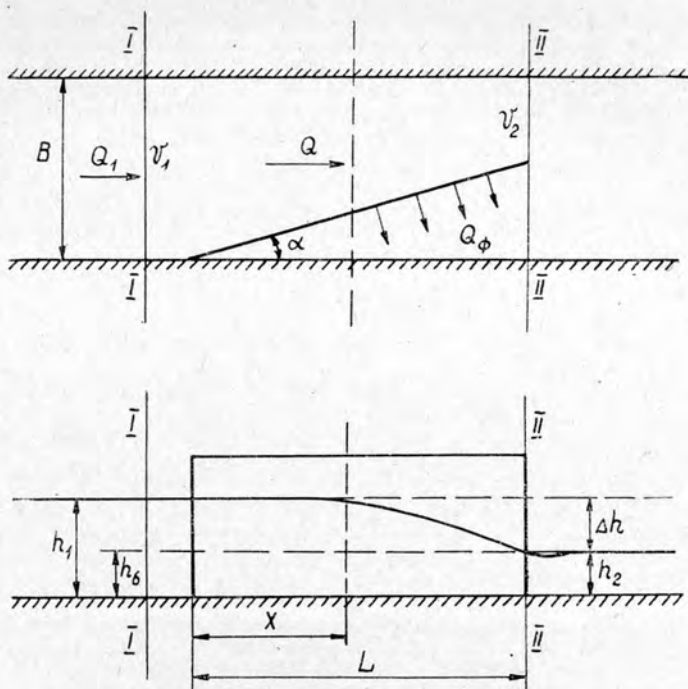


Рис. 1. Схема к энергетической оценке потока, зарегулированного фильтрующей дамбой.

текающей жидкости) к сечениям, расположенным выше корня сооружения и в оголовке,

$$h_1 + \frac{\alpha_0 v_1^2}{2g} = h_2 + \frac{\alpha_0 v_2^2}{2g} + \xi \frac{\alpha_0 v_2^2}{2g}, \quad (1)$$

где  $\xi$  — коэффициент сопротивления на участке I—II (рис. 1). Остальные обозначения общепринятые в гидравлике.

Перепад горизонтов между верхним и нижним бьефами

$$\Delta h = h_1 - h_2.$$

Из общепринятых зависимостей известно, что

$$1 + \xi = \frac{1}{\varphi^2},$$

где  $\varphi$  — коэффициент скорости.

Подставляя эти обозначения в уравнение (1), получим

$$\Delta h = \frac{\alpha_0 v_2^2}{2g\varphi^2} - \frac{\alpha_0 v_1^2}{2g}. \quad (2)$$

Так как скорость  $v_2$  во много раз больше скорости подхода  $v_1$ , то скоростным напором  $\frac{\alpha_0 v_1^2}{2g}$  в условиях значительных перепадов можно пренебречь. На основании этого можно принять, что

$$\Delta h = \frac{\alpha_0 v_2^2}{2g\varphi^2}. \quad (3)$$

Умножив обе части уравнения (3) на величину весового удельного расхода, получим выражение, необходимое для энергетической оценки потока, проходящего через единицу ширины стесненного русла

$$\Delta h \gamma \frac{Q}{B} = \frac{\alpha_0 v_2^2}{2g} \cdot \frac{\gamma Q}{B \varphi^2}. \quad (4)$$

Известно, что

$$\frac{\gamma}{g} = \rho,$$

$$\rho \frac{Q}{B} = m.$$

Тогда уравнение (4) примет вид

$$\Delta h \gamma \frac{Q}{B} = \frac{\alpha_0}{\varphi^2} \cdot \frac{m v_2^2}{2}. \quad (5)$$

Левая часть полученного выражения представляет удельную мощность стесненного потока, которая отвечает в основном кинетической энергии массы потока на единице ширины.

При движении потока вдоль фильтрующего сооружения выражение величины удельной энергии сечения имеет тот же вид, что и при постоянном расходе,

$$\mathcal{E} = h + \frac{\alpha_0 v^2}{2g}. \quad (6)$$

Дифференцируя, получим

$$d\mathcal{E} = dh + d \left( \frac{\alpha_0 v^2}{2g} \right). \quad (7)$$

Общее уравнение движения потока с переменным расходом вдоль пути при установившемся неравномерном движении

$$d \left( \frac{\alpha_0 v^2}{2g} \right) + \frac{dP}{\gamma} + dz + i_f dx + \frac{\alpha_0 (v - v_x) v}{g} \cdot \frac{dQ}{Q} = 0. \quad (8)$$

Расход основного потока в любом сечении на расстоянии  $x$  от корня сооружения

$$Q = Q_1 - Q_\phi,$$

где  $Q_1$ ,  $Q_\phi$  — соответственно полный и фильтрационный расходы.

Значит,

$$dQ = -dQ_\phi. \quad (9)$$

Тогда из уравнения (8) с учетом формул (7) и (9) получим для случая движения потока вдоль фильтрующей дамбы

$$\frac{d\mathcal{E}}{dx} = i_0 - i_f + \frac{\alpha_0 v^2 (1 - n)}{gQ} \cdot \frac{dQ_\phi}{dx}, \quad (10)$$

где

$$\frac{dP}{\gamma} = dh; \quad dz = -i_0 dx;$$

$n = \frac{v_x}{v}$  — коэффициент соотношения скоростей, равный отношению проекции скоростей отделяющегося через дамбу потока  $v_x$  на направление движения основного потока (то есть проходящего перед дамбой) к средней скорости основного потока  $v$ .

В правой части уравнения (10) последний член учитывает дополнительные явления, которые вызываются оттоком фильтрационного расхода через тело дамбы и соотношением между  $v$  и  $v_x$ . Таким образом, изменение удельной энергии сечения зависит от величины этого члена и может как увеличиваться, так и уменьшаться.

В случае  $n > 1$  последний член всегда отрицателен, значит, удельная энергия уменьшается.

Если  $n = 1$ , последний член положителен. Кроме того, при  $n = 1$   $v_x = v$ , следовательно, удельная энергия постоянна по всей длине зарегулированного участка. При  $n = 0$  и  $n < 1$  удельная энергия увеличивается.

При движении потока вдоль фильтрующих дамб, предназначенных для регулирования мелководных участков сплавных рек и перекатов, коэффициент соотношения

скоростей должен находиться в пределах  $0 < n < 1$  при любом расположении сооружения в плане. Это необходимое, но не достаточное условие для увеличения глубин, поскольку из уравнения (10) следует, что изменение энергии зависит также и от распределения фильтрационного расхода по длине сооружения. В свою очередь, характер распределения фильтрационного расхода тесно связан с длиной регулируемого участка  $L_{зр}$  и углом расположения сооружения в плане  $\alpha$ . Опытные данные, полученные нами в гидротехнической лаборатории ЛТА, показали, что для увеличения глубин на перекаках и мелководных участках рек с неразмываемым руслом, длина регулируемого фильтрующей дамбой участка при  $\alpha = 10^\circ$  должна быть  $L_{зр} < 5,5 B$ , при  $\alpha = 20^\circ$   $L_{зр} < 2,5 B$ , при  $\alpha = 30^\circ$   $L_{зр} < 1,5 B$ .

При соблюдении этих условий уровенные и скоростные режимы наиболее благоприятны для беспрепятственного пропуска древесины по зарегулированному участку, так как удельная энергия потока увеличивается от корня к оголовку сооружения.

УДК 634.0.812

## МЕТОД РАСЧЕТА ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ, НАГРЕВАЕМОЙ ИСТОЧНИКАМИ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Г. М. ОРЕПЕР, Э. А. ЧЕРНЯКОВ

Львовский лесотехнический институт

Предлагается методика расчета температуры нагрева поверхности древесины, облучаемой источником ультрафиолетового излучения.

В одной из работ [3] рассмотрен вопрос о тепловом воздействии источника УФ-излучения на древесину при интенсификации отверждения полиэфирных покрытий фотохимическим способом. Температуру нагрева поверхности древесины при различной ее освещенности определяли с помощью термометра сопротивления. Однако использование термометра сопротивления для температурных измерений в производственных условиях затруднено. Поэтому следует решить вопрос путем установления зависимости между освещенностью и плотностью теплового потока, проходящего внутрь древесины, что позволит аналитически рассчитать температуру нагрева поверхности.

Рассмотрим разогрев подложки из древесины при  $l \gg d$  (где  $l$  — линейный размер, а  $d$  — толщина) под влиянием постоянного теплового потока плотности  $q_0$ , направленного по оси  $x$  в глубину подложки. С увеличением температуры поверхности подложки на ход процесса начинает влиять теплоотдача из-за естественной конвекции. Если критерий Фурье  $Fo = \frac{\alpha t}{d^2} \ll 1$  (здесь  $\alpha$  — коэффициент теплопроводности, а  $t$  — время), то система дифференциальных уравнений, начальных и граничных условий, описывающих распределение температуры в древесине, имеет вид

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial T}{\partial t} &= \alpha \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}; \\ t = 0, \quad T &= 0; \\ x = 0, \quad -\lambda \frac{\partial T}{\partial x} &= q_0 - \alpha T_{пов}, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где  $\lambda$  — коэффициент теплопроводности;  
 $\alpha$  — коэффициент теплоотдачи при естественной конвекции.

В рассматриваемом случае  $\alpha = \frac{1,51}{l^{1/4}} T_{пов}^{1/4}$  [2] (где  $T_{пов}$  — температура поверхности подложки). Следовательно, граничное условие при  $x=0$  нелинейно, и не представляется возможным найти точное решение данной системы. Поскольку в начале нагрева

$$T_{пов} < \frac{q_0}{\alpha}, \quad (2)$$

то для небольшой продолжительности разогрева поставленную задачу можно решать методом последовательных приближений.

В первом приближении при  $x=0$  граничное условие

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial x} = q_0.$$

Отсюда, используя результат работы [1],

$$T_{1 \text{ пов}} = \frac{\alpha}{\lambda \pi^2} \int_0^t \frac{q(\tau) d\tau}{(t-\tau)^{1/2}} = \frac{2q_0 \alpha}{\lambda \pi^2} t^{1/2}. \quad (3)$$

Подставив выражение (3) в граничное условие системы (1), получим

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial x} = q_1(t) = q_0 - \frac{1,51}{t^{1/4}} T_{1 \text{ пов}}. \quad (4)$$

Аналогично находим последующие приближения. Для третьего приближения, например, имеем

$$T_{3 \text{ пов}} = \frac{2q_0 \alpha^2}{\lambda \pi^2} t^{1/2} \left[ 1 + 1,5\beta t^{5/8} + 1,56 \left( \beta t^{5/8} \right)^2 + 0,173 \left( \beta t^{5/8} \right)^3 \right], \quad (5)$$

здесь  $\left| \beta t^{5/8} \right| = \left| -\frac{1,51 \alpha^{1/2}}{\lambda \pi^2 t^{1/4}} \left( \frac{2q_0 \alpha^2}{\lambda \pi^2} \right)^{1/4} t^{5/8} \right| < \frac{1}{2}$ , что следует из (2)-го условия.

В выражение (5) входит значение проходящего внутрь древесины теплового потока  $q_0$ . Величина его зависит от падающего на поверхность древесины теплового потока, то есть от освещенности и поглотительной способности поверхности древесины. Проходящий внутрь древесины тепловой поток можно было бы определить по формуле (3), если бы была точно известна производная температуры поверхности по времени в начальный момент нагрева. Однако, как видно из работы [3], в начальный момент температура нагрева меняется быстро и точность вычисления производной невелика. Поэтому в рассматриваемом случае тепловой поток определяем по формуле (5), подставив экспериментальное значение температуры нагрева поверхности, полученное через 6—8 мин после начала воздействия облучения.

Найденная таким образом величина теплового потока при различной освещенности поверхности позволяет установить зависимость  $q_0 = f(E_i)$  (где  $E_i$  — измеряемая величина освещенности).

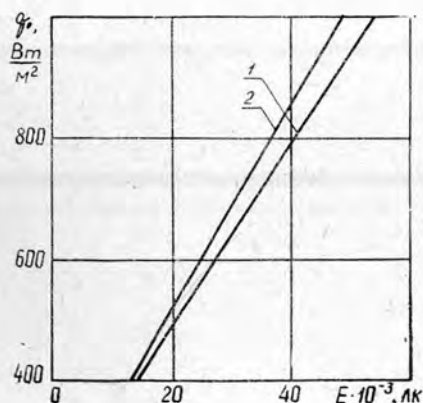


Рис. 1. Зависимость плотности теплового потока от освещенности поверхности древесины.

1 — для необлицованной ДСтП;  
2 — для ДСтП, облицованной буковым шпоном.

На рис. 1 приведены результаты определения  $q_0$  при освещенности поверхности в диапазоне  $(20 \div 50) \cdot 10^3$  лк для случая нагрева образцов древесностружечной плиты (ДСтП; размер  $0,1 \times 0,1 \times 0,019$  м), необлицованной и облицованной буковым шпоном, под действием ртутно-кварцевой лампы ДРТ-375. Так как толщина облицовочного шпона во много раз меньше толщины ДСтП и их теплофизические характеристики сравнимы, то для расчета используют теплофизические характеристики плиты ( $\rho = 630 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ;  $\lambda = 0,124 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{град}}$ ;  $\alpha = 1,14 \cdot 10^{-7} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$ ), значения которых взяты из работ [4], [5].

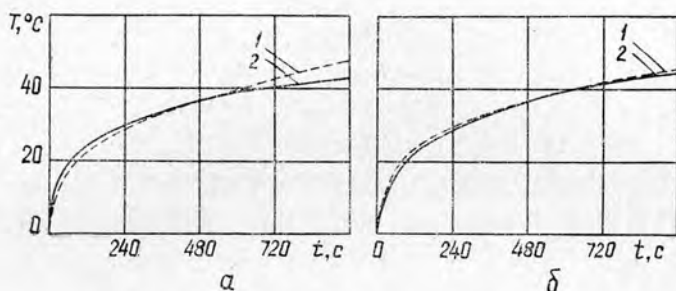


Рис. 2. Сравнение расчетных (кривые 1) и экспериментальных (кривые 2) данных нагрева поверхности.

