

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ ПО ВЫСШЕМУ ОБРАЗОВАНИЮ

АРХАНГЕЛЬСКИЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ  
ЗАВЕДЕНИЙ

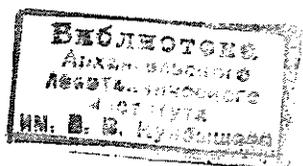
*Лесной журнал*

Издается с февраля 1958 г.

Выходит 6 раз в год

5—6

1993



АРХАНГЕЛЬСК

Главный редактор — акад. О. М. Соколов.  
Заместители главного редактора:  
акад. И. С. Мелехов, проф. Е. С. Романов, проф. С. И. Морозов.

## ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ:

Проф. Ю. Г. Бутко, проф. А. В. Веретенников, проф. Е. Д. Гельфанд,  
проф. И. И. Гусев, проф. Р. Е. Калитеевский, проф. А. Н. Кириллов,  
проф. Н. П. Коваленко, акад. В. А. Кучерявый, проф. Н. В. Лившиц,  
проф. Е. Г. Мозолевская, доц. О. А. Неволлин, акад. А. Н. Обливин,  
акад. В. И. Онегин, акад. А. Р. Родин, д-р биол. наук Л. П. Рысин,  
проф. В. П. Рябчук, проф. Е. Д. Сабо, проф. В. И. Санев, акад. О. А. Тер-  
рентьев, проф. Н. И. Федоров, проф. В. Я. Харитонов, д-р с.-х. наук  
Г. А. Чибисов, акад. Г. М. Шутов, проф. В. В. Щелкунов, проф.  
А. А. Эльберт.

Ответственный секретарь Р. В. Белякова.

---

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

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ  
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 5—6

---

Редакторы Н. П. Бойкова, Л. С. Окулова. Корректор Л. Л. Аксенова.

---

Сдан в набор 09.12.93. Подписан в печать 21.04.94.  
Форм. бум. 70 × 108<sup>1/16</sup>. Бумага этикеточная. Гарнитура литературная. Печать высокая.  
Усл. печ. л. 19,872. Усл. кр.-отт. 19,872. Уч.-изд. л. 24,11. Тираж 1 000 экз. Заказ 4738.  
Архангельский ордена Трудового Красного Знамени лесотехнический институт  
им. В. В. Куйбышева

---

Адрес редакции: 163007, Архангельск, 7, наб. Сев. Двины, 17, тел. 44-13-37.

---

Типография издательства «Правда Севера», 163002, г. Архангельск, пр. Новгородский, 32

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 630\*182.2

НЕКОТОРЫЕ ЧЕРТЫ  
СМЕНЫ ХВОЙНО-ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ  
ОЛЬХОЙ ЧЕРНОЙ

А. С. ТИХОНОВ

Брянский технологический институт

Хвойно-широколиственные леса из ели, сосны, дуба, липы, клена остролистного, ясеня, ильмовых, распространенные в европейской части России на юге лесной зоны, всегда были объектами изучения взаимосмены ели и дуба, сосны и дуба и широкомасштабной сукцессии осиною и березой. Смена этих лесов ольхой черной в лесоводстве не описана; известны лишь отдельные факты. Так, Г. Ф. Морозов [2], отметив уменьшение доли ольхи черной при осушении черноольшаников с примесью дуба и ели, дал понять, что причиной смены может быть повышение влажности почвы. М. Е. Ткаченко [4] назвал вторую причину сукцессии дубово-ясенево-ольховых лесов Беларуси — пастьбу скота, а П. С. Погребняк [3] указал на действие ветра и сплошные рубки.

Белорусские лесоводы также отмечают активную смену хвойно-широколиственных лесов под влиянием сплошных рубок с образованием даже черноольшаников кисличных. И. Д. Юркевич [5] предложил оберегать семенные высокопроизводительные древостои ольхи черной, хотя экономические расчеты показали, что в кисличниках ( $C_2 - D_2$ ) выгоднее выращивать ель, в свежей дубраве ( $D_2$ ) — дуб (на втором месте ель), во влажной дубраве ( $D_3$ ) также дуб (на втором месте ясень) и только в сырой дубраве ( $D_4$ ) — ольху черную с ясенем [1].

В Брянской области, благодаря расчлененности рельефа, изучаемая сукцессия не столь выражена. В конце прошлого столетия в отдельных лесных дачах черноольшаники занимали 1...2 % площади. Сейчас их доля возросла до 5 % и смена пород произошла на площади более 20 тыс. га. Повторные сплошные рубки приводят к образованию порослевых низкопродуктивных черноольшаников, главных древесных пород становится все меньше. Следовательно, сукцессия является депрессивной и длительной.

Отмечено увеличение влажности как локальной на вырубках (площадью 5...10 га), так и глобальной. Доля переувлажненных лесных почв возросла с 8,4 % в 1960 г. до 11,5 % в 1985 г. Такое увлажнение, вероятно, имеет циклический характер, так как примесь ольхи черной в единицу состава встречается и в спелых насаждениях ели. Об избыточном увлажнении лесных земель в прошлом веке можно судить и по выкопанным в то время осушителям в лесах, относящихся в настоящее время к таволговой серии типов леса ( $C_4 - D_4$ ). Считалось, что благодаря ажурной компактной кроне черноольшаники пропускают под полог много осадков и, являясь накопителями влаги, питают ручьи и реки.

В отдельных лесхозах области площадь черноольшаников достигает 7...12 %. Еще больше они распространены в Учебном и научно-производственном комплексном лесохозяйственном предприятии (УНПКЛП) БТИ. Здесь сплошные рубки начали применять с 1860 г.

Площадь, га, насаждений с ольхой черной вне пойм Караджиско-Крыловского лесничества

Серия типов леса	Черноольховые древостой										Насаждения других пород разного возраста, лет, с участием ольхи, единиц состава										Итого	Всего			
	с примесью других пород, единиц состава										<40					41...80							>80		
	чис- тые	1	2	3	4	Ито- го	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2			3	4	
Болотно-папорот- никовая	30	20	33	44	37	134	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	164
Приручевая	92	24	32	13	41	110	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	202
Осоко-тростниковая	15	13	4	5	18	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	94
Таволговая	35	26	24	35	14	99	1	1	1	3	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	29
Крапивная	32	32	75	42	45	194	1	1	3	10	6	7	3	2	3	6	3	3	3	6	5	3	5	5	47
Щитовниковая	—	—	3	—	2	5	4	4	—	1	5	1	—	2	1	5	—	—	—	17	—	—	—	—	53
Липняковая	—	1	4	1	9	15	20	12	14	4	39	19	3	4	4	14	4	4	20	5	5	—	—	—	146
Лещиновая	—	4	2	—	1	7	4	3	—	—	20	9	4	5	20	17	4	5	12	8	—	—	—	—	76
Кисличная	—	—	—	—	—	—	9	4	11	—	13	12	2	—	11	8	—	—	12	2	—	—	—	—	71
Черничная	—	—	—	—	—	—	13	10	8	1	31	11	1	—	11	2	—	—	11	2	—	—	—	—	88
Ландштеновейниковая	2	—	—	—	—	1	1	3	6	—	5	—	—	—	3	—	—	—	3	—	—	—	—	—	27
Осоко-сфагновая	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8
<b>Всего</b>	<b>206</b>	<b>120</b>	<b>177</b>	<b>141</b>	<b>167</b>	<b>605</b>	<b>53</b>	<b>47</b>	<b>51</b>	<b>16</b>	<b>127</b>	<b>94</b>	<b>40</b>	<b>15</b>	<b>74</b>	<b>45</b>	<b>8</b>	<b>14</b>	<b>584</b>	<b>1395</b>					

Поэтому в Карачижско-Крыловской лесной даче этого предприятия площадь черноольшаников с конца XIX в. до начала XX в. возросла с 2,1 до 6,3 % и в 1985 г. составила 13 %. Если учесть, что площадь настоящего черноольшаника болотно-папоротникового ( $D_5$ ) равна 2,5 %, то можно сказать, что в прошлом ольховые леса были сосредоточены здесь на низовых болотах. Этот тип леса коренной и единственный в болотно-папоротниковой серии, хотя в отдельных биогеоценозах примесь других пород достигает 4 единиц состава (см. таблицу). Это закрайки низовых болот, наступающих на суходолы. В них еще сохраняют жизнеспособность дуб, ясень, сосна, ель, осина. В глубь болотного леса в примеси встречается только береза пушистая. Поэтому мы рекомендуем расчищать русла водотоков, выходящих из низовых болот, чтобы предотвратить их рост, понизив на несколько дециметров уровень воды.

Черноольшаники в прошлом встречались и в других типах леса. Судя по данным таблицы, коренным черноольшаником является и приручьевого тип леса, который наполовину представлен чистыми древостоями. В остальных, наряду с березой, часто встречается осина, имеется примесь ели, ясеня, дуба. Черноольшаник приручьевого характеризуется иловато-глеевыми и евтрофно-торфянистыми почвами и отличается от коренного типа леса ельник-лог, занимающего древние долины (ручьи теперь часто пересыхают, иногда их русла почти не выражены) с необходимыми муллевыми темноцветно-подзолистыми или иловато-глееватыми почвами.

В наибольшей степени выражена смена хвойно-широколиственных биогеоценозов таволговой и крапивной серий типов леса, нередко через промежуточную сукцессию березняками и осинниками. Первые сплошные рубки вызвали рост этих мелколиственных насаждений, в которых примесь ольхи стала больше, чем в коренных ельниках таволговых и ясенниках крапивных с елью. После сплошной рубки березняков и осинников смена черной ольхой ускорила. В результате коренных ельников осталось мало. Чуть больше (на 31 га) сохранились ясенники крапивные с липой в подлеске и во втором ярусе, в котором растут также вяз, клен, редко ель. Возраст ясеня не превышает 120 лет, распределение по классам возраста относительно равномерное, что указывает на возможность выращивания этой ценной древесной породы в данных климатических условиях.

Черноольшаники с примесью ясеня в 1...3 единицы состава занимают 154 га. Это значит, что 20 % малоценных насаждений можно преобразовать в ясенники, используя естественное возобновление. Даже при полноте всех древесных ярусов 0,7...0,8 высота ясеня подроста достигает 0,5 м, затем большая часть его переходит в торчки и гибнет. Каждое плодоносящее дерево ясеня воспроизводит около 100 особей подроста. При участии его в составе I яруса 2 единицы ясень возобновляется успешно: встречаемость на площадках по 10 м<sup>2</sup> как под пологом леса, так и на вырубке превышает 80 %. Избыток ясеня подроста в таких древостоях позволяет пересаживать дички в места, где его нет.

Как видно из таблицы, ольха черная сменяет также хвойно-широколиственные насаждения щитовниковой, липняковой и лещиновой серий типов леса. Хотя здесь она не образует чистых древостоев, но после сплошной рубки распространяется широко в виде примеси. Так, если липняковые черноольшаники появились пока на 15 га, то примесь ольхи черной обнаружена на 161 га в других липняковых типах леса. Следовательно, надо принимать меры по ограничению распространения ольхи черной и на влажных почвах. Велика роль регулируемых несплошных рубок, так как под пологом леса нетеневыносящая ольха почти не возобновляется, а черноольшаники первой генерации имеют примесь не только ясеня, но и ели, дуба. Примесь дуба (чаще в одну единицу)

встречена на 42 га, ели — на 192 га (средневзвешенная доля состава 1,7 единицы).

Масштабы смены могли оказаться еще губительнее, если бы лесоводы не прибегали к искусственному лесовозобновлению. Как правило, в данных лесорастительных условиях образуются крапивные, таволговые, ланцетнойейниковые и липняковые типы вырубок, на которых высаживают ель.

Роль лесных культур и рубок ухода была изучена в Дятьковском лесокомбинате. Оказалось, что и опытно-показательное в прошлом предприятие не смогло приостановить смену хвойно-широколиственных лесов ольхой черной, хотя добилось больших успехов в замене хвойными культурами осинников и березняков после их сплошной рубки. С 1974 г. по 1992 г. площадь хвойных насаждений возросла с 30 до 39 %, с преобладанием твердолиственных пород — уменьшилась с 2,8 до 2,1 %, а черноольшаников — повысилась с 5,4 до 5,6 %. За эти 8 лет ольха черная сменила другие породы на площади 217 га.

Учет возобновления на круговых площадках размером 10 м<sup>2</sup>, закладываемых через 5 м на маршрутах по вырубкам последнего 20-летия, и пней в 10-метровой полосе показал, что при наличии ольхи в стене леса или на лесосеке она сменяет ельники и березняки в логовых, щитовниковых, таволговых и крапивных типах, и черноольшаники распространяются с каждой сплошной рубкой на 10...50 м, в зависимости от крутизны склона. Ельники липняковые сменяются только в нижней части пологого склона на протяжении 5...15 м. На склонах круче 5° с дренированными почвами ольха растет медленно и элиминирует от недостатка влаги и затенения.

Производственные еловые культуры с бороздной подготовкой почвы при обильном возобновлении и быстром росте ольхи гибнут, их создают повторно, но безуспешно. Требуется изменить технологию, ель вводить полосами (сближенными 3-4 рядами по гребням), используя гербициды и арборициды в борьбе с сорной растительностью. Необходимо разработать специальные программы рубок ухода, способствующие росту естественно возобновившегося ясеня, дуба в межполосном пространстве, так как демутационные процессы в длительно-производных черноольшаниках выражены слабо. Повторные сплошные рубки снижают производительность черноольхового древостоя, но уменьшение количества обсеменителей главных пород — представителей прежних хвойно-широколиственных лесов — приводит почти к полному их исчезновению.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Каразия С. П. Повышение продуктивности лесов путем формирования оптимального их состава // Формирование эталонных насаждений. Ч. 1.— Каунас, 1979.— С. 33—36.
- [2]. Морозов Г. Ф. Избранные труды. Т. 1.— М.: Лесн. пром-сть, 1970.— 559 с.
- [3]. Погребняк П. С. Общее лесоводство.— М.: Колос, 1968.— 437 с.
- [4]. Ткаченко М. Е. Общее лесоводство.— М.; Л.: Гослесбумиздат, 1952.— 599 с.
- [5]. Юркевич И. Д. Типы леса и типы лесорастительных условий // Справочник работника лесн. хоз-ва.— Минск, 1986.— С. 40—53.

Поступила 23 марта 1993 г.

УДК 630\*561 : 674.032.15 (470.1)

## КЕДР СИБИРСКИЙ НА СОЛОВЕЦКИХ ОСТРОВАХ

Л. Ф. ИПАТОВ

Архангельский лесотехнический институт

Упоминание о старых посадках кедра сибирского на Большом Соловецком острове, особенно на одном из центральных туристических маршрутов у хутора Горка, имеется в путеводителях, газетах и других массовых изданиях. Оно несет, как правило, краткую и общую информацию, основанную на зрительном восприятии внешнего вида деревьев. Отдельные количественные сведения имеются в сравнительно небольшом числе публикаций [1—3, 5—10]. Детальные лесоводственно-таксационные исследования посадок кедра и его естественного возобновления проведены инженером-таксатором В. П. Косаревым, начальником экспедиции Д. В. Трубиным при нашем участии во время лесоустройства островов в 1979 и 1989 гг. Изучением архивных документов и поиском молодых посадок кедра занимался в 1990—1991 гг. дипломник АЛТИ О. Ю. Кузенков. На основе этих исследований, а также с учетом литературных источников в данной статье подведены итоги культивирования кедра на островах Соловецкого архипелага.