*а* — для ДСтП необлицованной; *б* — для ДСтП, облицованной буковым шпоном.

Для проверки изложенной методики сравнивали характер нагрева поверхности на основе экспериментальных данных работы [3] и полученных по формуле (5), в которой величину  $q_0$  определяли по графику рис. 1. Из приведенных на рис. 2 кривых нагрева поверхности видно, что при воздействии облучения не более 10 мин (время, необходимое для отверждения покрытия под УФ-лучами), расхождение экспериментальных и расчетных величин температуры не превышает 8%. Наблюдаемое в дальнейшем расхождение этих величин вызвано нарушением условия (2), а также влиянием разброса значений теплофизических характеристик промышленных ДСтП.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Карслоу Г., Егер Д. Теплопроводность твердых тел. М., «Наука», 1964. [2]. Кутателадзе С. С., Боришанский В. М. Справочник по теплопередаче. Л.-М., Госэнергоиздат, 1958. [3]. Пинчевский А. Д., Черняков Э. А., Попов А. Н., Клайман А. А. О тепловом воздействии ультрафиолетового излучения на древесину. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1972, № 5. [4]. Шварцман Г. М. Производство древесностружечных плит. М., 1967. [5]. Шварцман Г. М. Тепловые свойства древесностружечных плит. — «Деревообрабатывающая промышленность», 1970, № 7.



УДК 634.0.813.13

## ОЦЕНКА ГРУППОВОГО СОСТАВА СМОЛИСТЫХ ВЕЩЕСТВ СУЛЬФАТНОГО МЫЛА

Б. С. ФИЛИППОВ, А. А. МАРИЕВ, Б. Д. БОГОМОЛОВ

Архангельский лесотехнический институт

Проведены систематические наблюдения за смолистостью и групповым составом смолистых веществ древесного сырья Соломбальского целлюлозно-бумажного комбината и составом сульфатного мыла, получаемого на комбинате. Сопоставление данных, полученных при обследовании, с результатами проведенных ранее лабораторных опытов показало, что количественные соотношения, характеризующие степень извлечения групповых компонентов смолистых веществ с сульфатным мылом, изменяются в зависимости от смолистости сырья.

Групповой состав смолистых веществ древесного сырья, как было показано нами [2], [3], определяет состав сульфатного мыла, а групповые компоненты смолистых веществ обладают различной способностью извлекаться с сульфатным мылом из черных сульфатных щелоков. Количественно зависимость между содержанием групповых компонентов смолистых веществ в сырье и сульфатном мыле может быть установлена через коэффициенты извлечения групповых компонентов смолистых веществ с мылом или через величину отношений содержания групповых компонентов в мыле к их содержанию в смолистых веществах сырья.

Цель настоящей работы — уточнить количественную зависимость состава смолистых веществ сульфатного мыла от состава смолистых веществ сырья в промышленных условиях, так как в полученных ранее соотношениях [2], [3], в основном, отражались данные лабораторных экспериментов.

Исследования проводили на Соломбальском ЦБК, выпускающем сульфатную целлюлозу из отходов лесопиления и лесозаготовок. Вел систематические наблюдения в течение 7 месяцев за изменением групповых составов смолистых веществ сырья, поступавшего в производство, и получаемого сульфатного мыла. Одновременно фиксировали изменение смолистости сырья. Использовали методику, позволяющую сопоставить во времени групповые составы смолистых веществ сырья и сульфатного мыла [4].

Для определения смолистости и группового состава смолистых веществ сырья, а также группового состава смолистых веществ сульфатного мыла ежемесячно отбирали пробы материалов. Полученные в результате анализов величины усредняли до среднемесячных показателей. Содержание в смолистых веществах неомыляемых веществ, жирных и смоляных кислот определяли по методу Твитчеля [1]; окисленные вещества определяли в отдельной пробе как смолистые вещества, не растворимые в петролейном эфире [4]. Для оценки зависимости группового состава сульфатного мыла от состава смолистых веществ сырья использовали отношения содержания групповых компонентов как величину, более удобную в практических расчетах.

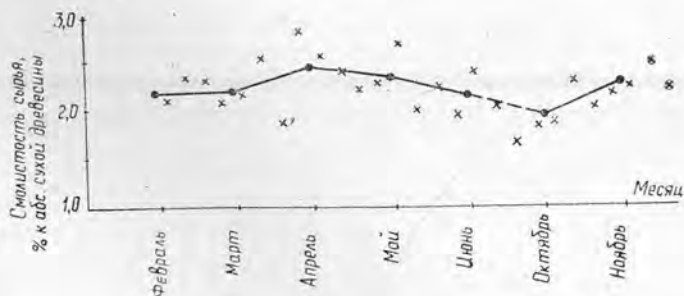


Рис. 1.

Таблица 1

Групповые компоненты смолистых веществ	Отношение содержания групповых компонентов смолистых веществ в сульфатном мыле к их содержанию в смолистых веществах сырья по месяцам								Среднее согласно [3]
	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Октябрь	Ноябрь	Среднее за период наблюдений	
Жирные кислоты	1,14	1,11	1,06	1,08	1,10	1,25	1,32	1,15 ± 0,09	1,20
Смоляные	0,80	0,82	0,77	0,88	0,91	0,80	0,76	0,82 ± 0,05	0,98
Неомыляемые вещества	1,25	1,45	1,70	1,20	1,01	1,13	1,16	1,27 ± 0,21	1,05
Окисленные	0,84	0,39	0,75	0,55	0,80	—	—	0,66 ± 0,23	0,50

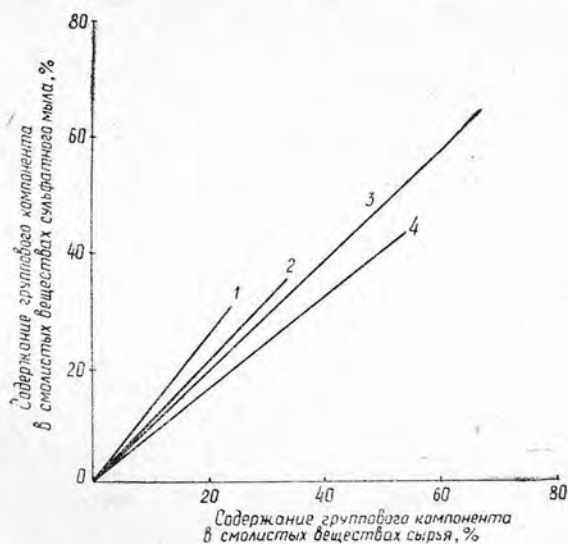


Рис. 2. Сравнение содержания групповых компонентов в смолистых веществах древесины и сульфатного мыла.

1, 2 — неомыляемые вещества соответственно по производственным и лабораторным данным; 3, 4 — смоляные кислоты соответственно по лабораторным и производственным данным.

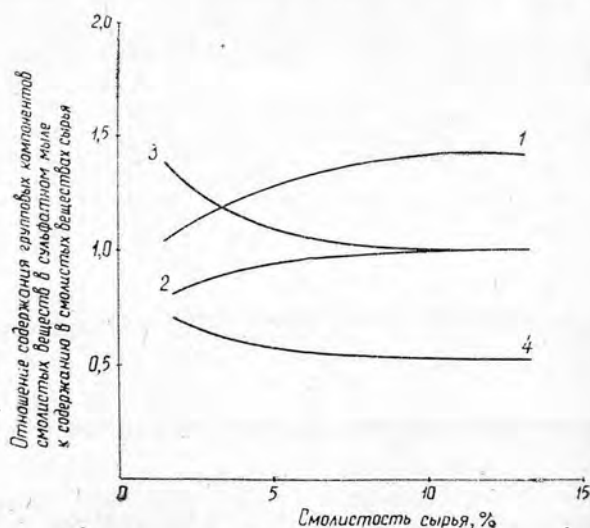


Рис. 3. Влияние смолистости сырья на выделение групповых компонентов смолистых веществ с сульфатным мылом.

1 — жирные кислоты; 2 — смоляные кислоты; 3 — неомыляемые вещества; 4 — окисленные вещества.

Данные, характеризующие смолистость поступающего в производство сырья, представлены на рис. 1, из которого видно, что по месяцам смолистость изменяется незначительно. Средняя смолистость сырья по результатам наблюдений составляла  $2,16 \pm 0,11\%$ . Величины отношений содержания групповых компонентов в смолистых веществах сульфатного мыла к их содержанию в смолистых веществах

сырья приведены в табл. 1. Отмечено относительное увеличение содержания в мыле жирных кислот и неомыляемых веществ и уменьшение смоляных кислот и окисленных веществ. Из табл. 1 видно, что для жирных кислот и окисленных веществ доверительные интервалы отношений, рассчитанных по данным наблюдений, включают средние значения 1,20 и 0,50, ранее полученные в опытах [3], а для неомыляемых веществ соответствующие значения весьма близки друг к другу. Более существенны количественные различия для смоляных кислот.

Следовательно, производственные опыты, подтвердив установленные в ранее проведенных исследованиях зависимости, дали в ряде случаев несколько отличные от них численные значения отношений содержания групповых компонентов в смолистых веществах сульфатного мыла и древесины. Однако анализ всей совокупности экспериментальных данных показывает, что производственные данные не нарушают ранее вскрытых закономерностей и с количественной стороны, поскольку величины рассматриваемых соотношений не являются постоянными, а изменяются, хотя и незначительно, в зависимости от смолистости и группового состава смолистых веществ сырья.

Данные о сравнении содержания жирных кислот и окисленных веществ в смолистых веществах сульфатного мыла и древесины приведены нами ранее [3]. Величины содержания смоляных кислот и неомыляемых веществ сопоставлены на рис. 2. Все это указывает на закономерный рост содержания группового компонента в смолистых веществах сульфатного мыла с увеличением количества компонента в смолистых веществах древесины.

Из рис. 3 видно, что в зоне низкой смолистости сырья происходит наиболее резкое изменение величин отношений содержания групповых компонентов. Поскольку производственные данные получены для сырья смолистостью 2—2,5%, а лабораторные при значительно большей смолистости, то рассматриваемые отношения для промышленных условий по сравнению с лабораторными [3] должны быть выше для неомыляемых и окисленных веществ и ниже для жирных и смоляных кислот, что полностью соответствует данным табл. 1.

Проверочный расчет группового состава смолистых веществ среднемесячных образцов производственного сульфатного мыла с использованием отношений, установленных по рис. 3 при смолистости сырья 2—2,5%, показал, что отклонения расчетных величин содержания групповых компонентов от найденных экспериментально не превышают в среднем:  $\pm 2,9\%$  для неомыляемых веществ,  $\pm 2,6\%$  для окисленных веществ,  $\pm 3,5\%$  для жирных кислот,  $\pm 3,2\%$  для смоляных кислот и  $\pm 1,8\%$  для суммы групповых компонентов.

В заключение отметим, что при непрерывном росте выработки талловых продуктов сульфатно-целлюлозными предприятиями отчетливо прослеживается тенденция использования отходов лесопиления, лесозаготовок и других видов сырья все меньшей смолистости для производства сульфатной целлюлозы. Это приводит к снижению сбора сульфатного мыла на единицу сырья не только вследствие уменьшения в нем общей массы смолистых веществ, но и в связи с тем, что коэффициент извлечения сульфатного мыла снижается с уменьшением смолистости древесины. Данные рис. 3 позволяют вскрыть еще одно отрицательное явление: содержание жирных и смоляных кислот в смолистых веществах сульфатного мыла уменьшается при снижении смолистости сырья, то есть сульфатное мыло получается более низкого качества. А это, в свою очередь, приводит к уменьшению выхода талловой канифоли и талловых жирных кислот при ректификации таллового масла.

## ЛИТЕРАТУРА

11. Иванов М. А., Коссович Н. Л., Малевская С. С., Нагородский И. А., Элиашберг М. Г. Смолистые вещества древесины и целлюлозы. М., «Лесная промышленность», 1968.
12. Филиппов Б. С. Влияние состава смолистых веществ на выделение сульфатного мыла. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1971, № 5.
13. Филиппов Б. С. Оценка состава смолистых веществ сульфатного мыла. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1973, № 5.
14. Филиппов Б. С., Богомолов Б. Д., Мариев А. А. Изучение смолистости и группового состава смолистых веществ в сульфатно-целлюлозном производстве. — «Гидролизная и лесохимическая промышленность», 1975, № 1.

УДК 634.0.813 : 543.42

## ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПЕНТАХЛОРФЕНОЛЯТА НАТРИЯ С ДРЕВЕСИНОЙ МЕТОДОМ ИК-СПЕКТРОСКОПИИ

*Е. Е. ФЛОМИНА, Л. А. КРАСКОВА, А. В. ОБОЛЕНСКАЯ,*

*Г. Л. БУРКОВ, В. П. ЗИМНИЦКАЯ*

Ленинградская лесотехническая академия, ЦНИИМОД

Изложены результаты исследования химических изменений в древесине при пропитке водными растворами пентахлорфенолята натрия с применением метода ИК-спектроскопии и модельных препаратов. Приведены ИК-спектры поглощения пентахлорфенолята натрия и пентахлорфенола, а также пропитанных образцов древесины и модельных препаратов. Высказаны предположения о возможном механизме химической и ее компонентами.

Изучение химического состава древесины после пропитки водными растворами пентахлорфенолята (ПХФ) натрия показало, что антисептик не вызывает глубоких химических изменений в древесине [6].

ИК-спектроскопия впервые была применена нами для изучения взаимодействия древесины с компонентами антисептика МХМ-235 [3], [4].

Древесина — очень сложный комплекс. Для получения более четкого представления о поведении древесины в целом из нее были выделены важнейшие компоненты (холоцеллюлоза, целлюлоза, лигнин) и подвергнуты пропитке с последующим исследованием методом ИК-спектроскопии.

Холоцеллюлозу получали методом хлорирования древесины в водной суспензии по модифицированной методике [8]. В качестве целлюлозы использовали беленую сульфитную целлюлозу. Лигнин выделяли медноаммиачным способом по Фрейденбергу [7].

Пропитку древесных опилок и компонентов древесины проводили вакуум-методом; при этом заболонная и ядровая холоцеллюлоза поглощала 0,080 г/г ПХФ натрия; заболонный лигнин — 0,41; ядровый — 0,33; целлюлоза — 0,070 г/г ПХФ натрия. (Контрольная древесина поглощала 0,12 г/г ПХФ натрия).

ИК-спектры поглощения снимали на двухлучевом спектрофотометре ИКС-14, применяя таблетки с твердым бромистым калием, при концентрации древесины 0,3%, в диапазоне частот 1800—650 см<sup>-1</sup>.

Предварительно были проведены эксперименты по идентификации отдельных полос поглощения в ИК-спектрах древесины, холоцеллюлозы, целлюлозы и лигнина, подтвердившие литературные данные.

Идентификация полос позволила установить, что у древесины и ее компонентов полоса поглощения на частоте 1670 см<sup>-1</sup> принадлежит карбонильным группам, полоса поглощения 1717 см<sup>-1</sup> — карбоксильным группам. Кроме этих полос, в спектрах древесины и лигнина мы наблюдали также полосы поглощения бензольного кольца 1580 и 1514 см<sup>-1</sup> и полосу поглощения 1220 см<sup>-1</sup>. Последнюю многие авторы приписывают поглощению фенольных гидроксильных лигнина, однако, по мнению Ю. С. Пилипчука [2], в препаратах лигнина эта полоса сложная. Можно предполагать, что у древесины в этой области спектра, кроме поглощения фенольных гидроксильных лигнина, лежит и поглощение ацильных групп гемицеллюлозной части. Это предположение подтверждается данными по ИК-спектроскопии ацетатов целлюлозы [1].

Наряду с оценкой качественных изменений, происходящих при пропитке антисептиком, в исследуемых областях частот измеряли интенсивность карбоксильного поглощения.

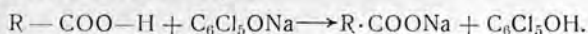
Были сняты ИК-спектры исходной древесины сосны и ее компонентов; древесины и компонентов, подвергнутых пропитке водными растворами ПХФ-натрия; древеси-

ны, пропитанной после предварительных обработок, и тех же образцов, подвергнутых после пропитки экстракции горячей водой и азеотропной спирто-толуольной смесью. Кроме того, были сняты ИК-спектры пентахлорфенолята натрия и пентахлорфенола.

Для установления присутствия поглощенного пентахлорфенола использовали полосы поглощения связи C—Cl с частотами 820 и 780 см<sup>-1</sup>.

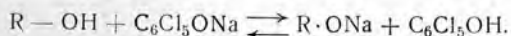
Изучение ИК-спектров пропитанных образцов древесины, лигнина, холоцеллюлозы и целлюлозы показывает, что во всех случаях в спектрах появляется отчетливая и интенсивная полоса поглощения пентахлорфенола (или пентахлорфенолята) с частотой 820 см<sup>-1</sup> (рис. 1). На основании сравнения данных полуколичественной оценки интенсивности этой полосы можно заключить, что наибольшее поглощение ПХФ натрия наблюдается в условиях сквозной пропитки у лигнина, среднее — у древесины и наименьшее — у холоцеллюлозы и целлюлозы. Эти данные согласуются с данными количественного определения ПХФ натрия при пропитке.

Пропитка растворами ПХФ натрия вызывает определенные химические изменения в древесине и ее компонентах, отражающиеся в ИК-спектрах. У всех образцов после пропитки наблюдается снижение интенсивности полосы поглощения карбоксильных групп. Это позволяет предположить, что карбоксильные группы вступают в реакцию обменного взаимодействия с ПХФ натрия



В результате такой реакции карбоксильные группы превращаются в соли, что приводит к сдвигу полосы поглощения 1717 см<sup>-1</sup> в область более низких частот.

Изменения в ИК-спектрах при частотах 1210 и 1220 см<sup>-1</sup> труднее поддаются однозначной интерпретации. Можно представить лишь следующее. В лигнине при этой частоте хотя бы частично лежит полоса фенольных гидроксидов. Не исключена возможность, что между лигнином и ПХФ натрия протекает обменная реакция



Равновесие этой реакции может сдвигаться вправо за счет образования не растворимого в воде пентахлорфенола и перехода натрия в твердую фазу. Эта обменная реакция должна уменьшать полосу поглощения фенольных гидроксидов. В то же время образование свободного пентахлорфенола должно вызвать увеличение этой полосы за счет его собственного фенольного гидроксила. Конечный результат определяется соотношением этих двух процессов. Указание на прочную связь ПХФ с лигнином встречается и в литературе [9]. В холоцеллюлозе, как уже говорилось выше, в этом участке спектра лежит полоса поглощения ацетильных групп. Пропитка холоцеллюлозы растворами пентахлорфенолята натрия приводит к уменьшению этой полосы. Возможно, пентахлорфенолят натрия вызывает частичное отщепление ацетильных групп гемиллюлоз. Изменение сложной полосы поглощения древесины в области частот 1210, 1220 см<sup>-1</sup> представляет собой суммарный эффект вышеописанных процессов.

В ИК-спектрах целлюлозы при пропитке ее ПХФ натрия существенных химических изменений не наблюдалось, что не исключает возможной прочной физической связи [10].

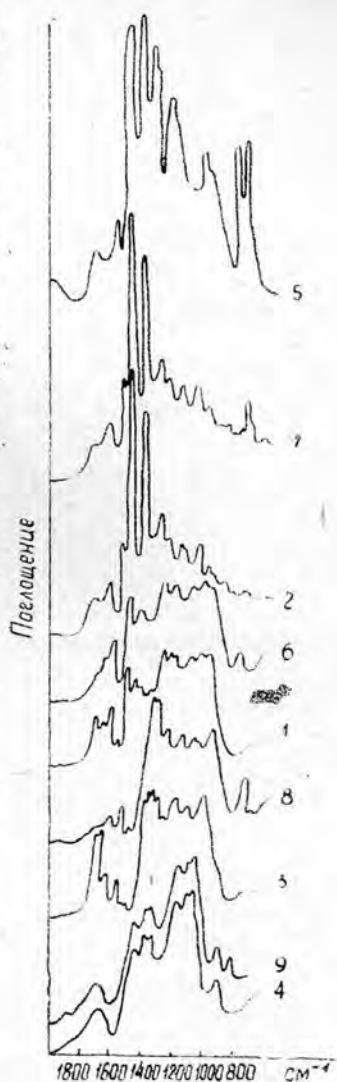


Рис. 1. ИК-спектры исходной и пропитанной древесины и ее компонентов.

- 1 — исходная древесина;
- 2 — исходный лигнин; 3 — исходная холоцеллюлоза;
- 4 — исходная целлюлоза;
- 5 — пентахлорфенолят натрия;
- 6 — пропитанная древесина;
- 7 — пропитанный лигнин;
- 8 — пропитанная холоцеллюлоза;
- 9 — пропитанная целлюлоза.

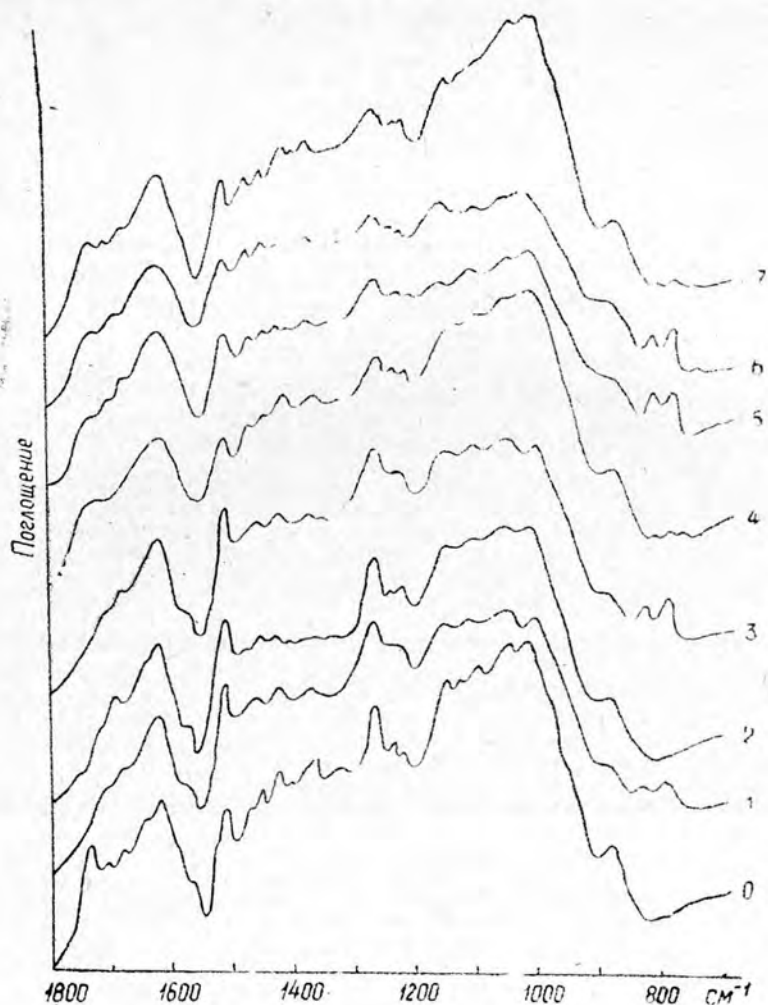


Рис. 2. ИК-спектры древесины, подвергнутой предварительным обработкам.

0 — исходная древесина; 1 — исходная, пропитанная ПХФ натрия; 2 — обработанная 3%-ным NaOH; 3 — обработанная 3%-ным NaOH и пропитанная ПХФ натрия; 4 — обработанная 3%-ным NaOH, пропитанная ПХФ натрия и экстрагированная горячей водой и азеотропной смесью; 5 — обработанная 3%-ным NaOH, пропитанная ПХФ натрия и обработанная уксусной кислотой; 6 — обработанная 3%-ным NaOH, пропитанная ПХФ натрия, обработанная уксусной кислотой и экстрагированная горячей водой; 7 — обработанная 3%-ным NaOH, пропитанная уксусной кислотой и экстрагированная горячей водой и азеотропной смесью.

Высказанное нами предположение о возможном взаимодействии ПХФ натрия с ацетильными группами гемицеллюлозной части было подтверждено опытами с модельным соединением — ацетилированной целлюлозой.

Предпропиточная обработка древесины 3%-ными растворами едкого натра (рис. 2)\* и соды приводит к увеличению количества поглощаемого антисептика. Как видно из кривых на рис. 2, интенсивность полос поглощения пентахлорфенолята выше у пропитанной древесины после предварительной обработки щелочью. По-види-

\* Для более четкого выявления полос поглощения скорость развертки спектра при снятии спектрограммы уменьшили по сравнению со спектрограммой, приведенной на рис. 1.

тому, щелочные растворы, нейтрализуя свободные карбоксильные группы, препятствуют их реакциям взаимодействия с ПХФ натрия и тем самым облегчают его проникновение в древесину.

Полученные данные согласуются с результатами опытов по определению глубины проникновения пентахлорофенолята натрия [5].

Экстракция горячей водой удаляет пентахлорофенолят натрия, а экстракция азеотропной спирто-толуольной смесью — пентахлорофенол, что приводит к исчезновению характерных полос поглощения.

Послепропиточная кислотная обработка способствует фиксации поглощенного антисептика в результате превращения водорастворимого ПХФ натрия в пентахлорофенол. Поэтому после экстракции горячей водой пропитанной древесины, прошедшей обработку уксусной кислотой, изменений в спектре не наблюдается. Образовавшийся пентахлорофенол извлекается азеотропной смесью.

Результаты проведенных нами исследований позволяют полагать, что ПХФ натрия, проникая в древесину, не только сорбируется на ее внутренней поверхности, но и частично вступает в реакции химического взаимодействия с компонентами древесины, главным образом с гемицеллюлозной частью и, по-видимому, с лигнином.

При химическом взаимодействии протекает обменная реакция карбоксильных групп с ПХФ натрия с образованием пентахлорофенола. Кроме того, растворы пентахлорофенолята натрия вызывают, по-видимому, частичное омыление ацетильных групп, что также способствует превращению пентахлорофенолята натрия в водонерастворимый пентахлорофенол.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Жбанков Р. Г. Инфракрасные спектры целлюлозы и ее производных. Минск, «Наука и техника», 1964. [2]. Пилипчук Ю. С. и др. К вопросу об идентификации частот поглощения гидроксильных и сложноэфирных групп лигнина. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1968, № 1. [3]. Фломина Е. Е. Исследование химизма взаимодействия с древесиной антисептика МХМ-235. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1967, № 6. [4]. Фломина Е. Е. Механизм фиксации в древесине компонентов препарата МХМ. — Научные труды ЦНИИМОДа, вып. 24, Архангельск, 1969. [5]. Фломина Е. Е., Краскова Л. А., Оболенская А. В., Бурков Г. Л. Проникновение пентахлорофенолята натрия в древесину. — Труды ЦНИИМОДа, Архангельск, № 30, 1973. [6]. Фломина Е. Е., Краскова Л. А., Оболенская А. В., Зимницкая В. П. Исследование химического взаимодействия пентахлорофенолята натрия с древесиной методами химического анализа. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1974, № 5, с. 161—163. [7]. Brauns F. E. — «The chemistry of Lignin», 1952, № 9. [8]. Grepp G. W. — In «Methods in carbohydrate chemistry», v. III, ch. 3, USA, Appleton, 1963. [9]. Kleinert P. Über die Aufnahme von Phenolen durch die Holzsubstanz und ihre Hauptbestandteile. — «Cellulose chemie», 18, № 5, 1940, s. 115—118. [10]. Leutritz J. Biodegradability of Pentachlorophenol. — «Forest Products Journal», vol. XV, № 7, 1965, p. 269—272.

## НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

УДК 634.0.284

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ  
ДОБЫЧИ ЖИВИЦЫ

(К 50-летию подсочки леса в СССР)

В Москве 2—3 декабря 1975 г. состоялось Всесоюзное научно-техническое совещание работников подсочного производства по совершенствованию технологии добычи живицы, организованное Министерством лесной и деревообрабатывающей промышленности СССР, Государственным Комитетом лесного хозяйства Совета Министров СССР, Министерством лесного хозяйства РСФСР и Центральным правлением НТО лесной промышленности и лесного хозяйства.

На совещании присутствовало 280 человек. Представители промышленных предприятий, подсочных трестов и объединений, научно-исследовательских и проектных институтов, ветераны подсочки леса в нашей стране, инженерно-технические работники подсочного производства, передовые рабочие по добыче живицы — вздымщики и сборщики из многих химвлесхозов и лесхозов Европейской части СССР, Сибири и Дальнего Востока собрались, чтобы подвести итоги по развитию подсочки леса в СССР за 50 лет и наметить пути дальнейшего совершенствования подсочного производства. На совещании выступил заместитель министра лесной и деревообрабатывающей промышленности Н. Г. Багаев с докладом о полувековом пути подсочки леса в СССР и перспективах ее дальнейшего развития.

С мелких разобитных подсочных хозяйств в XVIII в. началась в северных районах России подсочка леса, главным образом, для того, чтобы получить просмолившуюся древесину — ствольный осмол — для смолокурения. Индустриальная лесохимия в том числе и промышленная подсочка леса стали развиваться после победы Великой Октябрьской социалистической революции.

В 1925 г. на первой канифольно-терпентинной конференции, которая проводилась в Москве по инициативе Ф. Э. Дзержинского, подсочка леса получила государственное признание как важная народнохозяйственная добывающая отрасль лесной промышленности. За годы первых пятилеток развития народного хозяйства СССР подсочка леса распространилась по лесам всего Советского Союза, где производятся промышленные вырубki сосновых насаждений. В предвоенные годы в нашей стране добывалось ежегодно около 80—85 тыс. т сосновой живицы. В период Великой Отечественной войны, несмотря на трудности, на подсочке леса обеспечивался необходимый уровень добычи живицы. После окончания войны за четвертую пятилетку были восстановлены подсочные хозяйства, разоренные во временно оккупированных немецкими захватчиками районах, и быстро наращивались мощности по добыче живицы в многолесных районах Севера, Урала и Сибири с целью обеспечения растущей потребности народного хозяйства страны в канифольно-скипидарных продуктах. Совершенствовалась технология подсочки леса, разрабатывались более производительные конструкции вздымочных хаков, широко внедрялось на подсочке химическое воздействие серной кислоты и хлорной извести, а затем сульфитно-спиртовой барды и сульфитрина, разреженные сборы живицы, улучшалась организация и управление производством, переход с четырехзвенной на трехзвенную систему управления. Для руководства лесохимической отраслью Минлеспром СССР в 1972 г. организовал в Москве Всесоюзное промышленное объединение «Союзлесхим», координирующее работы по добыче живицы, заготовке осмола и другой лесохимической продукции и обеспечивающее в этой области единую техническую политику.

Подсочное производство нашей страны — одно из крупных отраслей лесной промышленности. В 1975 г. добыто 164 тыс. т живицы, перевыполнен производствен-



ный план по заготовке лесохимического сырья. Эти успехи достигнуты благодаря социалистическому соревнованию, развернувшемуся среди лесохимиков за достойную встречу XXV съезда КПСС.

На совещании выступил акад. АН Латвийской ССР А. И. Калниньш с докладом на тему: «Результаты научных исследований по подсочке леса с химическими стимуляторами смолы выделения и смолообразования, проведенные Институтом химии древесины АН Латвийской ССР». О разработке теоретических основ подсочки леса учеными Ленинградской лесотехнической академии и подготовке инженерных кадров для подсочного производства рассказал проф. ЛТА Ф. А. Медников.

Заведующий лабораторией подсочки леса КирНИИЛП Я. Г. Дрочнев доложил о поисках новых стимуляторов смолы выделения и смолообразования из числа химических веществ, широко применяемых в качестве пестицидов в сельском и лесном хозяйстве. Канд. с.-х. наук М. П. Коваленко (Украинский НИИ лесного хозяйства и агролесомелиорации) рассказал об истории развития и современном состоянии подсочки леса в Украинской ССР. Об исследованиях в области подсочки лиственницы и ели, а также механизации трудоемких процессов при добыче живицы доложил зав. лабораторией подсочки леса СибНИИЛП В. А. Мананов.

Выступление канд. с.-х. наук Ю. Г. Тагильцева (ДальНИИЛХ) было посвящено результатам научных исследований по опытной подсочке ели, лиственницы и кедра в Хабаровском крае. Директор Белоярского экспериментального завода В. И. Шунин рассказал о конструировании и производстве подсочных инструментов для добычи живицы, в том числе о разработках механизированных инструментов, облегчающих труд рабочих и повышающих производительность их труда. В выступлениях начальника канифольно-скипидарной лаборатории ЦНИЛХИ, канд. хим. наук Е. Б. Смирновой и главного инженера Главлесхимпрома В. Н. Федорышина указывалось на трудности переработки сосновой живицы, добытой с применением на подсочке сульфитно-спиртовой барды.

Заместитель директора объединения «Свердхимлес» тов. Сидоров рассказал об успехах уральских подсочников по добыче живицы в девятой пятилетке, привлечении в подсочку припевающих сосновых насаждений и длительных подсочных хозяйствах на Урале. Генеральный директор объединения «Сибвостхимлес» тов. Кулик отметил, что химизация подсочки в объединении составляет 98% с выходом живицы более 1 кг с карры за сезон. Необходимо расширить на подсочке применение серной кислоты, которая является самым эффективным стимулятором, повышающим производительность труда вздымщиков в 2—2,5 раза. Ветеран подсочки леса Б. П. Устинович (Министерство лесного хозяйства РСФСР) рассказал о развитии подсочного производства на предприятиях Гослескомитета. План добычи живицы по Министерству РСФСР за 1975 г. выполнен на 112%. Средняя производительность вздымщика 7,2 т, сборщика — 12 т живицы за сезон. Это достигнуто при широком внедрении химического воздействия и передовой технологии на подсочке.

В. И. Кропотов (Госплан СССР) отметил, что за 50 лет развития подсочки леса в нашей стране добыто 4,7 млн. т живицы. Продукты ее переработки — канифоль и скипидар — имеют важное народнохозяйственное значение.

На совещании приняты рекомендации по развитию подсочки леса в десятой пятилетке, в которых предусматривается значительное повышение производительности труда в подсочном производстве, совершенствование технологии добычи живицы, механизация трудоемких производственных работ, применение более эффективных химических и биологических стимуляторов при добыче живицы, продление срока применения серной кислоты на подсочке до 10 лет, а сульфитно-спиртовой барды — до 15 лет, организация в ЦНИИМЭ специальной лаборатории по инструментам и оборудованию подсочного производства, широкая информация в печати передового опыта по добыче живицы и издание монографии о 50-летнем пути развития подсочки леса в СССР.

**Ф. А. Медников.**

Ленинградская лесотехническая академия

## КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

УДК (075.8)

## ХИМИЯ ДРЕВЕСИНЫ

Книга «Физика и химия высокомолекулярных соединений и химия древесины и целлюлозы» (авторы В. М. Никитин, А. В. Оболенская, В. П. Щеголев) издана Ленинградской лесотехнической академией в двух частях.

В первой части изложены основы физики и химии высокомолекулярных соединений (ВМС). На современном научном уровне даны понятия о строении и свойствах ВМС, их классификация, основные способы получения, физическая структура, растворимость и природа растворов высокомолекулярных соединений. Изложены методы исследования высокомолекулярных соединений, способы определения молекулярной массы, молекулярной неоднородности целлюлозы, особенности химических реакций. Описаны основные классы синтетических ВМС: полиолефины, полидиены, полимеры (на основе галогенопроизводных этилена, винилового спирта, акриловой и метакриловой кислот), полиэферы, полиамиды, полиуретаны, фенолоальдегидные смолы, мочевиноальдегидные, эпоксидные, элементоорганические соединения.

Во второй части изложены основы химии древесины. Здесь содержатся сведения об анатомическом строении клеточных стенок, физической структуре целлюлозных волокон, физико-химических свойствах древесины, химическом составе древесины. Глубоко, на современном уровне, изложены основы химии целлюлозы, гемицеллюлоз и других нецеллюлозных полисахаридов, лигнина, экстрактивных веществ. По существу в этой книге впервые описан химизм процессов получения технической целлюлозы и химизм термического разложения древесины.

Книга насыщена информацией о компонентах древесины, содержит обобщенные экспериментальные данные по химии древесины, данные о методах выделения и определения отдельных компонентов древесины, о фотосинтезе углеводов в растениях и образовании лигнина в растительных клетках.

Доступно, на 22 печатных листах, изложены основы целой сложной науки, специальные термины объяснены в тексте.

К недостаткам приведенного курса лекций следует отнести то, что здесь в недостаточном объеме рассматривается химизм процессов, протекающих при получении целлюлозы, термическом разложении древесины, гидролизе древесины, в производстве канифольно-скипидарных продуктов и в производстве древесных пластиков и плит. Это, по-видимому, объясняется ограниченностью объема издания.

Заслуживает похвалы инициатива Ленинградской лесотехнической академии, издавшей эту книгу, хотя тираж ее недостаточен — всего 1500 экземпляров. И нужно выразить сожаление, что курс лекций, являющийся ценным учебным пособием, не вышел в издательстве «Лесная промышленность».

Рассматриваемый курс лекций может быть использован студентами химико-технологических факультетов лесотехнических вузов как заочного, так и дневного и вечернего обучения, является полезным для научных работников научно-исследовательских институтов и инженерно-технических работников промышленности химической переработки древесины.

В. В. Фефилов.

Московский лесотехнический институт.

## ЮБИЛЕИ

## СЛАВНЫЙ ЮБИЛЕИ

## профессора АЛЕКСАНДРА НИКОЛАЕВИЧА ПЕСОЦКОГО

31 марта 1976 года исполняется 80 лет со дня рождения и 60 лет производственной, научной, педагогической и общественной деятельности заведующего кафедрой лесопильного производства и гидротермической обработки древесины Ленинградской лесотехнической академии, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, доктора технических наук, профессора Александра Николаевича Песоцкого.

А. Н. Песоцкий родился в Ленинграде в семье инженера — известного специалиста в области лесопиления и деревообработки. С 1906 г. по 1914 г. он учился в гимназии, после окончания поступил в Институт инженеров путей сообщения, который окончил в 1921 г. До 1931 г. работал инженером на лесопильных и деревообрабатывающих предприятиях Ленинграда, Пскова, Шлиссельбурга.

Параллельно с производственной деятельностью А. Н. Песоцкий занимался научно-исследовательской работой в области лесопиления и сушки древесины и педагогической работой в Ленинградском институте народного хозяйства, в Лесотехнической академии, впоследствии в Промышленной академии. Полностью на научно-педагогическую работу он перешел в 1931 г. в Ленинградский технологический институт, где в течение 10 лет был профессором, заведующим кафедрой и деканом факультета деревообработки. В Лесотехнической академии работает с 1941 г., последовательно занимая должности проректора по научной и учебной работе, декана факультета механической технологии древесины и заведующего кафедрой лесопильного производства и гидротермической обработки древесины.

Диссертацию на ученую степень доктора технических наук А. Н. Песоцкий защитил в 1940 г.; она была посвящена исследованию сырья и пилопродукции в лесопильном производстве и впоследствии в значительной степени послужила основой для стандартизации лесной продукции.

В 1967 г. А. Н. Песоцкому было присвоено почетное звание заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, а ранее, в 1966 г. — звание почетного доктора Дрезденского технического университета (ГДР). С 1963 г. А. Н. Песоцкий состоит почетным членом редсовета научного журнала «Holztechnologie», издаваемого в Дрездене (ГДР).

А. Н. Песоцкий имеет свыше ста научных и печатных трудов. Его капитальный труд — «Лесопильное производство» — переведен на чешский, румынский, польский и китайский языки и издан в СССР и за границей девятью изданиями.

А. Н. Песоцкий является членом ряда научно-технических советов и участвует в разработке международных стандартов на лесную продукцию, неоднократно принимал участие в международных конференциях в качестве председателя, главы советской делегации и докладчика.

Пожелаем Александру Николаевичу еще долгие годы, с присущей ему энергией и неутомимостью, продолжать его плодотворную деятельность!

Александр Николаевич Песоцкий в течение многих лет (с 1964 г.) является членом редакционной коллегии «Лесного журнала», активно участвует в работе журнала, оказывая большую помощь во всей его деятельности. Редколлегия присоединяет свои поздравления и пожелания юбиляру долгих лет жизни, здоровья, бодрости и успехов во всем его многогранном творческом труде!

Коллектив работников Ленинградской лесотехнической академии  
Редакционная коллегия «Лесного журнала»

## ЮБИЛЕИ

## профессора НИКОЛАЯ ВАСИЛЬЕВИЧА ЛОБАНОВА

12 апреля исполняется 80 лет со дня рождения и 60 лет научной, педагогической и общественной деятельности заведующего кафедрой ботаники и дендрологии Брянского технологического института, заслуженного деятеля науки РСФСР, доктора биологических наук, профессора Николая Васильевича Лобанова.

Н. В. Лобанов родился в 1896 г. в г. Осташкове Калининской области. После окончания Тульского реального училища в 1913 г. он поступил в Тимирязевскую сельскохозяйственную академию и с первого курса активно включился в научно-исследовательскую работу (одновременно работая в земельных и кооперативных органах). После окончания учебы был оставлен для научно-педагогической работы в сельскохозяйственной академии и в Московском государственном университете. В 1927 г. Николай Васильевич как опытный научный работник и педагог избирается на должность заведующего кафедрой и профессора по курсу физиологии растений Ивановского сельскохозяйственного института.