К настоящему времени в трех компактных посадках кедра прошлого века сохранилось 55 деревьев (табл. 1). В наиболее крупной роще на хуторе Горка от 46 кедров, отмеченных в 1927 г. первым их исследователем Б. А. Федуловым [10], осталось 34 (74 %), 10 срублено в целях заготовки семян в 1941—1950 гг. [7], 2 усохли от повреждений до 1979 г. Хорошее состояние имеют 17 кедров, удовлетворительное — 16, плохое — 1. В урочище Савватиево произрастает 15 кедров, из них

Таблица 1

Число и размеры деревьев в старых посадках кедра на Большом Соловецком острове (по состоянию на осень 1989 г.)

Таксационные показатели	Местонахождение культур кедра		
	Хутор Горка	Урочище Савватиево	Биостанция
Число деревьев, шт.	34	15	6
Высота, м:			
средняя	20,5	14,5	15,3
наибольшая	23,0	18,0	17,5
наименьшая	12,0	11,5	12,0
Диаметр ствола на 1,3 м, см:			
средний	46,4	32,1	37,0
наибольший	64,0	38,0	46,0
наименьший	34,4	21,5	24,0
Диаметр кроны, м:			
средний	7,2	4,5	6,0
наибольший	8,3	5,6	7,5
наименьший	3,5	2,4	4,0

6 в хорошем состоянии, 7 — в удовлетворительном, 2 — в плохом. Одно дерево усохло в период между переучетами 1979 и 1989 гг. Эти кедровые деревья уступают посадкам на хуторе Горка по таксационным показателям, что является следствием менее удачного местоположения и бедных каменистых почв. Кроме того, в последние годы территория рощи завалена строительным мусором, здесь однажды была разлита автоцистерна бензина, а хороший урожай в 1987 г. привел к массовой обломке ветвей. В урочище, называемом Биостанцией (в бывшем ските Филипповой пустыни), из 20 кедров, учтенных в 1927 г. Б. А. Федуловым, к настоящему времени осталось 6. Деревья были срублены в основном при расчистке аэродрома.

Б. А. Федуловым [10] отмечен рост трех более молодых кедров у дороги Соловки — Реболда. Они сохранились, плодоносят, но состояние их нельзя признать удовлетворительным из-за близости к туристическим маршрутам и вытаптывания почвы и корней. М. Ф. Петров [8] приводит данные о замерах трех кедров высотой 7, 19 и 21 м и диаметром соответственно 13, 28 и 41 см, растущих в сосняке у подножья горы Секирной. При последнем лесоустройстве эти кедровые деревья не были найдены, но еще один кедр высотой 22 м растет у дороги примерно в 5 км от упомянутой горы. Таким образом, к настоящему времени на Большом Соловецком острове сохранилось 59 плодоносящих деревьев кедров сибирского, посаженных в прошлом веке, состояние которых вызывает опасение в связи с сильной рекреационной нагрузкой.

О возрасте старых посадок кедров, относимых условно к первому этапу культивирования этой породы на Соловках, нет единого мнения. Б. А. Федулов, не располагая документальными данными, считает, что появление кедров связано с активной деятельностью настоятеля Александра и относится к 1856 г. Л. И. Крестьянин и В. А. Макаров [5], ссылаясь на свои замеры возраста деревьев и подсчет годичных колец на пнях, относят посевы кедров на хуторе Горка к 1873—1877 гг. На наш взгляд, ближе к истине предположение Б. А. Федулова. Во-первых, по его данным, самое крупное дерево имело высоту 15 м и диаметр 46 см, что неправдоподобно для возраста 50 лет, если основываться на мнении Л. И. Крестьянина и В. А. Макарова. При обследовании всех наиболее крупных посадок кедров в Архангельской и Вологодской областях нам нигде не удалось обнаружить даже близкого к этим размерам дерева 50-летнего возраста. Установлено, что в северных условиях в первые два десятилетия кедр растет очень медленно. По-видимому, авторы не учли этого при добавлении возраста на высоту пня или высоту замера возрастным буравом. Во-вторых, в естественном возобновлении вокруг хутора Горка есть два кедровых дерева в возрасте 75 и 90 лет, следовательно, посадки кедров плодоносили еще задолго до описания их Б. А. Федуловым. Плодоношение же кедров в подобных условиях раньше 40...50 лет начинается крайне редко [2, 7]. В-третьих, вполне возможно, что служители монастыря посадкой кедров отметили в 1856 г. строительство скита в Филипповой пустыни и церкви в Савватиево. Уместно также отметить, что в 1854 г. крепость выдержала нападение английской эскадры.

Второй этап расширения посадок кедров на Большом Соловецком острове связан с деятельностью Соловецкого общества краеведения. В 1927 г. в урочище Варварка был заложен дендропитомник, по тем временам самый северный в стране. Место для него, как и на хуторе Горка, было выбрано удачно: западный склон холма хорошо защищал растительность от северо-восточных ветров. Перед посадкой почва была вспахана, окультурена и до сих пор имеет менее кислую реакцию, в ней больше подвижных форм фосфора и азота, чем в почвах окружающих ельников черничных. Древостой в питомнике формировался в

Таблица 2

Таксационные показатели кедр и других пород  
в бывшем дендропитомнике Варварка  
(по состоянию на осень 1989 г.)

Номер делянки	Площадь, м <sup>2</sup>	Состав	Средние		Число деревьев, шт.		Запас в переве- де на 1 га, м <sup>3</sup>
			высо- та, м	диа- метр, см	на де- лянке	в перево- де на 1 га	
1	325	6,0С	17,1	14,6	78	2400	340
		3,6Л	17,6	16,2	36	1108	205
		0,4Е	14,0	14,0	6	185	24
2	196	10К	14,8	13,2	73	3724	362
3	255	7,2Л	13,0	11,5	25	980	86
		2,8Б	11,5	10,5	19	745	31
4	238	10К	13,4	12,5	87	3655	297
5	376	6,9Л	15,5	14,7	46	1224	175
		1,0К	13,0	12,4	10	266	24
		1,1Е	10,8	11,6	17	453	29
		1,0Пх	15,0	20,0	4	106	25
6, 7	490	10Л	16,5	15,0	42	857	140

условиях сильной перегушенности, за исключением делянок, где в 1933 г. были взяты семена для посадки лиственничной аллеи на хуторе Горка. Кроны кедров имеют конусовидную форму, а стволы относительно вытянуты. По средним таксационным показателям 63-летние деревья кедр уступают лиственнице и сосне, но значительно превосходят ель (табл. 2). Однако по темпам роста (текущему приросту высоты и диаметра) за период между переучетами 1979 и 1989 гг. кедр сравнялся с сосной и лиственницей. За это время естественный отпад сосны и лиственницы составил по 16 %, кедр 8 %. Наиболее крупные деревья кедр плодоносят, но пока в основном в верхней части кроны. В переводе на 1 га сумма площадей сечений и запас значительно превышают данные стандартной таблицы для древостоев с полнотой 1,0.

Третий период разведения кедр на Большом Соловецком острове связан с деятельностью энтузиаста-любителя В. И. Черепанова. Интересные архивные данные об этом человеке собраны О. Ю. Кузенковым [6]. В. И. Черепанов родился в 1899 г. в Архангельске в семье учителя гимназии. Дед его происходил из старого купеческого рода, а отец по линии матери был потомком М. В. Ломоносова. Рано осиротев, он уехал к сестре в Тифлис и там в университете получил агрономическое образование. Долгое время работал в различных научно-исследовательских учреждениях на юге страны. Инвалид Великой отечественной войны. Уже будучи пожилым, в 1966 г. поселился на Соловках, где и умер в 1971 г. Вел обширную переписку с сотрудниками ботанических садов и отдельными гражданами, проявлявшими интерес к кедр. В общей сложности ему было переслано более 10 кг семян кедр, а в мае 1967 г. из Карпогорского лесхоза привезено 3000 семян. Посев и посадку кедр В. И. Черепанов проводил в различных частях острова, но в основном вдоль Питиевского канала на протяжении 1,1 км и вдоль бывшей УЖД на расстоянии около 2 км. В частности, вдоль канала было высажено 300 кедр. При последнем лесоустройстве в 1989 г. было учтено 47 шт., их средняя высота 1,2 м, причем 43 % имели неудовлетворительное состояние. Летом 1991 г. О. Ю. Кузенков насчитал лишь 13 кедр. Причиной гибели явилось обламывание верхушечного и боковых побегов туристами (посадки были произведены по отвалу вдоль пешеходной тропы). Такая же участь постигла кедр и вдоль УЖД. По данным В. И. Черепанова, здесь высажено 500 семян, при лесоустройстве в 1979 г. найдено около 100, а в 1991 г. лишь 10 деревьев.

В 1972 г. под руководством инженера Архангельского лесхоза Э. Г. Власовой были выполнены прививки кедр на сосну. Опыт оказался в целом удачным. Через 5 лет лесоустроители насчитали 30 кедров, растущих на сосновом основании. Однако в дальнейшем из-за большего прироста кедр по толщине и высокой парусности кроны произошел слом ствола на месте срастания сосновой и кедровой древесины. К 1989 г. осталось лишь 3 дерева высотой от 3,5 до 6,5 м. Сосновый ствол снизу дерева длиной около 1,2 м имел диаметр в среднем 5,2 см, выше расположенный кедровый — 6,3 см.

О разведении кедр на других островах архипелага документальных сведений не найдено. Установлен пока один факт. Лесник с участка Реболда А. В. Костылев рассказал О. Ю. Кузенкову, что в 1986 г. ему и его коллеге с обхода Анзер было выделено соответственно 50 и 250 сеянцев-трехлеток кедр. Посадки в урочище Реболда погибли, а судьба анзерских неизвестна, поскольку лесник сажал их без какого-либо проекта и вскоре сам уехал с Соловков. В 1991 г. О. Ю. Кузенков, обследуя остров Анзер, нашел недалеко от Троицкого скита с левой стороны дороги к горе Голгофа 10 кедров высотой до 24 см. Деревца имеют бледно-зеленую хвою длиной 3...5 см и пока еще не вышли из-под влияния травяного покрова.

Примечательной особенностью роста кедр сибирского на Соловках является его естественное размножение, которое вблизи хутора Горка носит массовый характер. Упоминание об этом явлении было найдено в некоторых работах [1, 5], но впервые подробная количественная характеристика дана в нашей совместно с Д. В. Трубиным статье [9]. При обследовании в 1979 г. на площади 44 га было обнаружено 153 одиночных кедр и 163 в 69 биогруппах по 2...4 дерева. Наиболее крупный кедр имеет высоту 15 м и возраст около 90 лет, но большинство деревьев были не старше 30 лет, что говорит о росте естественного возобновления. К 1989 г. средняя высота кедров составила 2,9 м, что на 1,3 м больше, чем в 1979 г. Хорошее состояние имели 84 % из числа учтенных. При маршрутном обследовании площади через 40 м не удалось учесть самые молодые деревца, скрытые в травяно-моховом покрове. Основной распространитель семян кедр — белка, численность которой на острове достаточно высока.

Анализ изменения средних высоты и диаметра по годам исследования, а также хода роста деревьев из числа отмерших в урочище Варварка свидетельствует о том, что кедр сибирский растет не хуже местных пород — сосны и ели [9]. Рост кедр в целом укладывается в IV—V классы бонитета, а в урочище Варварка близок к III. Эти же классы бонитета характерны и для сомкнутых естественных насаждений кедр, изученных В. Г. Грибачевым в горном Алтае, В. Е. Ермаковым в Забайкалье, В. А. Поварницыным в В. Саянах [4]. Средняя высота кедров на хуторе Горка не уступает аналогичному показателю довольно крупных на Европейском Севере Коряжемской, Черевковской, Сойгинской, Сийской и Грязовецкой кедровых рощ, произрастающих в средней и южной подзонах тайги.

Таким образом, суровые климатические условия Приполярья, в которых находятся Соловецкие острова, не являются существенным препятствием для произрастания кедр сибирского. Благодаря семеношению старых посадок и распространению семян птицами и белкой кедр успешно возобновляется естественным путем, причем естественное возобновление уже превзошло сохранившиеся посадки. Планомерное введение кедр в леса островов и его охрана будут способствовать, на наш взгляд, обогащению породного состава лесов известного в нашей стране и за рубежом уникального объекта туризма.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Андреев К. А. Хвойные интродуценты на Беломорских островах // Тез. докл. VII делегат. съезда ВБО.—Л.: Наука, 1983.—С. 383. [2]. Беломорская тайга / Л. Ф. Ипатов, П. Н. Львов, Б. В. Трубин, Д. В. Трубин—Архангельск: Сев.-Зап. кн. изд-во, 1986.—262 с. [3]. Игнатенко М. М. Сибирский кедр.—М.: Наука, 1988.—160 с. [4]. Козловский В. Б., Павлов В. М. Ход роста основных лесообразующих пород СССР: Справочник—М.: Лесн. пром-сть, 1967.—327 с. [5]. Крестьянин Л. И., Макаров В. А. О *Pinus sibirica* Du Tour на Соловецких островах // Ботанич. журн.—1975.—Т. 60,8.—С. 1198—1203. [6]. Кузнецов О. Ю. «Король кедр» // Соловецкий вестник.—1992.—Вып. 11 (52).—С. 4. [7]. Орлов Ф. Б., Гарабрин В. П. Опыт разведения кедр сибирского в Архангельской области.—Архангельск, Арх. кн. изд-во, 1960.—52 с. [8]. Петров М. Ф. Культуры кедр в Карельской АССР // Кедр сибирский на Европейском Севере СССР.—Л.: Наука, 1972.—С. 53—58. [9]. Трубин Д. В., Ипатов Л. Ф. Рост и естественное возобновление кедр на Соловецких островах // Лесоводство, лесные культуры и почвоведение: Межвуз. сб. науч. тр.—Л.: ЛТА, 1981.—Вып. 10.—С. 58—64. [10]. Федулосв Б. А. Кедр на Соловецком острове // Матер. Соловецкого общества краеведения. Соловки: Изд. бюро печати УСЛОН, 1927.—Вып. 8.—С. 7—13.

Поступила 1 апреля 1993 г.

УДК 630\*62 : 911.62(470.22)

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛАНДШАФТНОЙ ОСНОВЫ ПРИ ЛЕСОУСТРОЙСТВЕ

А. Н. ГРОМЦЕВ, В. Е. ГОЛУБЕВ

Институт леса КарНЦ РАН  
Карельское лесохозяйственное предприятие

Инвентаризация лесных территорий предполагает использование определенной концепции. В теории лесохозяйства целесообразность ландшафтного подхода стала рассматриваться сравнительно недавно, главным образом в связи с развитием методов дешифрирования лесов по аэро- и космическим фотоснимкам ([2—4] и др.). В последние годы начинают появляться работы, в которых специалистами в области лесохозяйства ландшафтный подход рассматривается более широко, как «...реальная возможность высококачественной организации территории в противопожарном, противозерозионном, санитарном, рекреационном... и других отношениях» [1, с. 67]. Всеми исследователями геоморфологическая (ландшафтная) основа признается практически безальтернативной при инвентаризации лесного покрова таежных территорий. В теории лесохозяйства, за редким исключением [1], ландшафтный подход рассматривается лишь как средство улучшения дистанционных методов инвентаризации лесов.