Около 36 лет (с 1940 г.) проф. Н. В. Лобанов заведует кафедрой ботаники Брянского технологического института.

Большую и ответственную работу выполнял Николай Васильевич в годы Великой Отечественной войны по эвакуации института в г. Советске Кировской области, подготовке в трудных условиях высококвалифицированных кадров лесного хозяйства, а затем, по возвращении института в Брянск, его восстановлению и дальнейшему развитию в послевоенные годы.

Проф. Н. В. Лобанов широко известен своими капитальными исследованиями по корневому питанию сельскохозяйственных и древесных растений. По результатам исследований, выполняемых в творческом содружестве с АН СССР и Московским государственным университетом, в 1952 г. им успешно защищена докторская диссертация по микотрофности древесных растений.

Н. В. Лобановым опубликовано более 70 научных работ, в их числе несколько книг. Его монография «Микотрофность древесных растений» выдержала два издания в СССР, переведена на немецкий язык и издана в ГДР. По просьбе биологического общества он дважды был командирован в ГДР для чтения лекций по наиболее актуальным проблемам развиваемого им научного направления. Н. В. Лобанов выполнил большую работу по переводу и редактированию интересной монографии немецких авторов Х. Лира, Х. Польстера, Г. И. Фидлера «Физиология древесных растений», изданной в 1974 г. Много сил и знаний он отдает научному редактированию межвузовских научных трудов «Лесная геоботаника и биология древесных растений».

Николай Васильевич широко известен как высокоэрудированный педагог, много сил и энергии отдает он воспитанию будущих специалистов лесного хозяйства. Под руководством Н. В. Лобанова подготовлено несколько докторских и кандидатских диссертаций.

Плодотворная научная, педагогическая и общественная деятельность Николая Васильевича Лобанова высоко оценена Партией и Правительством. Он награжден орденом Ленина и медалями. В 1966 г. за активную научную и педагогическую деятельность Президиумом Верховного Совета РСФСР ему присвоено почетное звание «Заслуженный деятель науки РСФСР».

Желаем дорогому юбиляру крепкого здоровья, долгих лет жизни и дальнейших творческих успехов в труде на благо нашей Родины!

В. И. Рубцов, Е. Н. Самошкин, В. Ф. Рий.

Брянский технологический институт.

## МИХАИЛ ДАНИЛОВИЧ ДАНИЛОВ

19 декабря 1975 г. на 68-м году жизни скоропостижно скончался доктор биологических наук, профессор, Заслуженный деятель науки Марийской АССР, заведующий кафедрой ботаники и лесозащиты Марийского политехнического института Михаил Данилович Данилов.

М. Д. Данилов родился в Чувашской деревне и рано приобщился к крестьянскому труду. Любовь к земле, к лесу, к родной природе, а также жажда знаний привели его по окончании средней школы в Казанский институт сельского хозяйства и лесоводства.

Скромный, трудолюбивый студент быстро завоевал авторитет и симпатии товарищей. В студенческом лесном кружке, где Михаил Данилович вскоре стал одним из руководителей, ярко проявились его исследовательские способности. Студенческая общественность рекомендовала его как студента-выдвиженца на кафедру крупного ученого А. П. Тольского, под руководством которого Михаил Данилович выполнил ряд экспериментальных работ в лесничествах института и в экспедициях.

Одним из итогов работы в студенческом кружке в 1930 г. стала первая публикация М. Д. Данилова «Опыты с проращиванием желудей».

Окончив институт, Михаил Данилович прошел аспирантуру при кафедре лесных культур. В 1932 г. институт был переведен в Йошкар-Олу, и Михаил Данилович начинает педагогическую деятельность в нем с должности ассистента кафедры ботаники, затем становится доцентом, профессором и заведующим кафедрой. Эту работу он совмещает с большой административной работой: он декан лесохозяйственного факультета, затем — заместитель директора института, и в течение двух десятилетий — ректор института.

Наиболее трудная административная работа легла на плечи Михаила Даниловича в годы Великой Отечественной войны, когда в труднейших условиях нужно было обеспечить нормальную работу Поволжского лесотехнического института, переросшего в шестидесятых годах в Марийский политехнический.

Михаил Данилович снискал большую любовь и уважение студенчества. Он постоянно находился в окружении студентов — членов ботанического кружка — и аспирантов, прививая им любовь к исследовательской работе. Итоги этих исследований нашли отражение в ряде совместных публикаций.

Профессор М. Д. Данилов был энтузиастом и новатором в лесобиологической науке: он провел большие исследования возрастных изменений древесных растений; разработал первую классификацию деревьев по росту и развитию; выполнил ряд исследований по изучению полиморфизма дуба черешчатого и осины, ресурсов дикорастущих плодовых растений и др. Результаты этих исследований, имеющих большое теоретическое и практическое значение, вошли в учебники и учебные пособия. Перу Михаила Даниловича принадлежит около 200 публикаций, среди них такие монографии как «Растительность Марийской АССР», «Формовое разнообразие дуба черешчатого» и др. Он всегда живо откликался на запросы производства и был участником многих лесохозяйственных разработок в лесах Среднего Поволжья.

Огромную научную, педагогическую и административную деятельность профессор-коммунист М. Д. Данилов сочетал с многогранной общественной работой. Он постоянно избирался в руководящие партийные органы: партком института, горком и обком партии, участвовал в работе XIX съезда КПСС, избирался депутатом Йошкар-Олинского городского Совета, Верховных Советов Марийской АССР и СССР, продолжительное время руководил Марийской организацией общества «Знание», был председателем президиума Марийского Комитета Защиты Мира, членом экспертной комиссии Высшей Аттестационной Комиссии СССР и др.

Родина высоко оценила труд Михаила Даниловича, наградив его орденами «Красного Трудового Знамени», «Знак почета» и многими медалями.

В лице Михаила Даниловича лесная наука, высшая школа и лесное хозяйство потеряли крупного ученого.

Память о профессоре М. Д. Данилове навсегда останется в наших сердцах.

Б. М. Алимбек, А. Р. Чистяков, А. А. Денисов,  
И. С. Аверкиев, Г. К. Незабудкин, Т. И. Малочка,  
В. И. Пчелин, П. Н. Федоров, И. А. Яруткин,  
Н. А. Зудин, А. С. Яковлев и др.

Марийский политехнический институт.

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>И. М. Боховкин, Е. С. Романов.</i> Лесная высшая школа в борьбе за технический прогресс . . . . .	3
--	---

### ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

<i>Е. Г. Гнатенко, И. В. Сухов.</i> Лесоводственное значение сплошных и постепенных рубок в дубравах ЦЧО . . . . .	5
<i>Н. Г. Косарев.</i> К вопросу об интенсивности выборочных рубок в разновозрастных сосняках ленточных боров Алтайского края . . . . .	7
<i>Е. И. Цурик.</i> К вопросу о типах роста карпатских ельников . . . . .	10
<i>А. С. Тихонов.</i> Плотность древесины ели при комплексном выращивании с березой и осиной . . . . .	15
<i>В. П. Дадькин, Л. П. Самсонова.</i> Дефолиация как способ, облегчающий приживаемость саженцев древесных растений при пересадке . . . . .	18
<i>А. А. Строчинский, А. З. Швиденко.</i> Исследование формы и полндревесности ели в Украинских Карпатах (закономерности распределения) . . . . .	21
<i>С. Н. Адрианов.</i> К вопросу об эффективности садооащитных древесных полос . . . . .	25
<i>А. П. Нечаев.</i> Маакия амурская в озеленении . . . . .	29

### ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

<i>М. И. Зайчик.</i> О системе машин для лесосечных работ и первичной транспортировке леса . . . . .	34
<i>С. М. Иванов.</i> К вопросу об определении усилия сжатия пучков из бревен в машинах челюстного типа при береговой сплотке . . . . .	38
<i>И. К. Деметриадес.</i> Расчет очертаний лесосплавной ленты и рациональное трассирование лесонаправляющих сооружений . . . . .	45
<i>С. Г. Костокрыз.</i> Метод расчета давления гусеничной лесотранспортной машины на грунт . . . . .	48
<i>А. М. Жигалов.</i> Расчет характеристик амортизаторов для подвески автолесовозов . . . . .	53
<i>Ф. А. Павлов, В. Н. Жданов.</i> Стенд для динамического и статического испытаний дорожных одежд и оснований . . . . .	57
<i>А. В. Дуров.</i> О цикловой подаче топлива дизелями некоторых лесотранспортных машин . . . . .	60

### МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

<i>М. Т. Гончар, И. Я. Олейник.</i> Физико-механические свойства древесины лиственницы японской . . . . .	66
<i>А. С. Чурилин, Ю. А. Матыцин, О. Н. Русак.</i> Особенности взаимодействия звуковых волн с пластинчатой звукопоглощающей конструкцией . . . . .	68
<i>В. П. Жуков.</i> О предельной прочности древесностружечных плит . . . . .	73
<i>Л. В. Борцова.</i> Влияние величины давления при склеивании и термовлагообработки на прочность клееной прессованной древесины . . . . .	79
<i>Л. А. Тетерин, В. П. Воробьев.</i> Исследование процесса подсушки осмоленных древесных частиц в сушилках с «кипящим слоем» . . . . .	88
<i>Б. А. Освенский, В. А. Акоюн.</i> К вопросу о сопротивлении древесины изгибу поперек волокон . . . . .	88
<i>А. Д. Голяков.</i> К вопросу о возможностях классификации конструкционных пиломатериалов . . . . .	92

### ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

<i>М. И. Кравченко, В. И. Седых, А. И. Киприанов.</i> О каталитическом действии соединений металлов в ингибированном окислении углеводов . . . . .	97
<i>Л. М. Кирпичева, М. И. Чудаков, Г. П. Санников.</i> Получение сульфатной целлюлозы для ацетилирования из «арборицидной» древесины . . . . .	101
<i>Е. А. Писаревская, Ж. К. Романенко, Р. К. Боярская.</i> Образование альдоновых кислот в условиях бисульфитной варки целлюлозы . . . . .	105

Б. Д. Богомолов, О. М. Соколов, <u>Л. С. Чудинова</u> . Кинетические параметры процесса щелочной делигнификации древесины сосны . . . . .	109
Г. Г. Карпус, В. Б. Некрасова, В. Е. Ковалев. Сравнение способов ЛТА получения стериновых продуктов из сульфатного мыла и таллового пека . . . . .	115
М. Н. Волчанова. О гистерезисе сорбции измельченной древесины . . . . .	118

### КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

И. В. Турлай, Н. Ф. Ковалев. Статистическое моделирование работы лесозаготовительных систем на ЭВМ . . . . .	122
Ю. В. Лебедев. Некоторые вопросы статистического моделирования на ЭВМ работы крана на перегрузке хлыстов . . . . .	126
П. В. Ласточкин, В. А. Мельник. Некоторые результаты исследования электро-механического привода бревнобрасывателей . . . . .	130
Г. Ф. Козориз. Экспериментальное исследование регулируемой установки дополнительного отбора воздуха . . . . .	135

### ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Л. М. Чернякевич. Опыт построения графа связей экономических характеристик лесозаготовительного производства с условиями лесопользования . . . . .	139
В. М. Кожин. Изменение цен по районам, видам франко и группам лесопро-дукции . . . . .	145

### КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

В. П. Бобринев. Особенности выращивания сеянцев лиственницы даурской в Забайкалье . . . . .	148
В. В. Ильинский, В. И. Тушкин. Варьирование лесорастительных условий на овражно-балочных системах . . . . .	150
В. Н. Спиридонов. Влияние заповедного режима и минеральных удобрений на прирост деревьев в рекреационных насаждениях . . . . .	152
В. А. Александров. Нагруженность валочно-пакетирующей машины при свободном повале . . . . .	154
А. А. Зайцев. Изменение энергии потока, движущегося вдоль фильтрующего сооружения . . . . .	155
Г. М. Орепер, Э. А. Черняков. Метод расчета поверхности древесины, нагреваемой источниками ультрафиолетового излучения . . . . .	158
Б. С. Филиппов, А. А. Мариев, Б. Д. Богомолов. Оценка группового состава смолистых веществ сульфатного мыла . . . . .	161
Е. Е. Фломина, Л. А. Краскова, А. В. Оболенская, <u>Г. Л. Бурков</u> , В. П. Зимницкая. Исследование химического взаимодействия пентахлорфенолята натрия с древесиной методом ИК-спектроскопии . . . . .	164

### НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

Ф. А. Медников. Пути совершенствования технологии добычи живицы (к 50-летию подсочки леса в СССР) . . . . .	168
---	-----

### КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

В. В. Фефилов. Химия древесины . . . . .	170
--	-----

### ЮБИЛЕИ

Ленинградская лесотехническая академия, редколлегия «Лесного журнала». Славный юбилей профессора Александра Николаевича Песоцкого . . . . .	171
В. И. Рубцов, Е. Н. Самошкин, В. Ф. Рий. Юбилей профессора Николая Васильевича Лобанова . . . . .	172

### НЕКРОЛОГ

Б. М. Алимбек, А. Р. Чистяков, А. К. Денисов, И. С. Аверкиев, Г. К. Незабудкин, Т. И. Малочка, В. И. Пчелин, П. Н. Федоров, И. А. Яруткин, Н. А. Зудин, А. С. Яковлев и др. <u>Михаил Данилович Данилов</u> . . . . .	173
---	-----

## CONTENT

I. M. Bokhovkin, E. S. Romanov. Forest higher school in struggle for technical progress . . . . .	3
---	---

### THE FORESTRY

E. G. Gnatenko, I. V. Sukhov. Silvicultural importance of all-round and progressive cuttings in the forests of Central Black Earth Zone . . . . .	5
N. G. Kosarev. The probleme of intensity of selective felling in unevenage ribbon pine forests of Altai territory . . . . .	7
E. I. Tsurik. On the types of growth of the Karpathian spruce forests . . . . .	10
A. S. Tikhonov. The density of the wood of spruce when growing it together with birch and aspen . . . . .	15
V. P. Dadykin, L. P. Samsonova. Defoliation as the way making acclimatization of transplanted seedlings of woody plants easier . . . . .	18
A. A. Strochinsky, A. Z. Shvidenko. Investigation of form spruce in Ukrainian Karpathians (regularity of distribution) . . . . .	21
S. N. Adrianov. On efficiency of garden shelter belts . . . . .	25
A. P. Nechaev. <i>Maackia amurensis</i> Maxim. et Rupr. in planting . . . . .	29

### THE FOREST EXPLOATATION

M. I. Zaichik. On the system of machines for wood-cutting work and primary transportation . . . . .	34
S. M. Ivanov. On question of determination of compressive effort of log bundles in jaw-type machines when rafting . . . . .	38
I. K. Demetriades. Configuration calculations of a driving line and rational location of tumberguiding constructions . . . . .	45
S. G. Kostogryz. Method of calculating pressure of track-laying timber transporter upon the ground . . . . .	48
A. M. Zhigalov. Calculating the characteristics of shock absorbers for the suspensin-arrangement of a lumber-carrier . . . . .	53
F. A. Pavlov, V. N. Zhdanov. The stand for dynamic and static testing of road surfaces and bases . . . . .	58
A. V. Durov. On cycle charging of fuel by diesel engines of some timber-transportes . . . . .	60

### MECHANICAL TECHNOLOGY AND WOODSCIENCE

M. T. Gonchar, I. Ju. Oleinik. Physical and mechanical wood properties of the Japanishe larch . . . . .	66
A. S. Churilin, O. N. Rusak, Ju. A. Matitsyn. Interaction characteristics of sound waves with the strip-type sound absorbing structure . . . . .	68
V. P. Zhukov. On particle board limiting strength . . . . .	73
L. V. Bortsova. Influence of gluing pressure value and heat-and-moisture treatment upon the strength of glued pressed wood . . . . .	79
L. A. Teterin, V. P. Vorobyov. Investigation of process when partial drying tarred wood-particles in drying cells with „boiling bed“ . . . . .	83
B. A. Osvensky, V. A. Akopyan. On resistance of wood to bending across fibres . . . . .	88
A. D. Golyakov. On classifying the construction lumber . . . . .	92

### CHEMICAL WOODWORKING

M. I. Kravchenko, V. I. Sedykh. Catalytic action of metal compounds in the inhibited oxidation of hydrocarbons . . . . .	97
L. M. Kirpicheva, M. I. Chudakov, G. P. Sannikov. Preparation of sulphate cellulose for acetilation from hardwood destructive by „arboricide“ action . . . . .	101
E. A. Pisarevskaya, G. K. Romanenko, R. K. Boyarskaya. Formation of aldonic acids during bisulphite cooking . . . . .	105



B. D. Bogomolov, O. M. Sokolov, <u>L. S. Chudinova</u> . Kinetic parameters of alkaline delignification of pine wood . . . . .	10
G. G. Karpus, V. B. Nekrasova, V. E. Kovalev. The comparison of LTA methods of producing steral products of sulphate soap and tall peck . . . . .	115
M. N. Volchanova. On gysteresis of chipped wood absorbtion . . . . .	118

**COMPLEX MECHANIZATION  
AND AUTOMATION OF PRODUCTION PROCESSES**

I. V. Turlyay, N. F. Kovalev. Statistic immitation of logging operation systems on computers . . . . .	122
Ya. V. Lebedev. Some questions of the statistical modelling the crane's work at the tree-length handling on the electronic brain . . . . .	126
P. V. Lastochkin, V. A. Melnik. Some results of investigating the electromechanical drive of balancethrowers . . . . .	130
G. F. Kozoriz. Experimental research of the regulated installation of additional air with dramal . . . . .	135

**ECONOMIC AND ORGANIZATION OF THE PRODUCTION**

L. M. Chernyakevich. Experience of drawing graph of economic characteristics in logging, depending on the conditions of forest utilization . . . . .	139
V. M. Kozhin. Price modification according to regions, franco types forest products groups . . . . .	145

**SHORT REPORTS AND EXCHANGE OF EXPERIENCE**

V. P. Bobrinev. Characteristic features of growing <i>Larix dahurica</i> seedlings in Zabaikalje . . . . .	148
V. V. Ilyinsky, V. I. Tupikin. Varying of forest growing conditions on ravine-beam systems . . . . .	150
V. N. Spiridonov. The influence of the protected regime and mineral fertilizers on the growth of trees in recreational plantations . . . . .	152
V. A. Aleksandrov. The loading of cutting down and packeting during free cutting down . . . . .	154
A. A. Zaitsev. Alteration of energy's flow moving along filtering construction . . . . .	155
G. M. Oreper, E. A. Chernyakov. Method of calculating temperature of wood surface heated with the ultra-violet radiation surface . . . . .	158
B. S. Filippov, A. A. Mariev, B. D. Bogomolov. The estimation of the resinous substance group composition of the sulphate soap . . . . .	164
E. E. Flomina, L. A. Kraskova, A. V. Obolenskaya, <u>G. L. Burkov</u> , V. P. Zimnitskaya. Research of chemical interaction of sodium pentachlorophenolate and wood by IK-spectroscopy . . . . .	164

**SCIENTIFIC CONFERENCES AND DELIBERATIONS**

F. A. Mednikov. Ways of perfection on technology of pine output (of 50-th anniversary of boxing forest in the USSR) . . . . .	168
---	-----

**CRITIQUE AND BIBLIOGRAPHY**

V. V. Fefitov. Chemistry of wood . . . . .	170
--	-----

**JUBILEES**

LFA, editorial board of „Lesnoy journal“. Glorious anniversary of professor A. N. Pesotskiy . . . . .	171
V. I. Rubtsov, E. N. Samoshkin, V. F. Rty. Anniversary of professor N. V. Lobanov . . . . .	172

**NECROLOGY**

B. M. Alimbek, A. R. Chistyakov, A. K. Denisov, I. S. Averkiev, G. K. Nezabudkin, T. I. Malochka, V. I. Pcheltn, P. N. Fedorov, I. A. Jarutkin, N. A. Zudin, A. S. Jakovlev and others. <u>M. D. Dantlov</u> . . . . .	173
--	-----

## ДЕПОНИРОВАНИЕ РУКОПИСЕЙ

ВНИПИЭИлеспром принимает на депонирование (хранение и размножение по запросам) рукописи статей, обзоров, монографий, материалы совещаний по техническим и конкретным экономическим наукам в области лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности узкоспециального характера.

Депонированные рукописи являются научными публикациями и учитываются при защите диссертаций.

Установлен следующий порядок подготовки и передачи рукописей на депонирование.

ВНИПИЭИлеспром непосредственно рассматривает, принимает решение о депонировании рукописей в области экономики, АСУ и информатики, поступающих от предприятий и организаций отрасли.

Головные институты (ЦНИИМЭ, ЦНИИМОД, ВНИИдрев, Гипролеспром, Гипролестранс, ЦНИИФ, ЦНИИлесосплав, ВНИПОбумпром, ЦНИИБ, УкрНИИБ, ЦНИЛХИ) рассматривают, принимают решения о передаче на депонирование и оформляют в установленном порядке по закрепленной за ними тематике рукописи в области науки, техники и передового производственного опыта, поступающие от организаций и предприятий отрасли, после чего отобранные рукописи направляют во ВНИПИЭИлеспром.

Редакции отраслевых журналов отбирают рукописи, носящие узкоспециальный характер, оформляют в установленном порядке и с согласия автора направляют на депонирование во ВНИПИЭИлеспром с выпиской из решения

### ВОЗВРАТИТЕ КНИГУ НЕ ПОЗЖЕ обозначенного здесь срока


Группа	№ пробной площади	Время пребывания подроста под пологом, лет		Вид рубки	Количество деревьев дуба, тыс. шт. на 1 га, в возрасте, лет					Сохранность, % от начального количества, в возрасте, лет				Средняя высота, м, в возрасте, лет			Средний диаметр, см, в возрасте, лет			Запас, м³/га, в возрасте, лет			Средний объем одного дерева, м³, в возрасте, лет		
		до рубки	всего		1	12	13	23	45	12	23	45	18	23	45	18	23	45	18	23	45	18	23	45	
I	16	1	1	Сплошная Постепенная 2-приемная	11,2	4,5	3,2	3,1	1,06	40	29	27	9	4,8	6,9	16,8	3,6	5,0	14,7	10,8	24,1	154,0	0,0051	0,0100	0,145
	10	1	3		9,7	4,0	2,1	2,9	1,56	41	22	30	16	4,0	6,4	17,8	3,0	4,5	13,3	4,6	13,8	196,0	0,0026	0,0067	0,126
	11	1	4		9,6	3,7	3,2	2,4	1,54	39	33	25	16	4,0	5,8	17,3	2,8	3,6	13,2	5,9	10,6	184,0	0,0023	0,0060	0,120
	9	1	6		9,6	4,3	4,0	3,1	1,45	45	42	32	15	2,8	4,1	16,8	1,9	2,8	13,2	2,2	4,3	171,0	0,0010	0,0023	0,118
	8	1	8		9,6	2,9	4,1	2,6	1,45	30	43	27	15	—	4,9	16,5	—	3,4	12,6	—	7,4	158,0	—	0,0039	0,109
II	1	1	5	Постепенная 3-приемная	9,4	4,2	3,5	1,9	1,50	45	36	20	16	4,7	6,9	17,8	2,4	4,2	13,0	4,6	10,7	177,0	0,0015	0,0066	0,120
	2	1	7		9,6	4,0	2,5	2,2	1,50	42	26	23	16	3,4	5,4	17,5	2,1	3,5	13,3	2,5	6,4	191,0	0,0013	0,0038	0,124
	3	1	11		9,6	4,6	2,6	2,3	1,40	48	28	24	15	1,9	3,4	17,3	0,5	2,3	13,5	—	1,7	179,0	—	0,0006	0,125
	4	1	16		9,3	3,4	2,4	2,4	1,40	37	25	26	15	0,7	2,3	15,0	—	1,8	12,4	—	0,9	134,0	—	0,0004	0,093
	15	2	2		17,9	6,1	4,0	3,4	1,20	34	22	19	7	4,5	7,0	16,8	3,2	5,1	14,2	8,1	25,4	163,0	0,0031	0,0096	0,136
III	20	2	7	Сплошная Постепенная 2-приемная	9,3	3,5	2,1	2,2	1,35	38	22	24	15	2,8	4,7	16,6	1,6	2,7	12,1	0,8	3,2	135,0	0,0007	0,0021	0,100
	5	2	6		9,2	3,6	1,6	1,7	1,20	39	17	18	13	4,2	6,4	17,8	2,6	4,3	13,6	2,9	8,5	164,0	0,0019	0,0063	0,131
	14	3	3		11,1	5,0	4,0	2,5	1,29	45	36	23	12	—	7,4	17,0	—	4,5	—	17,9	157,0	—	0,0091	0,122	
IV	19	3	8	Постепенная 2-приемная Постепенная 3-приемная	9,7	3,6	4,6	3,1	1,26	37	48	32	13	2,7	4,5	17,5	1,5	2,8	13,4	1,8	5,3	163,0	0,0005	0,0021	0,129
	6	3	7		9,3	3,9	2,1	1,4	1,30	42	23	15	14	3,5	6,0	17,8	2,1	4,1	13,1	1,7	7,2	157,0	0,0013	0,0057	0,121
	17	4	4		10,4	5,1	3,9	3,6	1,34	49	38	35	13	3,6	6,1	17,1	2,4	3,6	13,6	4,7	13,0	171,0	0,0016	0,0041	0,128
IV	12	4	9	Постепенная 2-приемная	10,0	1,7	1,7	0,9	1,21	17	18	9	12	2,6	3,9	16,6	1,2	2,3	12,8	0,3	0,9	133,0	0,0003	0,0018	0,110
	7	4	8		11,0	5,3	3,3	2,2	1,30	48	34	20	12	2,7	4,4	16,9	1,5	3,1	13,4	1,2	5,4	162,0	0,0006	0,0024	0,120

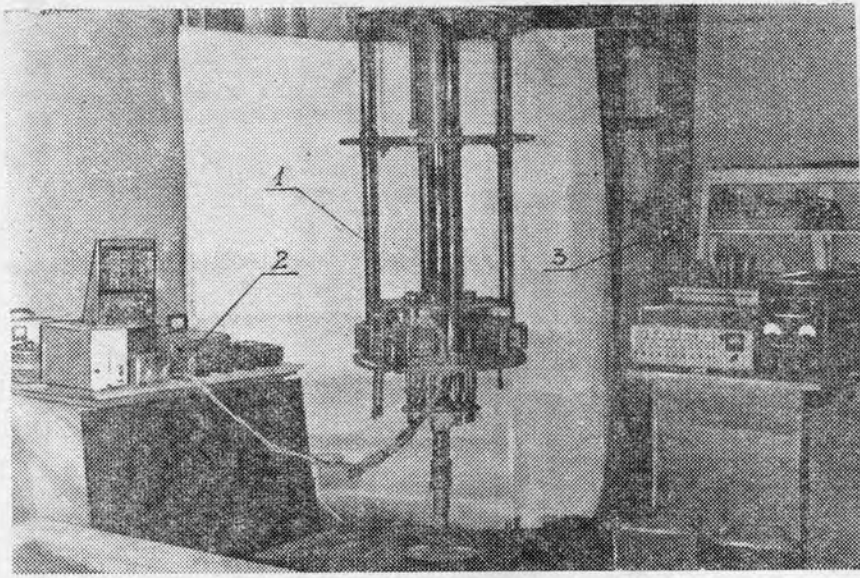


Рис. 1.