Современные знания в области лесной экологии и географии дают основание критически рассмотреть существующую систему лесохозяйства и предложить пути ее развития и совершенствования. Данная работа не ставит целью сформировать законченную и конкретную программу решения этой проблемы. Мы предполагали наметить наиболее перспективное, на наш взгляд, направление концептуального развития лесохозяйства, отвечающего требованиям ведения многоцелевого (многоцелевого) лесного хозяйства и основанного на современной геоэкологической концепции организации лесных экосистем. Наши заключения сформировались в результате комплексных исследований таежных лесов Карелии на ландшафтной основе ([5] и др.).

Лесохозяйство в России традиционно основано на выделении лесных участков, однородных, главным образом, по фитоценотической характеристике. Такие участки объединяются в тип леса. В пределах

именно этих территориально разобщенных лесных участков выявляются и оцениваются лесные ресурсы, даются рекомендации по их оптимальному использованию. При этом выделяются различные хозяйственные категории лесов (части, секции), где назначается режим ведения лесного хозяйства с определенным приоритетом.

Объемы рубок рассчитываются исходя из соотношения площади и запасов древостоев различных классов возраста по хозяйственным категориям лесов. Однако проблема заключается в том, что многие явления и процессы, происходящие в лесном покрове, не детерминированы только свойствами отдельных территориально разобщенных лесных участков и тем более их хозяйственных групп. Такое членение целостных в территориальном функциональном плане лесных экосистем над-биогеоценозного уровня по существу делает невозможными их комплексную экологическую характеристику и выработку оптимального по экологическим и хозяйственным критериям варианта лесопользования. Так, выявление и оценка древесных запасов возможны в пределах отдельных однородных, но территориально разобщенных лесных участков, объединяемых понятием тип леса. Для рекреационных, средообразующих, средозащитных и других ресурсов (функций) и качеств леса сделать это нельзя, поскольку они реализуются на более высоких уровнях организации лесных экосистем. Необходимо знать место данной экосистемы в общей «природной конструкции» лесного покрова того или иного района.

Принятая в настоящее время система «механического» или административного деления лесных территорий на лесохозяйственные объекты совершенно не связана с природной организацией таежных лесов. Практически любой объект лесоустройства искусственно объединяет в себе отличающиеся по структуре и динамике лесного покрова таежные территории, где стандартные наставления, рекомендации и инструкции не позволяют в полной мере охарактеризовать и оценить лесные ресурсы (в широком смысле), а также рассчитать оптимальный вариант их использования. Лесоустройство является единственной организацией, которая проводит сплошную детальную инвентаризацию лесного покрова. Однако концепция, положенная в его основу, носит достаточно узкий характер и ориентирована на составление проекта лесопользования, рассчитанного по запасам древесины. На наш взгляд, лесоустройство может выполнять более глубокую по содержанию работу, направленную на инвентаризацию в целом лесных природно-территориальных комплексов различного таксономического уровня. Главная цель этой работы — выявить и оценить многообразные лесные ресурсы, а также дать рекомендации по их оптимальному использованию для организации многоцелевого (многоресурсного) лесного хозяйства как основы регионального использования наземных экосистем в таежной зоне.

Нам представляется, что систему лесоустроительных категорий, используемых при инвентаризации лесов, целесообразно привести в соответствие с природной организацией лесного покрова. Это должна быть иерархическая система учетных (хозяйственных) единиц, причем учет, оценка и хозяйственные рекомендации производятся применительно к тому ресурсу или качеству лесной экосистемы, которое наиболее жестко детерминировано на определенном уровне. Здесь просматривается следующий подход.

Объекты лесоустройства и лесного хозяйства целесообразно выделять на основе данных зонального (по климатическим показателям) и аонального (по макрорельефу и др.) физико-географического районирования. Так, в условиях европейской части таежной зоны ярко выделяется регион Балтийского щита (Фенноскандия) с уникальным макро-

комплексом природных условий, определяемых близостью и повсеместным выходом на поверхность кристаллического фундамента. Далее эта таежная макроэкосистема планетарного (глобального) уровня организации природных систем традиционно и очень четко дифференцируется по климатическим показателям на ряд последовательно сменяющих друг друга подзон тайги: северную, среднюю и южную. Лесорастительная подзона в пределах страны является экосистемой регионального уровня организации. В ее пределах структурно-динамическая организация экосистем определяется азональными или ландшафтными условиями, в первую очередь геоморфологическими особенностями территории. И, наконец, внутри таежного ландшафта экосистемы дифференцируются на двух основных топологических уровнях — фации (БГЦ) и урочища (комплекса БГЦ на мезоформах рельефа).

В качестве эскиза этой стройной природной организации таежных экосистем можно привести следующий пример. На уровне БГЦ (фации) могут решаться все вопросы, связанные с учетом запасов древесины и проектированием отдельных лесоводственных мероприятий (доля выборки при выборочных рубках, способы рубок ухода и т. д.). Они относятся к тем качествам лесного покрова, которые определяются условиями данного местобитания и конкретного древостоя (возраст, характер, смещение лесобразующих пород и т. д.). На уровне лесного урочища целесообразно, например, характеризовать и оценивать естественный лесовосстановительный процесс после рубки и формировать комплекс мероприятий по лесовосстановлению. Это связано с тем, что данный процесс не детерминирован только уровнем БГЦ (фации). На уровне урочища он практически полностью определяется спецификой лесорастительных условий слагающих его БГЦ, системой межбиогеоценозного обмена семенами, естественным режимом лесных пожаров, микроклиматическими условиями и т. д.

На следующем таксономическом уровне природных систем — ландшафтном — целесообразно выявлять и оценивать экологические, рекреационные и другие ресурсы и качества лесов и формировать совокупность хозяйственных мероприятий, представляя ландшафт как экосистему регионального уровня. Далее необходимо определить приоритетное направление использования ландшафта — сырьевое, рекреационное, средозащитное, природоохранное или оптимальную комбинацию этих вариантов.

Выделив приоритеты, можно сформировать систему хозяйственных мероприятий, направленную на использование и воспроизводство приоритетного вида ресурса или их группы. Это подразумевает ведение сырьевого, рекреационного, защитного или комбинированного, много-ресурсного лесоводства. Поэтому идеальным целостным объектом лесоустройства и ведения лесного хозяйства представляется лесной ландшафт, границы которого совпадают с лесничеством или его хозяйственной частью. Кроме того, использование структурных единиц ландшафта в качестве основы лесоустройства значительно повышает однородность таксационных выделов ([2] и др.), достоверность и долговременность прогностических оценок по отношению к лесным экосистемам и др.

На уровне региональных лесных экосистем, например лесорастительных подзон Балтийского щита, можно обоснованно планировать стратегию многоцелевого (многоресурсного) лесного хозяйства. Она включала бы общие принципы и методы ведения хозяйства, исходя из природных особенностей региона, его места и роли в естественной организации и стабильном функционировании экосистем глобального уровня.

Результаты исследования лесов на ландшафтно-биогеоценотической основе позволяют утверждать, что геоэкологическая (ландшафтная)

концепция организации природных систем может быть использована в лесоустройстве. Современное лесоустройство до сих пор оперирует понятиями и категориями экосистем самого низшего ранга. В идеале система лесоустроительных и лесохозяйственных единиц и категорий должна быть адекватна естественной организации лесного покрова.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Зиганшин Р. А. Ландшафтный подход в лесоустройстве // Эколого-экономическая роль леса.— Новосибирск: Наука, 1986.— 126 с. [2]. Киреев Д. М. Методы изучения лесов по аэрофотоснимкам.— Новосибирск: Наука, 1977.— 216 с. [3]. Кропов П. А. Возможности использования ландшафтных методов при таксационном дешифрировании аэрофотоснимков // Сб. науч. тр. ЛенНИИЛХ.— 1975.— Вып. 22.— С. 201—208. [4]. Седых В. Н. Аэрокосмический мониторинг лесного покрова.— Новосибирск: Наука, 1991.— 239 с. [5]. Экосистемы ландшафтов запада средней тайги (структура, динамика) / А. Д. Волков, А. Н. Громцев, Г. В. Еруков и др.— Петрозаводск: КарНЦ АН СССР, 1990.— 284 с.

Поступила 5 февраля 1993 г.

УДК 630\*453

### ПАТОЛОГИЯ ДЕРЕВЬЕВ ЛИСТВЕННИЦЫ В ДРЕВОСТОЯХ УЧЕБНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

А. В. ЛЕБЕДЕВ, Э. А. ИВАНОВА

Архангельский лесотехнический институт

Изучение влияния лесопатологических факторов на состояние и устойчивость деревьев имеет большое значение для разработки региональной системы мероприятий по оздоровлению древостоев [1].

В настоящей статье представлен наиболее типичный фрагмент результатов лесопатологических обследований, проведенных в среднетаежных древостоях с преобладанием лиственницы на территории учебно-опытного лесхоза АЛТИ. При рекогносцировочных обследованиях древостоев по стандартной методике, принятой в лесозащите [8], определяли их общее санитарное состояние, видовой состав дереворазрушающих грибов и стволовых насекомых при лесопользовании в учебных целях.

Для изучения влияния интенсивности лесопользования на состояние и устойчивость древостоев с преобладанием лиственницы подбирали два наиболее характерных участка: первый, не входящий в состав основных учебных лесных объектов, испытывающий экстенсивную антропогенную нагрузку, как контрольный; второй — на территории ежегодного проведения учебных практик по лесоводству, лесной таксации и лесозащите, т. е. в зоне интенсивного лесопользования. Участки имеют сходные лесоводственно-таксационные характеристики и представлены среднебонитетными, среднеполнотными лиственничниками-черничниками XIII класса возраста. Детальное лесопатологическое обследование древостоев в зонах экстенсивного и интенсивного лесопользования выполняли методом непровешенной ходовой линии [10]. Вдоль каждой линии проводили ленточный пересчет по породам, ступеням толщины, категориям состояния, причинам ослабления или гибели деревьев (по 200 деревьев на участке). При этом применяли шкалу категорий состояния деревьев и методы лесопатологической диагностики, приведенные в наших предыдущих работах [5, 6].

Результаты рекогносцировочного и детальных лесопатологических обследований древостоев позволяют сделать следующее обобщение. В целом их санитарное состояние можно признать удовлетворитель-

ным, однако в ряде случаев существенный вред лесу наносят гнили. Наибольшее распространение и значение имеют корневые и комлевые гнили лиственницы, совместная пораженность которыми, по нашим данным, достигает 30 %. Это далеко не предел. Согласно [11] корневыми гнилями в лиственничниках может быть поражено до 60 % деревьев. Основными возбудителями болезней являются дереворазрушающие грибы — корневая губка и трутовик Швейнитца, что согласуется с литературными данными [3, 7]. Эти наиболее хозяйственно важные патогены сопровождают лиственницу повсеместно [12], включая не только среднюю, но и северную подзону европейской тайги [4]. Заражение живых деревьев лиственницы этими ксилотрофами происходит при непосредственном контакте здоровых корней с больными, так как плодовые тела грибов образуются редко. Корневая губка, поражая корневую систему, проникает в комель дерева и вызывает центральную гниль протяженностью по высоте ствола, по нашим данным, до 3 м. Аналогично развивается комлевая гниль, вызванная трутовиком Швейнитца, поднимаемая по высоте ствола до 5 м.

Второе место по распространению и значению занимают гнили стволов, совместная пораженность древостоев которыми достигает 12 %. Основные возбудители стволовых гнилей лиственницы — сосновая и лиственничная губки. В рассматриваемых условиях они образуют плодовые тела и заражают деревья через места отмерших сучьев или глубокие механические повреждения стволов. Эти патогены вызывают стволовые и комлевые центральные гнили, максимальная протяженность которых, по нашим данным, составляет 15 м. Среди выявленных активных грибов-дереворазрушителей они оказывают самое существенное влияние на выход деловой древесины. Из других ксилотрофных грибов на ослабленных и сильно ослабленных лиственницах нами также отмечены еловая губка, опенок осенний и окаймленный трутовик. В группу выявленных грибов — типичных разрушителей отпада деревьев лиственницы — входят гиришопор буро-фиолетовый, столбовой сосновый гриб и розовый трутовик.

Наиболее распространенным фактором энтомогенного воздействия в обследованных древостоях являются короеды, заселяющие только ослабленные, отмирающие и мертвые деревья лиственницы. К группе доминантов относятся те же короеды, что и связанные с сосной: большой и малый сосновые лубоеды, шестизубый короед-стенограф, а также полосатый древесинник. Большой лиственничный короед — один из самых массовых и хозяйственно важных вредителей лиственницы в лесах Сибири [2] — в обследованных нами древостоях не обнаружен. Однако, по литературным данным, этот весьма активный ксилофаг может встречаться на деревьях лиственницы в древостоях Европейского Севера, хотя и не везде [9]. Остальные выявленные нами виды короедов — малый лиственничный и валежный короеды, черно-бурый и фиолетовый лубоеды — хозяйственного значения фактически не имеют. Среди усачей, личинки которых наносят технический вред древесине лиственницы, отмечены черный сосновый, серый длинноусый, бурый комлевой усачи, а также рагий ребристый. Встречаются также стволовая сосновая смолевка, синяя сосновая и обыкновенная хвойная златки, большой и малый хвойные рохляки.

На территории рассматриваемого лесного массива не обнаружено очагов массового размножения стволовых насекомых, но в отдельных случаях отмечены заселенные ими биогруппы ослабленных и сильно ослабленных деревьев лиственницы.