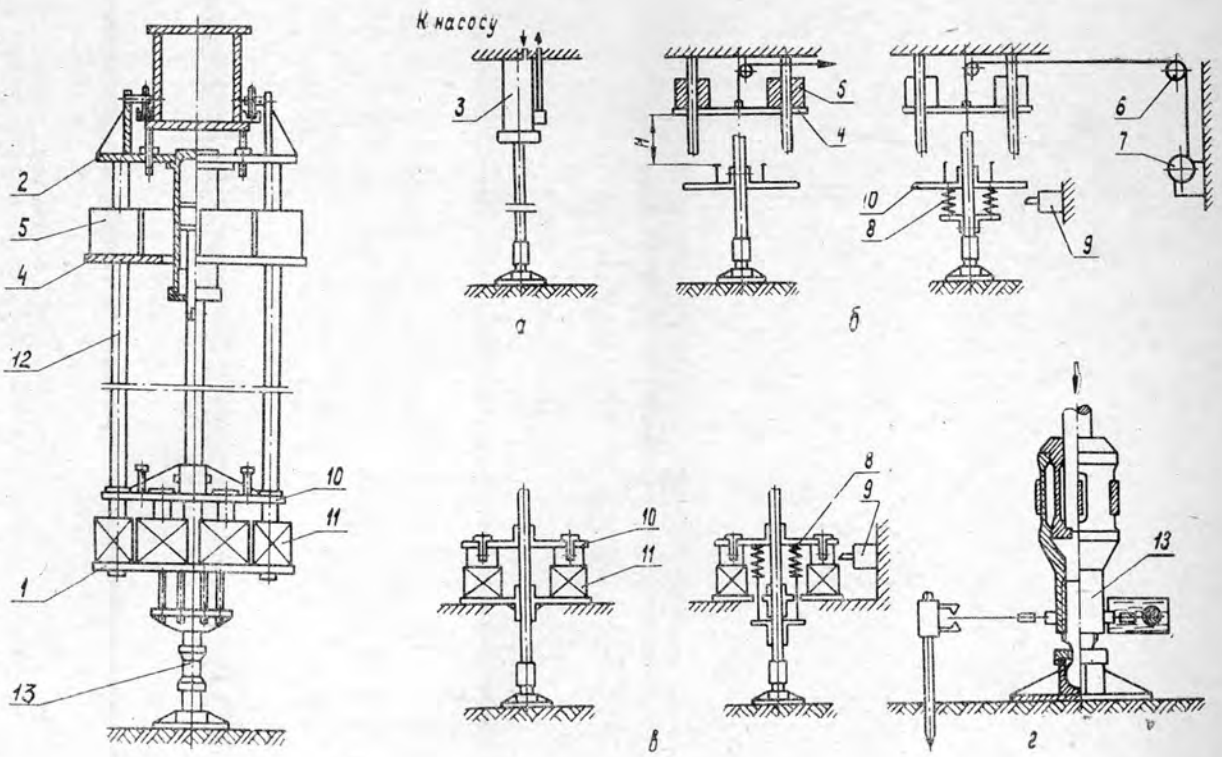


Рис. 2. Универсальное нагрузочное устройство.

*а* — схема передачи рабочего усилия от гидравлического нагрузителя; *б* — от «падающего груза» (жесткое и мягкое нагружение); *в* — от электромагнитного нагрузителя; *г* — измерительная головка стэнда.

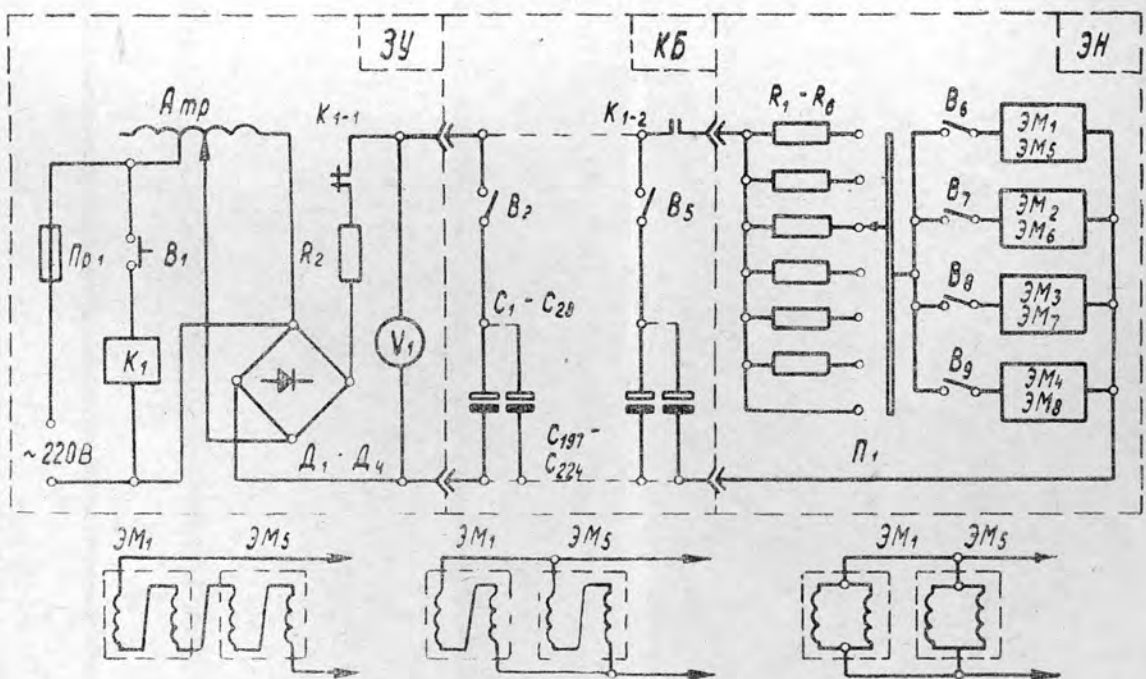


Рис. 3

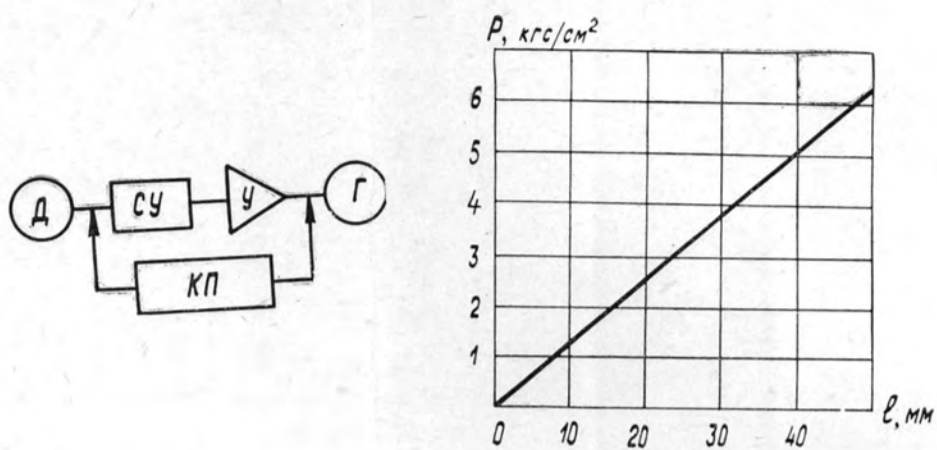


Рис. 4. Структурная схема и тарировочный график одного из каналов.

Д — тензорезистивный датчик; СУ — согласующее устройство; У — усилитель ТУП-101; КП — контрольно-тарировочный прибор (ИД-70); Г — гальванометр.

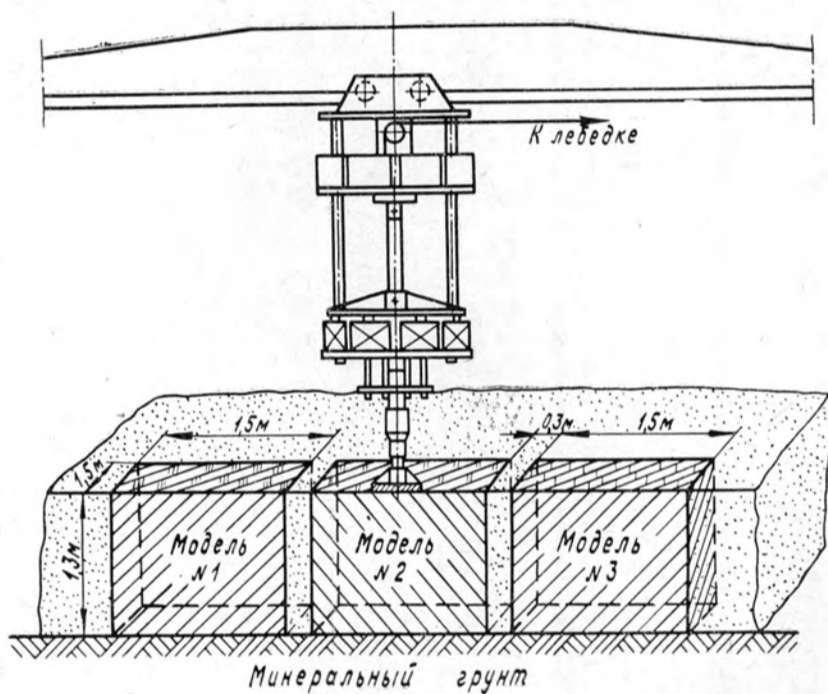


Рис. 5.

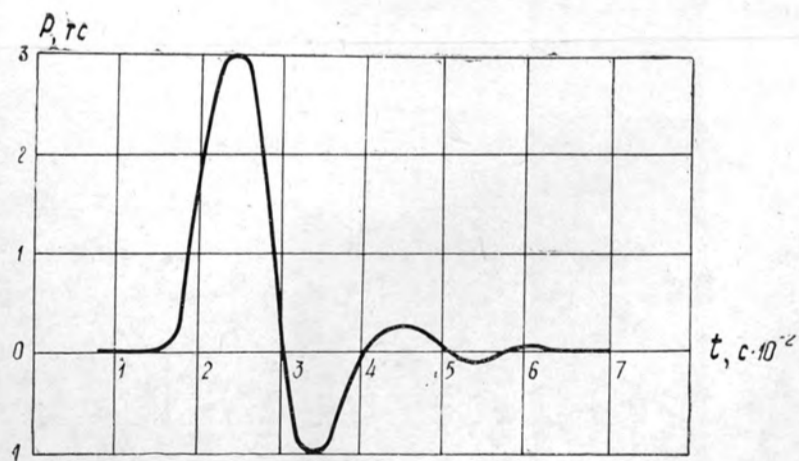


Рис. 6.

Таблица 1

Номер пробной площади Тип условий местопроизрастания	Лесхоззаг, лесничество, квартал	Порода	Возраст, лет	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Полнота	Сумма площадей поперечных сечений, м <sup>2</sup> /га	Смешение пород		Запас	
								шт./га	%	м <sup>3</sup> /га	%
28 С <sub>3</sub>	Бобрский, Старосельское, 29	Лц яп.	36	24,4	21,0	0,74	27,06	580	47	295	85
		Б к.	41	11,0	14,2	0,25	4,87	510	42	41	12
		Г	41	9,1	14,5	0,01	0,26	40	3	2	1
		Д об.	41	13,1	14,0	0,06	1,36	100	8	9	2
	Итого					1,06	33,55	1230	100	347	100
1 Д <sub>2</sub>	Львовский, Липниковское, 41	Лц яп.	36	27,7	23,3	0,83	26,5	440	54	288	78
		Д об.	38	17,9	17,6	0,29	6,9	276	34	61	17
		Ол ч.	39	17,9	18,0	0,09	2,4	96	12	20	5
	Итого					1,21	35,8	812	100	369	100
4 Д <sub>3</sub>	Львовский, Липниковское, 41	Л яп.	36	33,2	25,4	0,63	20,2	230	28	244	62
		Д об.	38	19,7	18,0	0,23	5,3	174	21	46	12
		Ол ч.	39	18,1	19,3	0,39	10,7	415	51	103	26
	Итого					1,25	36,2	819	100	393	100

Таблица 2

Показатели физико-механических свойств древесины лиственницы японской в зависимости от типа условий местопроизрастания

Показатели	Влажный сугрудок С <sub>3</sub>		Свежий груд Д <sub>2</sub>		Влажный груд Д <sub>3</sub>		Достоверность различий между	
	n	M ± m	n	M ± m	n	M ± m	С <sub>3</sub> и Д <sub>2</sub>	Д <sub>2</sub> и Д <sub>3</sub>
Число годовых слоев в 1 см	129	3,1 ± 0,06	112	2,5 ± 0,05	228	2,1 ± 0,05	12,4 > 3	6,1 > 3
Процент поздней древесины	129	33,0 ± 0,92	112	23,9 ± 1,11	228	23,3 ± 0,66	8,6 > 3	0,4 < 3
Плотность, кг/м <sup>3</sup>								
в абс. сухом состоянии	50	507 ± 3,9	46	429 ± 6,2	75	439 ± 5,8	9,7 > 3,1	1,1 < 3,1
условная	50	455 ± 3,2	46	386 ± 4,8	75	390 ± 4,6	10,0 > 3,1	0,5 < 3,1
Коэффициент усушки								
радиальной	48	0,145 ± 0,004	43	0,107 ± 0,004	66	0,120 ± 0,003	5,0 > 3,1	2,6 < 3,1
тангенциальной	48	0,249 ± 0,005	43	0,223 ± 0,006	66	0,212 ± 0,005	5,5 > 3,1	1,4 < 3,1
объемной	48	0,393 ± 0,009	43	0,333 ± 0,009	66	0,338 ± 0,009	4,3 > 3,1	0,3 < 3,1
Предел прочности, кгс/см <sup>2</sup>								
при сжатии вдоль волокон	187	527 ± 3,54	145	377 ± 4,62	222	418 ± 4,61	18,7 > 3,0	6,3 > 3,0
при статическом изгибе	27	783 ± 42,3	19	610 ± 52,6	37	652 ± 41,6	2,2 < 3,3	0,6 < 3,4
Ударная радиальная твердость, гс·мм/мм <sup>2</sup>	33	1242 ± 28,9	30	976 ± 28,2	46	1078 ± 29,9	3,9 > 3,2	2,5 < 3,2
Статическая твердость, кгс/см								
торцовая	45	453 ± 5,86	48	352 ± 4,45	48	365 ± 5,63	10,7 > 3,1	2,0 < 3,2
радиальная	40	320 ± 4,99	44	234 ± 5,43	44	257 ± 5,33	8,6 > 3,2	3,0 < 3,2
тангенциальная	31	292 ± 7,61	33	238 ± 4,62	44	266 ± 6,99	2,5 < 3,2	3,4 > 3,2