Результаты изучения влияния различных антропогенных нагрузок на состояние и устойчивость лиственничников приведены в таблице. Установлено, что в зоне экстенсивного использования здоровые де-

## Распределение деревьев лиственницы по категориям состояния и ступеням толщины

Категория состояния деревьев	Причины и следствия болезней деревьев	Число деревьев, %, по ступеням толщины, см										Всего, шт. %	
		16	20	24	28	32	36	40	44	48	52		56
Зона экстенсивного использования													
Здоровые	—	0,5	1,0	1,5	3,0	5,0	8,0	7,0	6,0	4,0	2,0	1,5	79 39,5
Ослабленные	Механические повреждения	0,5	2,0	2,0	—	—	1,0	—	—	0,5	—	—	14 7,0
	Пожарные травмы	—	0,5	1,0	2,0	1,5	1,0	—	0,5	1,0	—	—	15,0 7,5
Больные	Угнетение	1,5	2,5	0,5	0,5	—	—	—	—	—	—	—	1,0 5,0
	Корневая гниль	0,5	0,5	2,5	2,0	3,5	3,5	3,0	3,0	2,5	2,0	1,5	4,9 24,5
	Стволовая гниль	0,5	1,0	—	2,0	1,5	0,5	1,0	0,5	—	1,0	—	16 8,0
Мертвые	Заселение короедами	—	—	0,5	0,5	0,5	—	—	—	—	—	—	3 1,5
	Сухостой	0,5	—	0,5	1,0	1,5	1,0	1,0	—	0,5	—	—	12 6,0
	Валежник	—	0,5	0,5	1,0	1,0	—	—	0,5	—	—	0,5	8 4,0
Итого, шт. %	—	8 4,0	16 8,0	18 9,0	24 12,0	29 14,5	30 15,0	26 13,0	21 10,5	17 8,5	10 5,0	7 3,5	206 103,0

Зона интенсивного использования

Здоровые	—	0,5	2,5	4,0	7,5	6,0	6,5	5,5	1,5	—	—	68 34,0
Ослабленные	Механические повреждения	1,0	2,0	3,0	—	—	1,0	0,5	—	1,0	—	22 11,0
		—	0,5	1,0	0,5	1,0	0,5	1,0	1,5	1,5	1,0	0,5
Больные	Угнетение	1,0	1,0	—	—	—	—	—	—	—	—	6 3,0
	Корневая гниль	—	—	2,0	2,0	4,5	3,5	4,0	3,5	2,0	2,0	53 26,5
	Стволовая гниль	—	0,5	—	1,0	2,0	2,5	0,5	1,0	0,5	0,5	21 10,5
	Заселение короедами	—	—	0,5	0,5	0,5	—	—	—	—	—	3 1,5
Мертвые	Сухостой	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	—	—	—	—	—	15 7,5
	Валежник	—	1,0	1,0	1,5	1,0	—	—	—	1,0	—	11 5,5
Итого, шт.	—	5	12	22	27	29	28	26	16	13	7	217
		2,5	6,0	11,0	13,5	16,0	14,5	14,0	13,0	8,0	6,5	3,5
Итого, %	—	12,5	12	22	27	29	28	26	16	13	7	217
		2,5	6,0	11,0	13,5	16,0	14,5	14,0	13,0	8,0	6,5	3,5

ревья составляют 39,5; больные — 32,5; ослабленные — 18,0; мертвые — 10,0 %. Причинами ослабления лиственницы являются пожарные травмы прошлых лет, механические повреждения стволов и корней, угнетение соседними растениями. Среди факторов паразитарной группы явно доминируют корневые и комлевые гнили, вызванные корневой губкой и трутовиком Швейнитца. Суммарная зараженность лиственниц этими грибами, по нашим данным, составляет 24,5 % от числа учтенных деревьев. Второе место занимают стволовые гнили, вызванные сосновой и лиственничной губками (8,0 %). Заселение ослабленных деревьев лиственницы короедами (шестизубый короед-стенограф и большой сосновый лубоед) отмечено единично и хозяйственного значения в данном случае не имеет. Усыхание лиственницы на корню вызвано главным образом гнилями в сочетании с перечисленными причинами непаразитарного характера. Первопричинами образования валежника, представленного буреломом и ветровалом, являются гнили, вызванные указанными грибами-доминантами. На свежем валежнике зарегистрированы поселения шестизубого короеда-стенографа и большого соснового лубоеда.

Каждой ступени толщины живых деревьев (1—3 категории состояния) соответствуют следующие преобладающие причины ослабления: 16 см — угнетение; 20 см — угнетение и механические повреждения; 24 см — корневые гнили и механические повреждения; 28 см — пожарные травмы, корневые и стволовые гнили; 32 см — корневые и стволовые гнили, пожарные травмы; 36...56 см — корневые гнили. Таким образом, ведущими факторами ослабления древостоя являются корневые гнили, вызванные корневой губкой и трутовиком Швейнитца.

В зоне интенсивного использования леса здоровые деревья составляют 34,0; больные — 34,0; ослабленные — 19,0; мертвые — 13,0 %. Причинами ослабления являются механические повреждения стволов и корней, пожарные травмы прошлых лет, угнетение соседними растениями. Среди факторов паразитарной группы явно доминируют корневые гнили, вызванные корневой губкой и трутовиком Швейнитца. Суммарная зараженность лиственниц этими грибами равна 26,5 % от числа учтенных деревьев. Второе место занимают стволовые гнили, вызванные сосновой и лиственничной губками. Суммарная зараженность этими грибами составляет 10,5 % от числа учтенных деревьев. Заселение ослабленных деревьев лиственницы короедами (большой и малый сосновые лубоеды и шестизубый короед-стенограф) отмечено единично и хозяйственного значения не имеет. Образование сухостоя вызвано преимущественно гнилями в сочетании с перечисленными причинами непаразитарного характера. Первопричинами образования валежника, представленного буреломом и ветровалом, являются гнили, возбудителями которых являются грибы-доминанты. На свежем валежнике зарегистрированы поселения короедов: шестизубого короеда-стенографа, большого и малого сосновых, а также черно-бурого лубоедов, полосатого древесника.

Каждой ступени толщины живых деревьев (1—3 категории состояния) соответствуют следующие преобладающие причины ослабления: 16 см — механические повреждения и угнетение; 20 см — механические повреждения; 24...28 см — механические повреждения и корневые гнили; 32...40 см — корневые и стволовые гнили; 44...56 см — корневые гнили. Таким образом, ведущими факторами ослабления древостоя являются корневые гнили, вызванные корневой губкой и трутовиком Швейнитца, а также механические повреждения деревьев и стволовые гнили, вызванные сосновой и лиственничной губками.

Сравнительный анализ состояния древостоев лиственницы в рассматриваемых зонах показывает, что с усилением антропогенной на-

грузки доля участия здоровых экземпляров уменьшается. Однако встречаемость деревьев разных категорий состояния в рассматриваемых зонах различается незначительно, что характеризует лиственницу как породу, относительно устойчивую к антропогенной нагрузке. В зонах различной антропогенной нагрузки наиболее существенное негативное влияние на санитарное состояние лиственничных древостоев оказывают дереворазрушающие грибы, что объясняется высоким возрастом древостоев.

Полученные нами данные могут быть использованы при оценке устойчивости среднетаежных лиственничников к антропогенным и лесопатологическим воздействиям, а также при проведении в них санитарно-оздоровительных мероприятий.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Воронцов А. И. Патология леса.— М.: Лесн. пром-сть, 1978.— 272 с. [2]. Исаев А. С., Гирс Г. И. Взаимодействие дерева и насекомых-ксилофагов (на примере лиственницы сибирской).— Новосибирск: Наука, 1975.— 346 с. [3]. Калинин В. И. Лиственница Европейского Севера.— М.: Лесн. пром-сть, 1965.— 90 с. [4]. Козобродов А. С., Лебедев А. В. Плодоношение деревьев лиственницы различного фитопатологического состояния в лесосеменных полосах на вырубках // Эколого-географические проблемы сохранения и восстановления лесов Севера: Тез. докл. Всесоюз. конф.— Архангельск, 1991.— С. 196—199. [5]. Лебедев А. В., Иванова Э. А. Патология хвойных пород в типичных среднетаежных древостоях // Лесн. журн.— 1991.— № 5.— С. 11—15.— (Изв. высш. учеб. заведений). [6]. Лебедев А. В., Иванова Э. А. Патология деревьев ели в древостоях учебного назначения // Лесн. журн.— 1992.— № 5.— С. 39—43.— (Изв. высш. учеб. заведений). [7]. Мелехов И. С. Стационарное комплексное изучение леса в учебно-опытном лесхозе Архангельского лесотехнического института // Науч. тр. АЛТИ.— Архангельск, 1954.— Вып. 14.— С. 76—83. [8]. Мозолевская Е. Г., Катаев О. А., Соколова Э. С. Методы лесопатологического обследования очагов стволовых вредителей и болезней леса.— М.: Лесн. пром-сть, 1984.— 152 с. [9]. Огибин Б. Н. Насекомые-ксилофаги лесов Европейского Севера и борьба с ними.— Архангельск: АИЛиЛХ, 1989.— 26 с. [10]. Тальман П. Н., Катаев О. А. Методы лесознтомологических обследований.— Л.: Изд-во ВЗЛТИ, 1964.— 120 с. [11]. Фитопатологическое состояние лиственничных насаждений Линдуловской роши и технические свойства древесины / С. И. Ванин, Л. А. Баженова, И. И. Журавлев, Д. В. Соколов // Тр. ЛТА.— Л., 1957.— Вып. 82, ч. 1.— С. 105—116. [12]. Черемиснов Н. А., Негруцкий С. Ф., Лешковцева И. И. Грибы и грибные болезни деревьев и кустарников.— М.: Лесн. пром-сть, 1970.— 392 с.

Поступила 5 апреля 1993 г.

УДК 581.331.2 : 58.036 : 582.475.2(470.22)

### МЕЙОЗ И РАЗВИТИЕ ПЫЛЬЦЫ У ЕЛИ В УСЛОВИЯХ ИНТРОДУКЦИИ

В. В. ТРЕНИН, И. Т. КИЩЕНКО

Институт леса КарНЦ РАН  
Петрозаводский государственный университет

Дендрофлора северо-запада России нуждается в обогащении ее новыми видами древесных растений, устойчивых к антропогенным нагрузкам. В связи с этим становятся все более актуальными фундаментальные исследования хвойных интродуцентов. Особого внимания заслуживают представители рода ель. Многие ее виды, отличаясь высокой газоустойчивостью и декоративностью, могут быть широко использованы для озеленения городов и поселков, в пейзажных посадках при организации лесопарков и реконструкции лесов зеленых зон, а также введены в культуру.

Перспективность интродуцентов оценивается по ряду признаков. Важнейшим из них является степень соответствия ритмики роста и развития растений динамике экологических факторов места интродукции. Известно, что годичным циклом развития древесных растений управляет фактор тепла, каждое физиологическое явление ежегодно происходит при определенной сумме температур [2]. Установлено также, что в условиях оптимума произрастания вида сумма температур такого события, как, например, цветение, всегда представляет в среднем один и тот же процент годовой суммы температур. Этот факт установил в 1867 г. директор Пулковской обсерватории Ленссер [2].

Цель настоящей работы — установить календарные сроки прохождения отдельных стадий мейоза и развития пыльцы у интродуцированных в условиях Карелии видов ели, а также связь этих процессов с температурой воздуха как одним из важнейших экологических факторов. Подобные исследования на северо-западе России ранее не проводились.

Наблюдения выполнены нами в 1992 г. в ботаническом саду Петрозаводского госуниверситета. В качестве объекта исследований выбраны ели канадская и колочая, а для сравнения местный вид с преоблада-

Ход мейоза и развитие пыльцы у некоторых видов ели в южной Карелии

Дата	Сумма эффективных температур, град. · ч	Ель колочая	Ель канадская	Ель обыкновенная
6.05	46,8	Профаза I	Профаза I	Метафаза I — 4 %, диады — 70 %, метафаза II — 11 %, анафаза II — 3,5 %, тетрады хр. — 1,5 % Тетрады микроспор + единично мета- и телофаза II
8.05	60,9	То же	Профаза I — 44 %, метафаза I — 42 %, анафаза I — 6 %, диады — 8 % Профаза I — 5 %, метафаза I — 15,5 %, анафаза I — 6,5 %, диады — 73 %	Тетрады микроспор
10.05	78,0	»	Тетрады микроспор	То же
13.05	90,5	»	Момент распада тетрад микроспор	Свободные микроспоры
19.05	141,8	Тетрады микроспор	Микроспоры	Прошло I деление
24.05	178,8	Свободные микроспоры	3-клеточная пыльца	Пыльца из 3-4 клеток
27.05	218,9	То же	Начало пыления	Начало пыления
29.05	250,9	4-клеточная пыльца		
2.06	317,2	Начало пыления		
5.06	364,4			

нием признаков ели европейской. Несколько неопределенный таксономический статус аборигенного вида объясняется тем, что, как известно, территория Карелии находится в зоне интрогрессивной гибридизации двух видов ели — сибирской и европейской.

Мейоз и развитие пыльцы изучали на временных давленных препаратах. Мужские почки, начиная с первых чисел мая, раз в 3-4 дня фиксировали в ацето-алкоголе (ледяная уксусная кислота — спирт, 1:3) в течение 2...4 ч, хранили в 70 %-м спирте в холодильнике. Пыльники мацерировали препаративной иглой в красителе (ацетокармине) на предметном стекле. Данные о сумме эффективных температур получены в Петрозаводской гидрометеостанции.

Результаты исследования приведены в таблице. Общая схема мейоза у всех изучаемых видов в основном совпадает и мало отличается от таковой у других видов хвойных. Нарушения мейоза так редки, что нам не удалось их зафиксировать. Мейоз в микроспороцитах одного вида начинается почти синхронно, но по ходу его наблюдаются различия в скорости прохождения отдельных фаз. Поэтому в таблице указан процент клеток, находящихся в определенной фазе. Просмотрено не менее 200 клеток. Продолжительность фаз мейоза различна: чем меньше процент клеток в фазе, тем выше скорость ее прохождения. С момента начала активных фаз мейоза (диакинез и далее) до стадии тетрад микроспор у ели канадской проходит, по нашим данным, 5-6 дней. Такова же продолжительность активных фаз мейоза у ели колючей. На стадии тетрад микроспор происходит синхронизация развития клеток, «отстающие» по ходу мейоза микроспороциты выравниваются с остальными.

Наши наблюдения показали, что у изучаемых видов ели сроки прохождения мейоза в микроспороцитах значительно различаются. Стадия тетрад микроспор у ели европейской начинается 8 мая, канадской — 13 мая, колючей — 19 мая. Таким образом, аборигенный вид заметно опережает интродуцированные виды.

Микроспоры, образующиеся в результате мейоза в микроспороцитах, являются первыми клетками мужского гаметофита. В его развитии до стадии зрелой пыльцы происходит четыре деления. Зрелая пыльца ели состоит из остатков двух проталлиальных, сифоногенной, спермиогенной и стерильной клеток. Онтогенез мужского гаметофита у трех видов ели до стадии зрелой пыльцы продолжается около 10 дней. Начало пыления у ели европейской и канадской в 1992 г. отмечено 29 мая, у колючей — 5 июня. Пыление продолжается 2-3 дня и по срокам у ели европейской и канадской совпадает с цветением черемухи, у колючей — с пылением сосны обыкновенной.

В литературе нам не удалось найти ссылок на работы, в которых описывалось бы развитие мужской генеративной сферы или колючей. Для ели канадской есть возможность сопоставить наши данные с литературными [3]. В условиях Британской Колумбии (Канада) профазы в материнских клетках пыльцы в 1975 г. наблюдалась 14 апреля, а зрелая пыльца — 26 мая. В 1976 г. эти стадии были отмечены 12 апреля и 21 мая. Интересно, что в той же местности, но на отметке выше предыдущей на 500 м, в 1975 г. профазы мейоза и зрелая пыльца у ели канадской наблюдались соответственно 26 мая и 9 июня. К сожалению, приведенное сравнение мало что дает для понимания механизма адаптации ели канадской к температурному фактору, так как в статье [3] нет данных о наблюдениях за температурой воздуха в период мейоза и развития пыльцы.

Установлено, что начало большинства фенологических фаз в основном определяется температурным режимом окружающей среды, одним из параметров которого является сумма эффективных температур

(более 5 °С). В районе исследований в 1992 г. она составила 1990 град-ч. Пыление ели канадской и обыкновенной началось при увеличении суммы эффективных температур до 251, а ели колючей — до 364 град-ч (соответственно 12 и 18 % от годичной суммы). Близкие к нашим данные получены Т. П. Некрасовой [1], обнаружившей начало цветения ели сибирской в Западной Сибири при достижении суммы эффективных температур 9 % от среднего многолетнего значения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Некрасова Т. П. Влияние температуры воздуха на формирование пыли хвойных древесных пород // Лесоведение.— 1976.— № 6.— С. 37—43. [2]. Сарвас Р. Адаптация популяций лесных деревьев к длительности вегетационного периода // Лесная генетика, селекция и семеноводство.— Петрозаводск: Карелия, 1970.— С. 108—111. [3]. Owens J. N., Molder M. Sexual reproduction of white spruce (*Picea glauca*) // Canadian journal of botany.— 1979.— Vol. 57, N 2.— P. 152—169.

Поступила 30 марта 1993 г.

УДК 630\*548

### СТРУКТУРА ПРОДУКТИВНОСТИ ДРЕВОСТОЕВ УКРАИНСКОГО РАСТОЧЬЯ

Ю. М. ДЕБРИНЮК

Украинский государственный лесотехнический университет

В связи с острой нехваткой древесины и тенденцией к дальнейшему усугублению этой проблемы необходимо определить основные прогрессивные направления повышения фактической продуктивности древостоев до потенциально возможного уровня.

Такой анализ нами проведен для насаждений лесохозяйственного района Расточье, расположенного в западной части Львовской области и простирающегося сравнительно узкой грядой от границы с Польшей к г. Львову. Площадь лесов Расточья 62 314 га. Объектом исследования были субори, которые являются одними из наиболее распространенных типов лесорастительных условий и занимают 15 200 га (24,4 %). Из них 4202,3 га (6,7 %) — колхозные леса, которые не охвачены исследованием из-за низкого уровня ведения хозяйства. Для определения фактического и потенциально возможного уровня продуктивности древостоев использована методика [2], которая, наряду с новым подходом к решению поставленной проблемы, учитывает существующие методологические разработки [3, 4].

Исследования показали значительную вариабельность продуктивности насаждений Расточья, произрастающих в одинаковых типах лесорастительных условий и типах леса [1, 2]. Поэтому цель нашей работы заключалась в изучении фактической продуктивности древостоев в пределах типа леса, выделении групп различной продуктивности и факторов, вызывающих такую дифференциацию; определении потенциально возможного уровня продуктивности и разработке систем мероприятий для повышения фактической продуктивности лесов до потенциально возможного уровня.

Субори Расточья представлены пятью типами леса (табл. 1). Главной и коренной породой является сосна обыкновенная, которая в свежих типах достигает Ia—Iв классов бонитета. Дуб черешчатый в дубово-сосновых, а бук лесной в буково-сосновых субориях образуют устойчивый второй ярус. Производные насаждения представлены березняками, осинниками, монокультурами сосны и др.

Т а б л и ц а 1

Предприятие. организация	Площадь лесов, га, по типам леса				
	В <sub>1</sub> ДС	В <sub>2</sub> ДС	В <sub>2</sub> БкС	В <sub>3</sub> ДС	В <sub>4</sub> ДС
Рава-Русский гослесхоз	—	2258,7	45,5	2225,9	111,4
Львовский гослесхоз	—	0,5	9,4	9,3	—
Ивано-Франковский учебно-опытный лесокомбинат	—	248,3	9,3	31,7	6,1
Заповедник «Расточье»	—	72,9	—	102,7	130,8
ПрикВО	7,6	3061,1	—	2607,6	58,5
Яворовский межколхозный лесхоз	1,0	3038,9	—	1136,4	26,0
Итого	8,6	8680,4	64,2	6113,6	332,8

Анализ продуктивности древостоев проведен по возрастным группам для каждого типа леса. Критерием для разделения насаждений на три группы роста (сильный, средний, слабый) служил показатель среднего прироста по запасу  $\Delta_M$ . В насаждениях всех типов леса максимальные значения  $\Delta_M$  наблюдаются в молодняках, с увеличением возраста они плавно снижаются. Вместе с тем средневзвешенный показатель  $\Delta_M$  у древостоев группы слабого роста в 1,5—3,0 раза меньше, чем в сильной, и на протяжении всего периода лесовыращивания колеблется в пределах 1,5...3,0 м<sup>3</sup>/га. Поэтому основные резервы повышения продуктивности насаждений существуют именно здесь.

Пример вычисления фактической и потенциально возможной продуктивности древостоев в наиболее распространенном типе леса В<sub>2</sub>ДС приведен в табл. 2, сводные данные о продуктивности древостоев по типам леса — в табл. 3.

Анализ продуктивности древостоев по типам леса показал, что 1/4 площади и 1/3 от общего запаса занимают насаждения сильной группы роста — высокопродуктивные, высокополнотные и биологически устойчивые. Они представлены коренными древостоями сосны обыкновенной с участием суборевого экотипа дуба до 30%. Высокие показатели роста насаждений обусловлены правильной технологией их создания и проведением своевременных и научно обоснованных лесохозяйственных мероприятий. Во всех возрастных группах встречаются насаждения, у которых средний прирост по запасу составляет 10 м<sup>3</sup>/га и более. Наиболее распространены насаждения средней группы роста. Они занимают более половины площади (53%) и запаса (54,5%) насаждений суборей. Это древостои средней продуктивности и полноты, биологически устойчивые, где участие главной породы, как правило, недостаточно из-за нарушения технологии создания и выращивания культур, проведения интенсивных рубок ухода и санитарных рубок. Состав насаждений не всегда соответствует коренному типу леса. Эти и другие причины привели к некоторому снижению уровня продуктивности древостоев, в связи с чем необходимо провести высокоэффективные мероприятия по ее повышению до уровня сильной группы роста. К ним относятся: введение недостающей главной породы в молодняках; создание подпоголовых культур в низкополнотных средневозрастных и приспевающих насаждениях; рубки ухода в молодняках, где второстепенные породы создают неблагоприятные условия для роста главной; частичная реконструкция молодняков; внесение удобрений; содействие естественному возобновлению и др. За счет таких мероприятий только в насаждениях средней группы роста можно дополнительно получить около 350 тыс. м<sup>3</sup> древесины.

Таблица 2

Возрастной период, лет	Число участков, шт.	Общая площадь, га	Прирост Групп насаждений, м³/га			Потенциальная продуктивность, м³	Фактическая продуктивность, м³				Всего неополучено древесины, м³
			сильный	средний	слабый		всего	по группам роста			
								сильный	средний	слабый	
1...20	206	609,6	7,19	4,56	2,78	57 885	31 955	5 582	15 750	10 623	25 930
21...40	644	2092,3	7,74	5,32	2,56	496 316	332 368	48 206	262 020	22 142	163 948
41...60	447	1706,1	6,26	4,46	1,97	508 166	381 660	115 538	255 343	10 779	126 506
61...80	211	768,3	4,65	3,64	2,17	243 434	202 570	95 757	93 831	12 982	40 864
81...100	87	378,9	3,91	3,15	2,16	126 717	97 613	19 775	59 690	18 148	29 104
101...120	18	86,3	2,51	2,03	1,36	22 907	19 237	13 710	1 647	3 880	3 670
Всего	1613	5641,5	—	—	—	1 455 425	1 065 403	298 568	688 281	78 554	390 022

Таблица 3

Тип леса	Число участков, шт.	Площадь типа леса, га			Потенциальная продуктивность, м³	Фактическая продуктивность, м³				Всего неополучено древесины, м³	
		всего	по группам роста			всего	по группам роста				
			Сильный	Средний			Слабый	Сильный	Средний		Слабый
В <sub>2</sub> БкС	23	64,2	25,8	24,2	18 268	13 972	7 062	4 597	2 313	4 296	
В <sub>2</sub> ДС	1613	5 641,5	1153,4	3502,9	1 455 425	1 065 403	298 568	688 281	78 554	390 022	
В <sub>3</sub> ДС	1280	4 977,2	1550,3	2263,9	1 414 356	1 109 045	433 841	511 323	163 881	305 311	
В <sub>4</sub> ДС	75	306,8	90,1	57,8	54 329	39 858	16 490	10 152	13 216	14 471	
Всего	2991	10 989,7	2819,6	5848,8	2 942 378	2 238 278	755 961	1 214 353	257 964	714 100	

Насаждения слабой группы роста занимают 21,1 % площади суборевых типов леса и лишь 11,6 % — от общего запаса, но вместе с тем в значительной степени влияют на общее состояние и продуктивность лесов Расточья. Наличие таких насаждений — следствие ошибок в технологии создания культур, несвоевременных и некачественных лесоводственных уходов, проходных рубок высокой интенсивности и др. В результате сформировались низкополнотные древостои сосны, в которых вследствие интенсивных рубок ухода и санитарно-выборочных полнота снизилась до 0,3...0,5; насаждения сосны полнотой 0,4 и менее, с густым подлеском, в которых очень сложно, а зачастую и экономически невыгодно восстановить преимущество главной породы; насаждения, пораженные корневой губкой, где требовались регулярные санитарные рубки, вследствие чего полнота снизилась до 0,5 и менее; низкопродуктивные насаждения с преимуществом мягколиственных пород.

Наличие таких насаждений существенно снижает уровень использования потенциального плодородия лесных земель. Их средний прирост по запасу составляет 2 м<sup>3</sup>/га, для групп сильного роста в этих же условиях в 3—4 раза выше.

Натурный осмотр 652 участков насаждений слабого роста показал, что для повышения их продуктивности необходимы следующие лесохозяйственные мероприятия: а) сплошная рубка (в расстроенных и пораженных болезнями средневозрастных, приспевающих и спелых древостоях); б) сплошная реконструкция (в молодняках, где необходимо полностью убрать полог реконструируемого малоценного насаждения и создать лесные культуры по оптимальному для данных условий типу); в) коридорная реконструкция путем разубки коридоров с введением одного-двух рядов главной породы — сосны обыкновенной; г) коридорно-групповая реконструкция в молодняках с неравномерной полнотой, где главную породу вводят куртинами или группами по прогалинам; д) рубки ухода в молодняках, где вследствие недостаточной площади питания деревьев между ними (например сосной и березой) резко возрастает конкуренция и средний прирост насаждений падает. В определенной части низкопродуктивных насаждений лесохозяйственные мероприятия нецелесообразны, поскольку на этих площадях невозможно создать насаждения более высокой продуктивности (по оврагам, на мелких супесчаных почвах, подстилаемых известняками, и др.).

Итак, в повышении продуктивности насаждений суборей Расточья имеются значительные резервы. Поднятие фактической продуктивности древостоев до потенциального уровня даст возможность без увеличения лесной площади дополнительно получить более 700 тыс. м<sup>3</sup> древесины.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Дебринюк Ю. М. Продуктивность хвойно-дубовых лесов в дубравах и бучинах Расточья // Материалы Всесоюз. конф. «Научные основы ведения лесного хозяйства в дубравах», 5—7 июня 1991 г.— Воронеж, 1991.— С. 70—72. [2]. Калинин М. И., Дебринюк Ю. М., Иванов Б. М. Продуктивність лісів свіжої грабової діброви Расточья // Ліс. госп-во, ліс., папер. і деревооброб. пром-сть.— 1992.— № 3.— С. 13—14. [3]. Методические указания по определению потенциальной производительности лесных земель и степени эффективности их использования / И. В. Туркевич, Л. А. Медведев, И. М. Мокшанина, В. Е. Лебедев.— Харьков: УкрНИИЛХА, 1973.— 70 с. [4]. Остапенко Б. Ф., Герушинский З. Ю. Типологический анализ лесов // Экология.— 1975.— № 3.— С. 36—41.

УДК 630\*425

## ВЛИЯНИЕ СТАРТОВОЙ ПОДКОРМКИ МИНЕРАЛЬНЫМИ УДОБРЕНИЯМИ НА СОСТОЯНИЕ И РОСТ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР

В. В. БЕЛЯЕВ

Архангельский институт леса и лесохимии

За последние десятилетия в странах с интенсивным лесным хозяйством применение минеральных удобрений в лесах вошло в обычную практику. Несмотря на дороговизну этого мероприятия, при выращивании плантационных культур удобрения считают обязательными, поскольку они выступают в качестве одного из наиболее весомых факторов ускоренного роста [9]. Эффективность их действия зависит от многих причин: климата, почвы и т. д., поэтому при выборе объектов и сроков применения удобрений необходимо использовать результаты опытов в конкретных регионах. Для культур критическим считается первый год после посадки. Улучшить условия их минерального питания в фазе приживания можно так называемой стартовой подкормкой, т. е. внесением удобрений одновременно с посадкой.

В течение ряда лет мы экспериментировали с разными дозами минеральных удобрений в качестве подкормки культур сосны и ели. Исследования проводили в средней подзоне тайги в условиях осушенного переходного болота (почва переходная торфяно-глеявая с мощностью торфяного слоя около 0,5 м) и вырубки из-под ельника-черничника свежего (почва мелкоподзолистая поверхностно-глеявая легкоосушливая).

В первом случае технология создания культур включала полосную вспашку плугом ЛКН-600, борозды были выведены в осушители. Посадку производили по пластам вручную, под лопату 3-летними сеянцами сосны и ели несортированными и отобранными по относительной массе (более 1,2 средней) [2], а также 4 (3 + 1)-летними саженцами ели, несортированными и отобранными по массе. Удобрения вносили сразу после посадки в дозах: P<sub>250</sub>, P<sub>200</sub>, P<sub>100</sub>, P<sub>250</sub>K<sub>250</sub>, P<sub>200</sub>K<sub>200</sub>, P<sub>100</sub>K<sub>100</sub>, N<sub>600</sub>P<sub>120</sub>K<sub>75</sub>, N<sub>300</sub>P<sub>60</sub>K<sub>40</sub>, N<sub>240</sub>P<sub>40</sub>K<sub>30</sub> кг/га (по д. в.).

Во втором случае предварительно проводили полосную корчевку пней машиной КМ-1 в агрегате с трактором ТДТ-55 и вспашку плугом ПЛМ-1,3. Посадку производили в микроповышения также вручную, под лопату 3-летними сеянцами сосны несортированными и отобранными по массе и признаку треххвойности [5], а также 5 (2 + 3)-летними саженцами ели несортированными, отобранными по массе и признаку мутовчатости [2, 6]. Дозы удобрений: P<sub>100</sub>, P<sub>200</sub>, P<sub>300</sub>, P<sub>120</sub>K<sub>120</sub>, N<sub>60</sub>P<sub>120</sub>K<sub>120</sub> кг/га (по д. в.).

Каждый вариант опыта закладывали в 3-4 повторностях.

СПбНИИЛХ в качестве стартового удобрения рекомендует вносить на торфяных почвах фосфорные удобрения в дозе 100...150 кг/га. Учитывая, что в более южных регионах аналогичные почвы богаче, чем на Севере, эту дозу мы приняли как наименьшую, увеличив максимальную в 2,5 раза. Исследованиями АИЛиЛХ [3] по применению удобрений в культурах сосны на бедном верховом болоте было установлено,

что максимальный дополнительный прирост по высоте наблюдался при дозе  $N_{600}P_{120}K_{75}$ . Учитывая, что в средней подзоне на переходном болоте почвы богаче, эту дозу мы сочли максимальной, уменьшив минимальную в 2,5 раза. Аналогичным образом подбирали дозы удобрений и для опытов на минеральных почвах вырубок.