Таблица 3

Показатели физико-механических свойств древесины лиственницы японской  
в поперечном направлении

Показатели	Заболонь		Ядро				Достоверность различий между	
			Периферия		Средина		заболонью и серединой ядра	периферией ядра и его серединой
	n	M ± m	n	M ± m	n	M ± m		
Число годовичных слоев в 1 см	160	3,5 ± 0,07	200	2,1 ± 0,02	109	1,5 ± 0,05	27,9 > 3,0	18,2 > 3,0
Процент поздней древесины	160	36,5 ± 0,81	200	22,9 ± 0,56	109	17,0 ± 0,34	22,2 > 3,0	9,0 > 3,0
Плотность, кг/м <sup>3</sup>								
в абс. сухом состоянии	79	482 ± 4,63	64	454 ± 6,50	28	389 ± 4,37	14,7 > 3,3	8,3 > 3,3
условная	79	422 ± 3,53	64	405 ± 5,58	28	363 ± 4,61	9,7 > 3,3	5,8 > 3,3
Коэффициент усушки								
радиальной	76	0,144 ± 0,002	57	0,109 ± 0,003	24	0,095 ± 0,003	11,4 > 3,3	3,4 > 3,3
тангенциальной	76	0,255 ± 0,003	57	0,206 ± 0,003	24	0,182 ± 0,005	12,6 > 3,3	4,2 > 3,3
объемной	76	0,407 ± 0,006	57	0,312 ± 0,006	24	0,282 ± 0,011	15,4 > 3,3	3,9 > 3,3
Предел прочности, кгс/см <sup>2</sup>								
при сжатии вдоль волокон	181	502 ± 4,8	243	439 ± 5,1	130	372 ± 5,1	18,6 > 3,0	9,2 > 3,0
при статическом изгибе	37	839 ± 38,6	30	650 ± 32,0	16	454 ± 27,2	8,1 > 3,5	4,7 > 3,5
Ударная радиальная твердость кгс · мм/мм <sup>2</sup>	48	1177 ± 25,7	49	1073 ± 28,8	12	901 ± 46,1	5,4 > 3,8	3,2 < 3,8

Таблица 4

Показатели физико-механических свойств древесины лиственницы японской  
в продольном направлении

Показатели	Комлевая часть ствола		Средина ствола		Под кроно		Достоверность различий между	
							комлевой частью и серединой ствола	комлевой частью и под кроной
	n	M ± m	n	M ± m	n	M ± m		
Число годовичных слоев в 1 см	166	2,8 ± 0,09	179	2,2 ± 0,07	124	2,3 ± 0,06	7,07 > 3,0	6,07 > 3,0
Процент поздней древесины	166	32,4 ± 0,99	179	23,0 ± 0,75	124	22,4 ± 0,88	8,29 > 3,0	7,55 > 3,0
Плотность, кг/м <sup>3</sup>								
в абс. сухом состоянии	68	479 ± 6,25	55	434 ± 6,98	48	449 ± 6,67	4,83 > 3,1	3,33 > 3,2
условная	68	424 ± 6,98	55	386 ± 5,56	48	399 ± 5,54	4,23 > 3,1	2,77 < 3,2
Коэффициент усушки								
радиальной	65	0,129 ± 0,004	49	0,119 ± 0,004	43	0,122 ± 0,004	1,78 < 3,2	1,28 < 3,2
тангенциальной	65	0,229 ± 0,005	49	0,220 ± 0,005	43	0,229 ± 0,005	1,11 < 3,3	—
объемной	65	0,363 ± 0,009	49	0,345 ± 0,012	43	0,349 ± 0,008	1,19 < 3,2	1,14 < 3,2
Предел прочности, кгс/см <sup>2</sup>								
при сжатии вдоль волокон	232	480 ± 5,5	189	424 ± 5,9	133	409 ± 5,9	6,9 > 3,0	8,7 > 3,0
при статическом изгибе	30	803 ± 44,4	32	674 ± 42,0	21	531 ± 34,2	2,1 < 3,2	4,86 > 3,4
Ударная радиальная твердость, кгс · мм/мм <sup>2</sup>	44	1179 ± 30,8	40	1051 ± 29,8	25	1039 ± 39,3	3,0 < 3,1	2,8 < 3,3

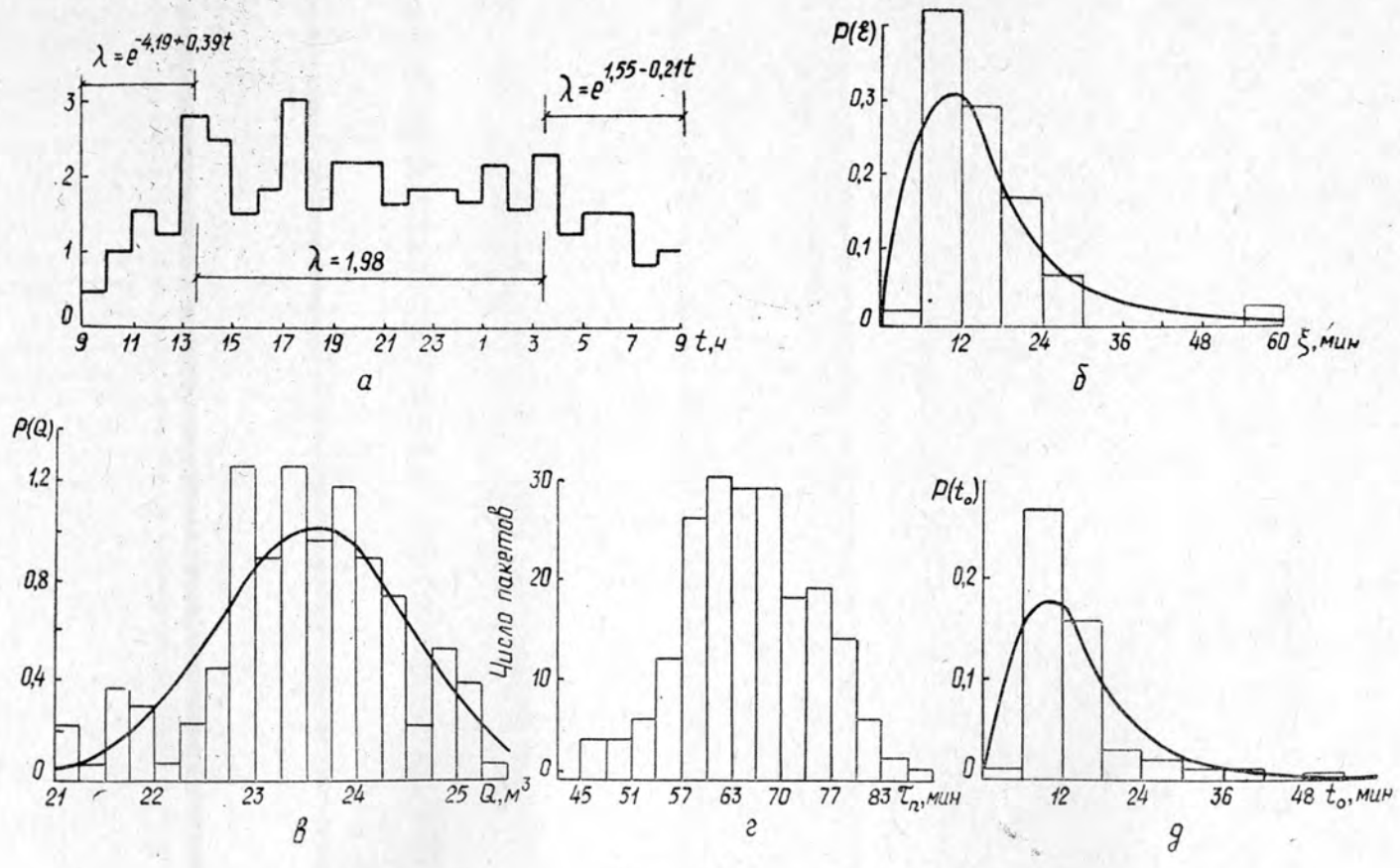


Рис. 1. Исходные данные для процесса перегрузки хлыстов.

а — график изменения интенсивности  $\lambda$  потока автомобилей по часам суток; б — гистограмма и кривые плотности распределения интервалов  $\xi$ ; в — объема пакета хлыстов  $Q$  (МАЗ-509); г — продолжительности раскряжевки пакета хлыстов  $t_{ii}$ ; д — продолжительности разгрузки автомобиля  $t_0$ .

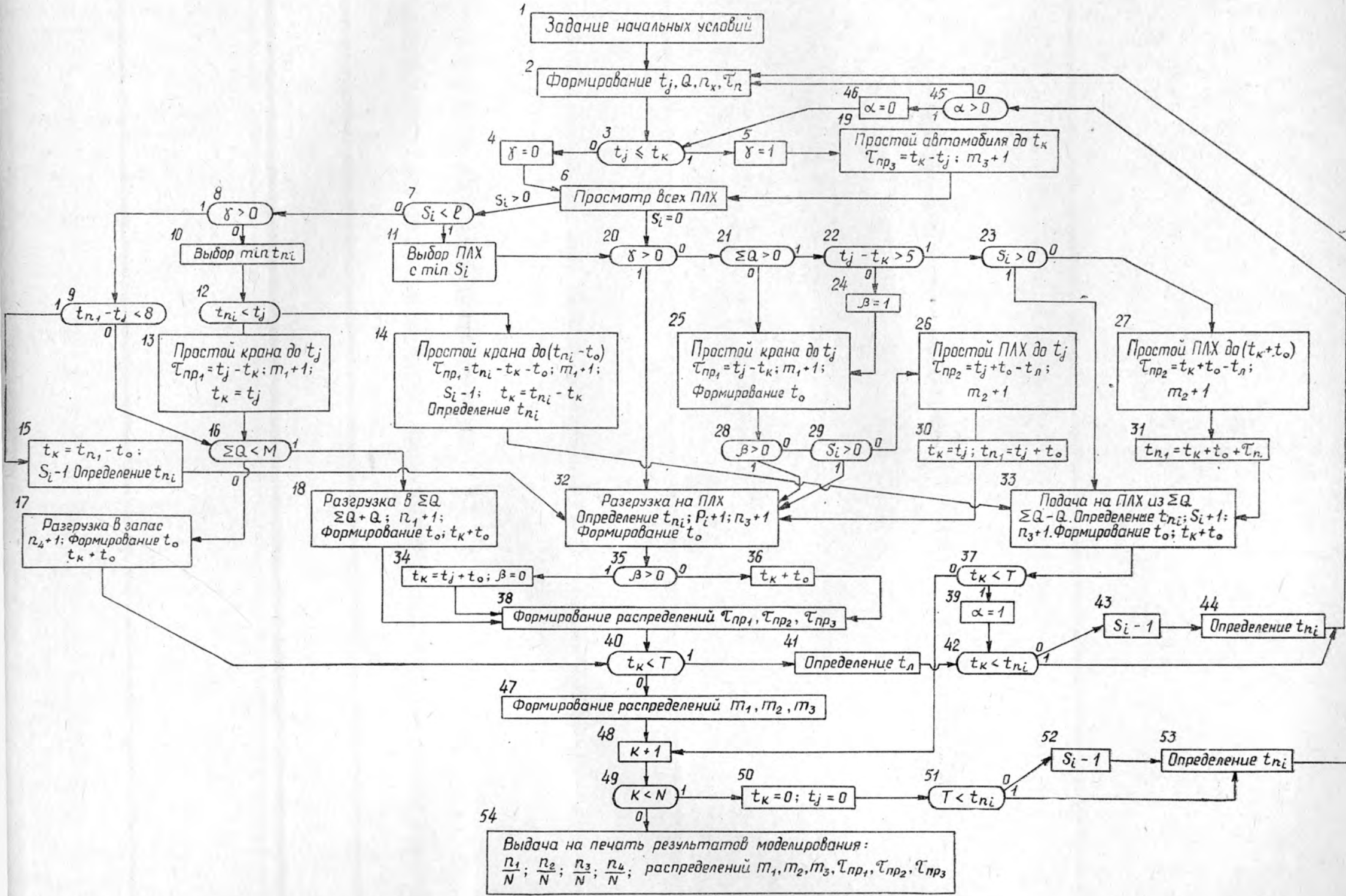


Рис. 2.



i \ j	$\Sigma n_i$																													
	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$	$b_5$	$c_1$	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$e_1$	$e_2$	$e_3$	$e_4$	$e_5$	$\rho_1$	$\rho_2$	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$	$y_5$	$y_6$	$\Sigma n_i$	
$a_1$	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	19
$a_2$	2	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	16
$a_3$	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	7	
$a_4$	4	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	7	
$a_5$	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2		
$b_1$	6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	5
$b_2$	7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
$b_3$	8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
$b_4$	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	3	
$b_5$	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	3		
$c_1$	11	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	6		
$d_1$	12	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	6	
$d_2$	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	3	
$d_3$	14	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	6	
$d_4$	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	4	
$e_1$	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	5	
$e_2$	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	6	
$e_3$	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	4	
$e_4$	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	5	
$e_5$	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	6	
$\rho_1$	21	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	19
$\rho_2$	22	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	5	
$y_1$	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
$y_2$	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	
$y_3$	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	
$y_4$	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	3	
$y_5$	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
$y_6$	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
$\Sigma n_i$	$n_i$	3	2	3	1	3	5	3	3	5	5	2	5	3	3	8	6	4	2	2	3	0	1	16	14	16	9	9	8	144

В  
11-332

# ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ

1

---

1976