Пятилетние наблюдения за состоянием и ростом культур показали, что стартовая подкормка фосфорными, фосфорно-калийными и полными удобрениями в испытываемых дозах не оказывает существенного влияния на приживаемость сеянцев и саженцев. Лишь в ряде случаев отмечено ее увеличение на 10...15 % при внесении фосфора (табл. 1, 2). Приживаемость как свойство сеянцев (саженцев) восстанавливать поврежденную при выкопке и пересадке корневую систему определяется прежде всего соотношением массы тонких корней ( $d \leq 1$  мм) и надземной части [1]. При оптимальном их соотношении сохранность и интенсивность роста выше у растений с большей биомассой. С ужесточе-

Таблица 1

## Состояние и рост 5-летних культур при стартовом внесении удобрений в условиях осушенного переходного болота

Вид и доза удобрений, кг/га	Сосна, сеянцы 3 лет						Ель			
	несортированные		отобранные по массе (более 1,2 средней)		Сеянцы 3 лет несортированные		Саженьцы 4 (3 + 1) лет, отобранные по массе (более 1,2 средней)			
	Прижи- ваемость, %	Высота $M \pm m$ , см	Прижи- ваемость, %	Высота $M \pm m$ , см	Прижи- ваемость, %	Высота $M \pm m$ , см	Прижи- ваемость, %	Высота $M \pm m$ , см	Прижи- ваемость, %	Высота $M \pm m$ , см
Контроль	47,3	90,2 ± 4,6	66,3	120,7 ± 4,1	94,1	39,7 ± 2,3	84,7	31,6 ± 2,3		
$P_{250}$	75,9	100,6 ± 4,9	82,7	105,4 ± 4,0	95,8	45,3 ± 2,8	83,5	39,7 ± 2,6		
$P_{200}$	63,2	85,7 ± 3,7	76,4	100,3 ± 4,0	96,8	33,9 ± 2,1	81,7	30,5 ± 2,0		
$P_{100}$	60,8	76,6 ± 3,8	75,1	114,8 ± 3,9	96,8	51,0 ± 2,4	91,8	29,6 ± 2,3		
$P_{250}K_{250}$	59,5	92,5 ± 4,3	64,0	119,3 ± 4,1	97,9	48,8 ± 2,1	82,6	34,2 ± 2,7		
$P_{200}K_{200}$	59,2	105,0 ± 5,1	75,4	115,9 ± 4,3	94,6	56,0 ± 2,5	81,7	42,8 ± 2,6		
$P_{100}K_{100}$	64,1	85,1 ± 4,0	79,8	111,0 ± 4,7	84,6	49,5 ± 2,3	81,9	31,7 ± 2,4		
$N_{600}P_{120}K_{75}$	54,0	105,4 ± 4,9	55,6	143,3 ± 5,1	96,3	63,6 ± 2,7	75,0	56,3 ± 2,5		
$N_{300}P_{60}K_{40}$	64,1	86,3 ± 3,7	70,1	122,7 ± 4,8	92,8	47,2 ± 2,2	78,2	39,0 ± 2,7		
$N_{250}P_{40}K_{30}$	39,2	79,4 ± 3,3	69,2	126,5 ± 4,8	92,6	50,2 ± 2,0	70,5	46,5 ± 2,7		

нием лесорастительных условий преимущества крупномерного посадочного материала становятся еще очевиднее [2].

Вместе с тем при стартовой подкормке рост культур увеличивается с первых лет их создания, несмотря на послепосадочную депрессию. Так, на осушенном болоте прирост по высоте сосны в контроле в течение 5 лет был значительно ниже, чем в варианте с подкормкой. Высота культур сосны, созданных посадкой отобранных по массе 3-летних сеянцев, на 33,7 % больше, чем из несортированных, а в варианте с внесением минеральных удобрений в дозе  $N_{600}P_{120}K_{75}$  — на 58,7 % (табл. 1). Высота культур ели, созданных отборными 4 (3 + 1)-летними саженцами с внесением этой же дозы полного удобрения, больше контроля на 40,0 %. При посадке отборных сеянцев 4 (3 + 1) лет эти различия составили уже 78,2 % (табл. 1).

В культурах на вырубках стартовая подкормка минеральными удобрениями также положительно сказалась на их росте. Внесение полного удобрения в дозе  $N_{60}P_{120}K_{120}$  в культуры сосны, заложенные 3-летними сеянцами несортированными, отборными по массе и признаку треххвойности, превышает высоту контрольных на 24,9; 20 и 30 % соответственно (табл. 2). Подобным же образом реагировали на внесение удобрений и 5-летние саженцы ели.

В результате использования селекционно улучшенных (отборных) сеянцев и стартовой подкормки удобрениями в дозе  $N_{600}P_{120}K_{75}$  средняя высота 5-летних культур сосны на осушенном болоте составила 143,3 см (табл. 1). В соответствии с [8] эти культуры растут по I классу бонитета. Применение отборного посадочного материала в сочетании со стартовым внесением минеральных удобрений позволило на первом этапе выращивания ускорить рост культур почти в два раза.

Изучение листового аппарата [4, 7] растений в 2-летних культурах ели, созданных саженцами 5 (2 + 3) лет разных селекционных категорий, показало, что на стартовую подкормку реагируют все виды саженцев. Однако их реакция на внесение одних и тех же доз удобрений различна. Так, если при внесении  $N_{60}P_{120}K_{60}$  в посадки несортированных саженцев количество хвои на боковом побеге на второй год увеличилось на 7 % по сравнению с неудобренным вариантом, то у отобранных по относительной массе саженцев это превышение составило 25, а у растений с четко выраженной мутовчатостью — 70 %. В увеличении длины бокового побега проявляется аналогичная закономерность: при указанной дозе полного удобрения у несортированных саженцев она возросла на 30, а у отобранных по массе и признаку мутовчатости — на 68...70 %. Содержание в хвое азота и фосфора также больше у саженцев, отобранных по массе и признаку мутовчатости, по сравнению с несортированными.

Один из важных вопросов агротехники выращивания лесных культур — регулирование численности живого напочвенного покрова [7]. Вопрос о начале и кратности агротехнических уходов за культурами, с учетом способа обработки почвы, применяемого посадочного материала и удобрений, еще далеко не изучен.

Нами проведены наблюдения за ростом травянистой растительности в культурах ели, созданных на минеральных почвах вырубок саженцами 5 (2 + 3) лет по указанной выше технологии как с использованием стартовой подкормки фосфорными удобрениями, так и без них. Учеты проводили на 48 площадках размером 1 × 1 м в каждом варианте опыта. Данные учета показали увеличение числа травянистых растений на второй год, особенно при внесении удобрений (табл. 3).

Этот травостой, в основном хвощ и иван-чай, не оказал отрицательного влияния на культуры, и агротехнический уход на второй год после их создания здесь не требуется.

Таблица 2

Состояние и рост 3-летних культур на вырубке из-под ельника черничника при стартовом внесении минеральных удобрений

Вид и доза удобрений, кг/га	Сосна, сеянцы 3 лет						Ель, сеянцы 5 (2+3) лет											
	несортированные			отобранные по массе (более 1,2 средней)			отобранные по при- знаку трехквойности			Саженцы 5 (2+3) лет несортированные			отобранные по массе (более 1,2 средней)			отобранные по при- знаку мутовчатости		
	При- жи- вае- мость, %	Высота М ± m, см	Прижи- вае- мость, %	Высота М ± m, см	Прижи- вае- мость, %	Высота М ± m, см	Прижи- вае- мость, %	Высота М ± m, см	Прижи- вае- мость, %	Высота М ± m, см	Прижи- вае- мость, %	Высота М ± m, см	Прижи- вае- мость, %	Высота М ± m, см	Прижи- вае- мость, %	Высота М ± m, см	Прижи- вае- мость, %	Высота М ± m, см
Контроль	75,6	23,3 ± 1,8	79,0	25,4 ± 1,7	71,7	24,4 ± 1,6	80,9	40,0 ± 2,8	68,2	43,7 ± 3,0	81,2	42,8 ± 3,0						
P <sub>100</sub>	—	—	—	—	—	—	80,4	47,3 ± 3,1	67,8	46,7 ± 3,2	70,8	45,2 ± 3,1						
P <sub>200</sub>	79,3	25,9 ± 1,5	79,4	29,5 ± 1,5	63,6	30,1 ± 1,5	67,8	45,5 ± 3,0	67,2	40,5 ± 2,8	79,1	48,1 ± 3,0						
P <sub>300</sub>	73,3	24,8 ± 1,4	75,6	27,7 ± 1,3	75,9	30,5 ± 1,5	—	—	—	—	—	—						
P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	71,8	32,0 ± 1,5	64,3	26,0 ± 1,2	68,1	27,4 ± 1,3	74,0	47,3 ± 2,9	67,3	46,5 ± 3,0	73,8	47,5 ± 2,8						
N <sub>60</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	60,1	29,1 ± 1,4	67,0	30,5 ± 1,7	62,6	31,8 ± 1,4	84,1	48,3 ± 3,1	74,0	46,0 ± 2,8	90,2	48,6 ± 3,0						

Таблица 3

Динамика зарастания травянистой растительностью культур, созданных по микроповышениям

Вариант опыта	Воз- раст культур, лет	Число травянистых растений, шт.						среднее на одну площадку
		на учетных площадках						
		1	2	3	4	5	6	
Саженцы ели 5 (2+3) лет несортированные: без удобрений	1	4	5	8	20	3	6	7,6
	2	28	9	11	21	31	14	19,0
стартовая подкормка P <sub>200</sub>	1	7	1	9	13	3	1	5,6
	2	35	28	14	32	13	32	25,6

Таким образом, стартовая подкормка культур ели и сосны минеральными удобрениями является довольно значительным резервом повышения эффективности искусственного восстановления лесов Севера, особенно в сочетании с использованием селекционно улучшенного посадочного материала.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Беллев В. В. Лесокультурная оценка индивидуальной изменчивости сеянцев и саженцев ели и сосны // Северные леса: состояние, динамика, антропогенные воздействия: Материалы Международн. симпозиума. Архангельск 16—26 июля 1990 г. Часть 2.—М.—С. 100—106. [2]. Беллев В. В., Пигарев Ф. Т., Сенчуков Б. А. Влияние фитомассы и размеров сеянцев и саженцев на рост культуры сосны и ели // Материалы науч. сессии по итогам науч.-исслед. работ за 1979 г.—Архангельск, 1980.—С. 77—78. [3]. Козловский В. Д., Пигарев Ф. Т., Сунгуров Р. В. Рост культур сосны под влиянием минеральных удобрений на верховом болоте // Материалы отчетной годичной сессии по итогам науч.-исслед. работ за 1984 г.—Архангельск, 1985.—С. 42—43. [4]. Костылева Е. В. К методике отбора образцов сосны и ели для листового анализа // Тр. Петрозаводской ЛОС.—Петрозаводск: Карелия, 1973.—Вып. 2.—С. 80—89. [5]. Попов В. Я., Жариков В. М. Методы отбора и ранней диагностики наследственных свойств плюсовых деревьев сосны и ели.—Архангельск, 1973.—40 с. [6]. Попов В. Я., Тучин П. В., Сурсо М. В. Оценка потенциальной продуктивности ели по косвенным признакам в молодом возрасте // Вопросы искусственного лесовосстановления на Европейском Севере.—Архангельск, 1979.—С. 95—106. [7]. Попова Н. П. К методике растительной диагностики минерального питания культур ели // Изменение свойств лесных почв при хозяйственной деятельности в лесах: Сб. науч. тр. / ВНИИЛМ.—М., 1983.—С. 19—28. [8]. Прогнозные таблицы хода роста плантационных культур: Методич. рекомендации.—Л.: ЛенНИИЛХ, 1988.—32 с. [9]. Шутов И. В., Маслаков Е. Л., Маркова И. А. Лесные плантации. Ускоренное выращивание ели и сосны.—М.: Лесн. пром-сть, 1984.—244 с.

Поступила 2 июля 1993 г.

УДК 630\*237.4

### ВЛИЯНИЕ ГУСТОТЫ КУЛЬТУР И ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА РОСТ ВЕТВЕЙ И ОБРАЗОВАНИЕ ПОРОКОВ ФОРМЫ СТВОЛА У СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

С. С. ШТУКИН

Двинская лесная опытная станция  
(Республика Беларусь)

К числу важнейших факторов, определяющих интенсивность роста лесных культур, относятся густота стояния деревьев и применение средств химии. Они оказывают влияние на рост ветвей древесных пород, от которых, в свою очередь, зависит качество получаемой древесины. Можно ускорить рост культур, но при этом получить низкосортную древесину. Поэтому при разработке технологий интенсивного выращивания сосны в культурах плантационного типа большое внимание уделяется вопросам качества древесины и в первую очередь толщине сучьев как основному сортоопределяющему фактору [2].

Влияние густоты культур и минеральных удобрений на рост ветвей и образование пороков формы ствола изучали на специальном опытном объекте, заложенном путем изреживания 8-летних культур сосны в Глубокском опытном лесхозе. Густота посадки 8,5 тыс. растений на 1 га. В мае—июне 1976 г. на участке выполнена селекционная рубка. К этому времени сохранилось 8 тыс. деревьев на 1 га. После изреживания получены секции с размещением деревьев  $3,2 \times 2,8$  м

(1 тыс. шт./га),  $3,2 \times 1,4$  м (2 тыс. шт./га) и  $3,2 \times 0,7$  м (4 тыс. шт./га). На контрольных участках деревья не вырубали ( $1,6 \times 0,7$  м). На секции с густотой 1, 2 и 4 тыс. шт./га налагаются варианты с удобрениями, гербицидами, совместным их применением, а также контроль (без удобрений и гербицидов). На контрольные по густоте секции налагаются варианты с удобрениями и без них. Всего исследовано 14 вариантов. Для постановки опыта использовали однородные по высоте участки лесных культур. Почва опытного участка дерново-подзолистая, слабоподзоленная, связнопесчаная с переходами в супесчаную, на песке связном, подстилаемая песком рыхлым и суглинком легким. Показатели почвенного плодородия по всему участку относительно однородны. Они близки к условиям, характерным для наиболее распространенных в Белоруссии типов леса сосняков мшистого и брусничного. Площадь объекта 8,2 га [3].

В мае 1977 г. на участки с удобрениями внесли аммиачную селитру в дозе 100 кг на 1 га (д. в.). Через 2 года в это же время применили полное удобрение в такой же дозе азота, фосфора и калия. В мае 1983 г. снова внесли аммиачную селитру из расчета 150 кг на 1 га, а весной 1989 г. мочевины — 150 кг/га. В вариантах с гербицидами в начале июня 1977 г. использовали прометрин, а в середине апреля 1978 г. — пропазин. Доза препаратов 5 кг на 1 га (д. в.). В июне 1979 г. для борьбы с интенсивно разросшейся полынью веничной (*Artemisia paniculata* Lat.) применили аминную соль 2, 4-Д из расчета 3 кг на 1 га, в результате достигнуто практически полное подавление недревесной растительности. В вариантах с совместным применением удобрений и гербицидов выполнены такие же мероприятия и в те же сроки.

Установлено, что на рост ветвей сосны влияет не только густота стояния деревьев, но и применение химикатов (табл. 1).

Средний диаметр самого крупного сучка у 700 деревьев-лидеров в 23-летних культурах сосны на высоте до 5 м при густоте 1 тыс. шт./га составил  $41,8 \pm 1,6$  мм. Это на 48 % больше, чем в контроле. Применение удобрений оказало большое влияние на рост сучьев при меньшей густоте стояния деревьев. Так, на участках с густотой 1 тыс. шт./га диаметр сучьев достиг  $49,7 \pm 1,9$  мм, что на 7,9 мм больше, чем в контроле. Такое различие подтверждается статистически ( $t = 3,2$ ). При густоте 2 тыс. шт./га разница в диаметрах ветвей на удобренных и контрольных участках также велика (7,8 мм) и статистически достоверна ( $t = 5,4$ ). На участках, где в 8-летнем возрасте было оставлено 4 тыс. деревьев на 1 га, различие значительно меньше (3,5 мм) и статистически не подтверждается ( $t = 1,9$ ). При густоте 8 тыс. шт./га различие составляет всего 1,5 мм и также недостоверно ( $t = 1,2$ ). На участках с применением гербицидов, а также удобрений и гербицидов наблюдается аналогичная закономерность.

Сопоставляя данные табл. 1 с требованиями ГОСТ 9463—88 на лесоматериалы круглые для распиловки и строгания, можно заметить,

Таблица 1

Вариант опыта	Средний диаметр сучка, мм, при густоте стояния деревьев, тыс. шт./га			
	1	2	4	8
Контроль	$41,8 \pm 1,6$	$33,3 \pm 1,0$	$33,7 \pm 1,0$	$27,6 \pm 1,0$
Удобрения	$49,7 \pm 1,9$	$41,1 \pm 1,1$	$37,2 \pm 1,5$	$30,4 \pm 0,8$
Гербициды	$43,6 \pm 1,2$	$37,2 \pm 1,1$	$33,6 \pm 1,3$	—
Удобрения и гербициды	$47,7 \pm 1,4$	$40,7 \pm 1,0$	$35,1 \pm 1,3$	—

что диаметр ветвей во всех вариантах густоты (кроме 1 тыс. шт./га) значительно ниже ограничений для 1-го сорта. Согласно ГОСТ в крупных лесоматериалах 1-го сорта не допускаются сучки более 5 см. На балансы используют круглые лесоматериалы, в которых диаметр сучьев не превышает требования 2-го (не более 10 см) и 3-го (более 10 см) сортов. Диаметр сучьев в экспортных балансах должен быть не более 4 см, однако для деревьев-лидеров при густоте 2 тыс. шт./га эти показатели не достигли указанного ограничения. К лидерам мы относим 700 наиболее крупных деревьев, поскольку именно они определяют конечную цель лесовыращивания. При помощи таблиц хода роста высокобонитетных культур в Белоруссии было установлено, что примерно такое количество деревьев остается к 80-летнему возрасту [1].

Наиболее нитсписивное отмирание ветвей в комлевой части ствола происходит в густых культурах. На контрольных участках первые живые ветви 23-летних деревьев сохранились на высоте  $6,88 \pm 0,07$  м. Однако и в изреженных культурах этот процесс в комлевой части ствола также заканчивается. Так, при густоте 4 тыс. шт./га высота первого живого сучка составила  $5,96 \pm 0,06$  м, а при 2 и 1 тыс. шт./га соответственно  $5,43 \pm 0,07$  и  $5,20 \pm 0,07$  м.

Густота стояния деревьев в молодых культурах оказывает большое влияние на рост ветвей в длину (табл. 2).

Радиусы крон в ряду в крайних вариантах густоты на участках с применением минеральных удобрений отличаются в 1,8 раза. При густоте 2 тыс. шт./га это различие составляет 48 %, при 4 тыс. шт./га — 38 % и статистически достоверно ( $t = 6,5$ ). Различие в показателях роста при густоте 2 и 4 тыс. деревьев на 1 га очень незначительно (0,13 м), и статистически недостоверно ( $t = 1,7$ ).

Между рядами культур параметры кроны значительно отличаются в контроле, где при закладке опыта не производилась вырубка каждого второго ряда. При густоте 1, 2 и 4 тыс. шт./га (ширина междурядий 3,2 м) кроны росли примерно одинаково. Совместное применение минеральных удобрений и гербицидов не способствовало увеличению их параметров.

В 23-летних опытных культурах был выполнен сплошной учет деревьев с пороками формы ствола. Установлено, что применение удобрений и гербицидов отрицательно влияет на формирование стволов (табл. 3), причем при уменьшении густоты культур увеличивается процент деревьев с пороками на удобренных участках. Так, при густоте 1 тыс. шт./га в вариантах с совместным и отдельным применением удобрений и гербицидов здоровых деревьев было на 6...19 % мень-

Таблица 2

Вариант опыта	Радиус кроны, м, при густоте стояния деревьев, тыс. шт./га			
	1	2	4	8
В ряду				
Удобрения	$2,25 \pm 0,06$	$1,84 \pm 0,05$	$1,71 \pm 0,06$	$1,24 \pm 0,04$
Удобрения и гербициды	$2,00 \pm 0,06$	$1,64 \pm 0,05$	$1,43 \pm 0,04$	$1,24 \pm 0,04$
Между рядами				
Удобрения	$2,13 \pm 0,06$	$2,30 \pm 0,06$	$2,20 \pm 0,05$	$1,28 \pm 0,04$
Удобрения и гербициды	$2,05 \pm 0,06$	$1,79 \pm 0,04$	$1,71 \pm 0,05$	$1,28 \pm 0,04$

Т а б л и ц а 3

Гу- сто- та сто- я- ния де- рев- ьев, тыс. шт./га	Вариант опыта	Процент деревьев			
		здо- ро- вых	ис- крив- лен- ных	па- сын- ков	мно- говер- шин- ных
1	Контроль	82	4	6	8
	Удобрения	76	7	6	11
	Гербициды	73	9	8	10
	Удобрения и герби- циды	63	10	15	12
2	Контроль	92	2	3	3
	Удобрения	89	1	5	5
	Гербициды	87	4	6	3
	Удобрения и герби- циды	74	8	9	9
4	Контроль	91	3	4	2
	Удобрения	80	4	9	7
	Гербициды	86	3	3	8
	Удобрения и герби- циды	71	8	8	13
8	Контроль	93	1	2	4
	Удобрения	92	2	3	3
	Контроль	91	1	4	4
	Удобрения	87	3	4	6

ше, чем в контроле. На таких участках особенно много искривленных, многовершинных и деревьев с пасынками (до 37 %).

При густоте 2 тыс. шт./га в этих вариантах здоровых деревьев на 18 % меньше, чем в контроле, но по сравнению с густотой 1 тыс. шт./га в контроле их больше на 10 %. Показатели культур с густотой 4 тыс. шт./га очень близки к варианту 2 тыс. деревьев на 1 га. На участках без изреживания отрицательное влияние удобрений было существенно ниже (1...4 %).

Таким образом, в 8-летних культурах сосны с густотой стояния деревьев 2 тыс. шт./га уже к 23 годам отмирают сучья в комлевой, наиболее ценной, части ствола до высоты 5,4 м. Средний диаметр само-го крупного сучка у деревьев-лидеров на высоте до 5 м значительно ниже ограничений ГОСТа 9463—88 для лесоматериалов 1-го сорта, а на участках без удобрений — даже для экспортной балансовой древе-сины. Длительное применение минеральных удобрений при низкой гус-тоте стояния деревьев оказывает существенное влияние на рост ветвей в толщину. Изреживание культур до густоты 1 тыс. шт./га вызывает увеличение процента деревьев с пороками формы стволов до 16...20. Применение химикатов при низкой густоте молодых культур сосны зна-чительно повышает количество деревьев с пороками формы ствола.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Лесотаксационный справочник / В. К. Захаров, О. А. Труль, В. С. Мирош-ников, В. Е. Ермаков.— Минск: Ред. науч. техн. лит., 1962.— 363 с. [2]. Полубоя-ринов О. И. Оценка качества древесного сырья.— Л.: ЛТА, 1971.— 69 с. [3]. Штукки С. С. Рост сосны в изреженных культурах с интенсивным применением химических средств и биологической мелиорации // Лесн. журн.— 1989.— № 4.— С. 9—12.— (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 22 февраля 1993 г.

УДК 58.035 : 631.535

## СТИМУЛЯЦИЯ УКОРЕНЕНИЯ СТЕБЛЕВЫХ ЧЕРЕНКОВ МОНОХРОМАТИЧЕСКИМ КРАСНЫМ СВЕТОМ

Л. Д. КУЗНЕЦОВА, Е. А. КУЗНЕЦОВА

Московский государственный университет леса

Основные достижения лазерной биотехнологии сосредоточены в области медицины и сельского хозяйства. В лесной промышленности и лесохозяйственном производстве применение лазера находится пока на стадии эксперимента.

Влияние предварительной обработки лазерным излучением на регенерационную способность черенков впервые отмечено в работах Балабака [1], изучавшего укоренение можжевельника казацкого, тисса ягодного и плосковеточника восточного и отметившего 1,5—2,0-кратное увеличение доли укоренившихся черенков при определенных экспозициях. И. Батов [2] отмечает стимулирование излучением гелий-неонового лазера способности к укоренению стеблевых черенков бука и акации.

Нами исследовано влияние лазерного излучения на стеблевые черенки древесных пород с различной корнеобразовательной способностью. В качестве источника излучения использовали непрерывный гелий-неоновый лазер ЛГ-53-1, имеющий длину волны 632,8 нм при мощности выходного пучка 22,0 мВт. Для понижения плотности оптического излучения, а также возможности одновременного облучения нескольких черенков в установке применен специальный расширитель лазерного луча, дающий световой пучок цилиндрической формы диаметром 3,1 см при выходной мощности 20,2 мВт. Обработывали пучки из 10...25 черенков, в зависимости от диаметра их основания. Облучали только нижний срез черенка. Для укоренения образцов использовали крупногабаритные теплицы и холодные парники, полив с помощью туманообразующей установки позволял поддерживать оптимальный режим увлажнения. Субстратом служила смесь фрезерного низинного торфа с песком.

Экспериментальные исследования показали первостепенное значение корнеобразовательной способности древесных пород и технологического режима укоренения по сравнению с физическими и химическими стимулирующими воздействиями. Так, зеленые черенки березы карельской (*Betula verrucosa* Ehrh. f. *carelica*), взятые с 27-летних маточных растений, в нашем эксперименте не укоренились. Опыт был поставлен в нескольких повторностях, образцы высаживали и в теплицу, и в парник. Полученный результат, по-видимому, связан со слабой корнеобразовательной способностью данной породы.

Не прижились также одревесневшие черенки фундука (*Corylus maxima* Mill.), взятые с 10-летних маточных кустов. Черенки же облепихи крушиновой (*Hippophae rhamnoides* L.) укоренились более чем на 90 % и в опыте, и в контроле.

У других исследованных листовых пород (фундук — зеленые черенки, яблоня Недзвецкого (*Malus Niedzwetzkyana* Dieck.), слива китайская (*Prunus triflora* Roxb.), кизильник блестящий (*Cotoneaster lucida* Schlecht.)) отмечено повышение жизнеспособности черенков после лазерного облучения. Сохранность черенков яблони Недзвецкого

(образовавших корни и каллус) через 2 мес после высадки составила в контроле 48 %, у облученных — от 60 до 96 %, причем лучший результат показал вариант со временем стимуляции 5 мин. По корнеобразованию облученные черенки также имели более высокие показатели: в контроле 4 %, в опыте от 12 до 28 % в зависимости от времени облучения.

Процент жизнеспособных зеленых черенков фундука составил в контроле 25, облученных — от 30 до 60, причем лучший результат наблюдался в варианте с временем стимуляции 5 мин. Лазерное излучение повлияло главным образом не на укоренение, а на закладку вегетативных почек.

Получены интересные результаты по укоренению сливы китайской (см. таблицу). Отмечено влияние лазерного облучения не только на укоренение, но и на образование новых побегов, а также сохранность саженцев в течение первого года. На рис. 1 показаны укорененные черенки сливы китайской. У контрольных черенков образуется 2-3 основных корня, ростовых побегов не было. Опытные черенки имеют хорошо разветвленную корневую систему, образовали ростовые побеги длиной 3 и 7 см. В нашем эксперименте ни у одного контрольного черенка не было ростовых побегов, в то время как среди опытных образцов отмечались экземпляры с побегами до 20 см.

Время облучения, мин	Процент черенков			
	укорененных	с укороченными побегами	с ростовыми побегами	переживавших
0	58	28	0	40
2,5	90	46	6	64
5,0	92	66	8	84
7,5	94	58	12	68
10,0	80	34	4	52
12,5	78	30	0	44

У кизильника блестящего отмечены различия в развитии корневой системы опытных и контрольных образцов. Через 2 мес после высадки облученные черенки имели побуревшую эластичную корневую систему с хорошо развитыми корнями второго порядка. В то же время корни контрольных растений были более светлыми и хрупкими, что, по-видимому, связано с их более поздним корнеобразованием. Отмеченное различие достаточно отчетливо иллюстрируется рис. 2, на котором представлены укорененные черенки кизильника блестящего с маточного куста 8-летнего возраста. Фотографировали экземпляры, имеющие средние показатели развития в своем варианте.

Для изучения механизма воздействия лазерного облучения на растения совместно с кафедрой биофизики МГУ были проведены исследования контрольных и облученных образцов физическими методами: электронного парамагнитного резонанса (ЭПР), позволяющего следить за кинетикой фотоиндуцированных окислительно-восстановительных превращений реакционного центра P700 фотосистемы 1, и люминесцентными, дающими в основном информацию о функционировании фотосистемы 2. Методика экспериментов и результаты исследований более подробно описаны в работах [3—5].

Сравнительное исследование спектров люминесценции и ЭПР показало идентичность фотосинтетических характеристик контрольных и облученных растений, причем вид спектра существенно зависит от вида растения, его возраста и физиологического состояния. Функционирова-



Рис. 1. Укорененные черенки сливы китайской: 1, 2 — облученные в течение 5 мин; 3, 4 — контрольные

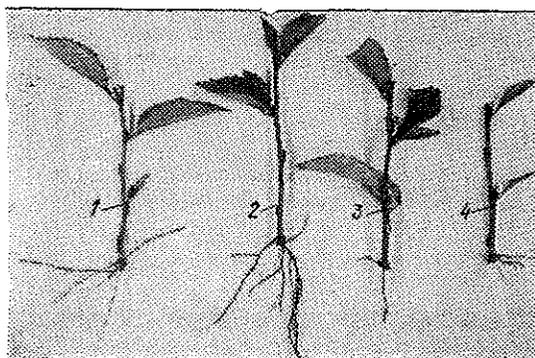


Рис. 2. Укорененные черенки кизильника блестящего: 1, 2 — облученные; 3, 4 — контрольные

ние цепи электронного транспорта и реакционных центров имеет сходный характер в хлоропластах листьев и стеблей, отличаясь только величиной сигнала, что обусловлено различной количеством парамагнитных центров в этих морфологически разных структурах растений.

Дальнейшее изучение описанного явления лазерной стимуляции представляется весьма перспективным в связи с использованием высокотехнологичных и экологических приемов размножения элитного посадочного материала в лесовосстановлении, лесовыращивании и озеленении населенных пунктов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Балабак А. Ф. Влияние оптического и ионизирующего излучений на регенерационную способность стеблевых черенков древесных растений: Автореф. дис. ... канд. биол. наук.— Киев, 1982.— 28 с. [2]. Батов И. Лазерная система для диагностики и биостимуляции лесохозяйственных объектов // Науч. тр. / Моск. лесотехн. ин-т.— 1989.— С. 121—125. [3]. Сравнительное исследование парамагнитных центров и люминесцентных характеристик листьев и стеблей высших растений / Е. А. Кузнецова, М. К. Солнцев, В. Ташиш, А. Н. Тихонов // Науч. тр. / Моск. лесотехн. ин-т.— 1989.— Вып. 222.— С. 47—57. [4]. Исследование функциональной активности хлоропластов в листьях высших растений в связи с проблемой лазерной стимуляции лесных культур / Е. А. Кузнецова, Л. Д. Кузнецова, М. К. Солнцев, А. Н. Тихонов // Науч. тр. / Моск. лесотехн. ин-т.— 1991.— Вып. 242.— С. 57—64. [5].

Кузнецова Л. Д., Кузнецова Е. А. Влияние лазерного облучения на развитие черенков древесных растений // Науч. тр. / Моск. лесотехн. ин-т.—1992.— Вып. 254.— С. 16—22.

Поступила 28 июля 1993 г.

УДК 630\*432.31

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МОТОДЕЛЬТАПЛАНОВ ПРИ ОХРАНЕ ЛЕСА ОТ ПОЖАРОВ

А. Н. МАРТЫНОВ, А. Н. КРАСНОВИДОВ, И. Ю. КОРЧУНОВА

С.-Петербургская лесотехническая академия  
С.-Петербургский НИИЛХ

В последние годы в мире проявляется большой интерес к сверхлегким летательным аппаратам, включая мотодельтапланы (МДП). Эти аппараты отличаются простотой конструкции, дешевизной изготовления и эксплуатации, легкостью пилотирования, имеют высокие летно-технические и взлетно-посадочные характеристики, что обусловило их широкое применение в сельском хозяйстве ряда стран.

В 1987 г. начаты комплексные исследования по применению МДП Т-2 в лесном хозяйстве. Установлена высокая эффективность этих летательных аппаратов при обработке леса гербицидами, арборицидами и инсектицидами, крупномасштабной аэрофотосъемке и видеосъемке, лесопатологическом обследовании насаждений и др. [2].

Для лесного хозяйства по-прежнему весьма актуальна борьба с лесными пожарами. Основным и, как правило, единственным способом обнаружения лесного пожара является авиатрулирование [1], при котором используют в основном дорогостоящие самолеты АН-2 и тяжелые вертолеты Ми-8 и Ми-2. Замена их мотодельтапланами на части маршрутов могла бы существенно снизить затраты.

Для оценки эффективности применения мотодельтапланов сравнивали стоимость обслуживания патрульного маршрута МДП и самолетами АН-2 при одинаковой вероятности своевременного обнаружения пожара и оптимальном расписании полетов.

Зависимость вероятности своевременного обнаружения пожара  $P_{св}$  от длины патрульного маршрута  $L$  при оптимальном расписании полетов определяли для одинаковых условий и различной кратности патрулирования с помощью задачи нелинейного программирования [3], которая решается сеточным методом динамического программирования. Результаты расчетов приведены на рис. 1.

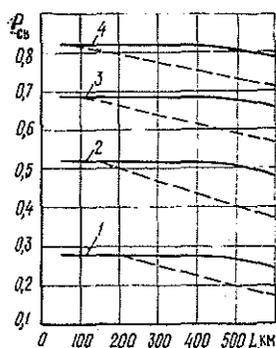


Рис. 1. Зависимость  $P_{св}$  ( $L$ ) при кратности патрулирования, равной 1, 2, 3 и 4 (кривые 1, 2, 3, 4); сплошная линия — самолет АН-2, штриховая — МДП

Как видно из рисунка, увеличение протяженности патрульных маршрутов, начиная с некоторой их длины, ведет к снижению вероятности своевременного обнаружения пожара, особенно при использовании МДП. Длина маршрута, с которой начинается уменьшение эффективности патрулирования МДП, меньше, чем для АН-2, а сама эффективность патрулирования снижается гораздо быстрее с увеличением длины маршрута.

Расчеты показали, что при небольшой протяженности патрульных маршрутов (рис. 1) вероятность своевременного обнаружения пожара одинакова для самолета и МДП. При однократном патрулировании и оптимальном расписании полетов величина  $P_{св}$  на маршруте длиной до 200 км максимальна и одинакова. Обозначим ее через  $L_{кр}$ . Тогда стоимость обслуживания маршрута  $C_{об}$ , р., может быть определена по формуле

$$C_{об} = \frac{L_{кр}}{V} C_{л.ч.}$$

где  $V$  — путевая скорость патрульного воздушного судна, км/ч;  
 $C_{л.ч.}$  — стоимость летного часа, р.

Путевая скорость самолета АН-2 170 км/ч, МДП — 70 км/ч. По данным КБ Антонова, в конце 80-х гг. стоимость летного часа составляла соответственно 170 и 30 р. Поскольку в настоящее время используют договорные цены, расчет производили в относительных условных ценах, исходя из приведенного соотношения. Если стоимость летного часа самолета АН-2 принять за 100 условных рублей (у. р.), то для МДП она составит 18 у. р.

С учетом названных показателей по формуле (1) получим, что на обслуживание патрульного маршрута длиной 200 км самолетом нужно затратить 118, МДП — 51 у. р. Однако при однократном патрулировании и оптимальном расписании полетов вероятность своевременного обнаружения пожара самолетом АН-2 остается максимальной до длины маршрута 470 км, тогда как для МДП при длине маршрута свыше 200 км она начинает резко падать. Поэтому для обслуживания маршрута протяженностью 470 км с максимальной вероятностью своевременного обнаружения необходимо (при однократном патрулировании) иметь четыре МДП. Стоимость обслуживания такого маршрута самолетом АН-2 составит 276, четырем МДП (с максимальной дальностью полета по маршруту 140 км) — 121 у. р. Используемая методика не учитывает начальную стоимость воздушного судна и моторесурс МДП (который пока неизвестен).

С увеличением кратности патрулирования  $KR$  возрастает вероятность своевременного обнаружения пожара (рис. 1) и уменьшается критическая длина патрульного маршрута  $L_{кр}$  (рис. 2), превышение ко-

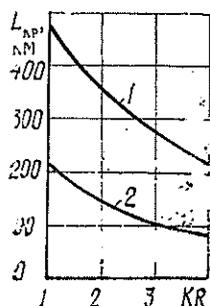


Рис. 2. Зависимость  $L_{кр}$  ( $KR$ ):  
 1 — самолет АН-2; 2 — МДП

торой приводит к снижению  $P_{св}$ . В случае двукратного патрулирования для самолета АН-2 и МДП  $L_{пр}$  соответственно равна 340 и 140 км.

Расчеты показали, что при двукратном патрулировании и длине маршрута 140 км стоимость обслуживания маршрута самолетом АН-2 равна 165, МДП — 72 у. р., при длине маршрута 340 км стоимость обслуживания маршрута самолетом АН-2 составляет 400, а тремя МДП (с такой же эффективностью) — 174 у. р.

С повышением пожарной опасности в лесу необходимо переходить на трехкратное патрулирование. При этом, как видно из рис. 1, критическая длина маршрута  $L_{кр}$  для самолета АН-2 и МДП равна соответственно 270 и 105 км. В этом случае на маршруте 105 км стоимость его обслуживания самолетом АН-2 составит 185, МДП — 81, на маршруте 270 км соответственно 477 и 203 у. р.

Как показали эксперименты, для передачи информации о пожарах с МДП могут быть использованы радиотехнические средства. Оптимальная высота полета — 300 м. При этой высоте дальность устойчивой радиосвязи МДП с наземными станциями типа «Кактус-М» и «Лен-В» (1Р21В-3) достигала 20 км, с радиостанцией «Ласточка-М» — 6 км. Можно предположить, что при использовании стационарной радиостанции 1Р21С-5 устойчивая радиосвязь с МДП будет поддерживаться на расстоянии до 40 км. Частота, на которой работают радиостанции, используемые в лесном хозяйстве (36,375 МГц), лежит вне диапазона электрических помех, вызываемых электрооборудованием МДП. Применение электромегафона «ЭМ-12» оказалось неэффективным при высоте полета 25 м из-за чрезмерной скорости перемещения источника звука, при высоте полета 50 м — в связи с недостаточной мощностью прибора.

Таким образом, стоимость обслуживания маршрута МДП (при одинаковой вероятности своевременного обнаружения лесного пожара) в среднем в 2, 3 раза ниже, чем при использовании самолета АН-2.

Наиболее перспективно авиатрулирование МДП в рекреационных лесах, в лесопарковых зонах, где маршруты имеют небольшую протяженность и развита сеть дорог. Для обслуживания маршрутов большой протяженности необходимо разрабатывать конструкции МДП, обеспечивающие повышение скорости и дальности полетов. Например, МДП французского производства способен обслуживать маршрут длиной 315 км. Частичная замена самолетов и вертолетов МДП позволит обеспечить экономию горюче-смазочных материалов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Коровин Г. Н., Андреев Н. А. Авиационная охрана лесов.— М.: Агропромиздат, 1988.— 223 с. [2]. Красновидов А. Н., Мартынов А. Н. Перспективы применения мотодельтапланов в лесном хозяйстве // Лесн. хоз-во.— 1991.— № 1.— С. 44—45. [3]. Шур Ю. З. Составление оптимального расписания патрульных маршрутов // Экономико-математическое моделирование лесохозяйственных мероприятий: Сб. науч. тр. ЛенНИИЛХ.— Л., 1980.— С. 78—83.

Поступила 3 марта 1993 г.

УДК 630\*114.14 : 582.475.2.001.57

**МОДЕЛИРОВАНИЕ  
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЕЛОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ  
В СВЯЗИ С МЕХАНИЧЕСКИМ СОСТАВОМ ПОЧВЫ,  
УРОВНЕМ И УКЛОНОМ ГРУНТОВЫХ ВОД\***

Н. В. КОСТИН, В. В. ЖИВОТОВСКИЙ, В. Ф. ИВАНОВ

Институт леса КарНЦ РАН

Как известно, от механического состава почвы зависит целый ряд ее физических свойств, в частности тепловой, водный и воздушный режимы и, как следствие, особенности протекания многих биохимических процессов у растений. Исключительно большое значение механическому составу почвы придавал основатель отечественного почвоведения В. В. Докучаев [2], который разработал первую классификацию земель, впервые примененную в Нижегородской губернии в 1882—1887 гг. и основанную главным образом на этом показателе.

Разными авторами показано, что повышение количества физической глины в почве благоприятно сказывается на росте еловых лесов [1, 5, 6, 9—12], однако мнения об оптимальном ее содержании различны.

Для определения влияния данного фактора на рост ельников и математического описания (моделирования) его динамики мы использовали метод структурно-экологических рядов [7]. Согласно этому методу каждый исследуемый экологический фактор рассматривается отдельно (изолированно), т. е. влияние его на биогеоценоз изучается на фоне других факторов, достаточно сходных или изученных ранее. При этом должно также соблюдаться условие однородности структуры и строения древостоев.

Наши исследования проводились в 1986—1987 гг. в климатически однородном приграничном районе северной части Ленинградской области (Свирское лесничество Ладейнопольского КЛПХ) и юга Карелии (Ихольское и Хиитольское лесничества Лахденпохского КЛПХ). Объектами служили чистые по составу или с небольшой (до трех единиц) примесью пород, простые по строению и возрастной структуре высокополнотные еловые насаждения естественного происхождения, не затронутые пожарами и хозяйственной деятельностью. В этих лесных массивах изучали также влияние на рост ели глубины залегания и проточности грунтовых вод [3].

Для сравнительного анализа производительности ельников условия их местопроизрастания подбирали с расчетом составления экологических рядов, однородных по глубине залегания грунтовых вод (эталон 1), их проточности (эталон 2) и механическому составу почвы (эталон 3).

Для оценки производительности исследуемых насаждений определяли их бонитет, соответствующий средней высоте в возрасте 50 лет —  $H_{50}$ . Для этого на выбранных участках закладывали лесоводственно-таксационные пробные площади, где производили сплошной пересчет и находили средний диаметр. В центральных ступенях толщины отбирали

\* В порядке постановки вопроса.

модельные деревья, у которых замеряли высоту, диаметр на высоте груди и подсчитывали число годичных слоев в основании ствола. Среднюю высоту древостоя определяли по кривой высот, построенной на основании среднего диаметра моделей. Высоту древостоев на пробных площадях приводили к возрасту 50 лет по бонитировочной шкале [4] путем редуцирования фактических данных.

Для определения гранулометрического состава почвы отбирали образцы из почвенных разрезов с глубины 0...50 и 50...100 см.

На пробных площадях замеряли глубину залегания грунтовых вод. Для этого бурили 4-5 скважин до постоянного уровня воды. Полученные показатели приводили к середине периода вегетации [8] и находили среднее их значение.

Степень проточности грунтовой воды характеризовали показателем ее уклона (%), который определяли для каждой пары точек (скважин) инструментальной нивелировкой. Наибольшее значение принимали в качестве общего (генерального) уклона.

Всего в данном географическом районе отобрано и детально изучено 33 еловых насаждения, из них 14 произрастают на песчаных почвах, 8 — на супесях, 3 — на суглинках и 8 — на глинистых почвах.

Степень влияния глинистой почвы на бонитет ели выявляли сопоставляя фактические значения показателя  $H_{50}$  с полученными по уравнению эталона 2

$$H_{50} = (20,15 \text{ УГВ} - 9,856 \text{ УГВ}^2 + 2,1374 \text{ УГВ}^3 - 0,17282 \text{ УГВ}^4) \times \left(1 + \frac{0,8a}{(a+3)(\text{УГВ} + 0,2)^2}\right),$$

где УГВ — уровень грунтовых вод в середине вегетационного периода, м;

$a$  — уклон грунтовых вод, %.

Данное уравнение отражает влияние глубины залегания и проточности (уклона) грунтовых вод на производительность ели. Исследования вели на однородных по механическому составу мощных песчаных отложениях. Абсолютное большинство насаждений произрастает на связных песках со средним содержанием в них глинозема 8 %.

Результаты соотношения фактических значений  $H_{50}$  с расчетными (по эталону 2) сгруппированы с учетом содержания глинозема в почве и глубины грунтовых вод (см. таблицу).

Из данных таблицы видно, что при содержании в почве физической глины 4...6 % производительность насаждений ниже, чем при 6...10 % («фоновое» значение для эталона 2 равно 8 %). С повышением процента глинозема рост улучшается, особенно при глубоком (2...4 м и более) залегании грунтовых вод.

С учетом сказанного нами проанализированы 20 насаждений, произрастающих в условиях глубокого (более 4 м) УГВ, когда грунтовые воды уже не оказывают влияния на производительность насаждений, а

Содержание физической глины, %	Производительность еловых насаждений, % от эталона 2, при глубине грунтовых вод, м			
	0,5...1,0	1...2	2...4	> 4
4...6	—	77	83	—
6...10	105	90	99	100
10...20	95	95	116	118
20...50	—	—	—	119
50...100	—	—	—	113

водно-воздушный режим в пределах ризосферы зависит только от гранулометрического состава почвогрунта. Взаимосвязь высоты насаждений  $H_{50}$  с содержанием физической глины (Гл) в почве (рис. 1) математически может быть описана формулой

$$H_{50} = 20,6 - 40,6/\text{Гл} - 0,0005 \text{Гл}^2.$$

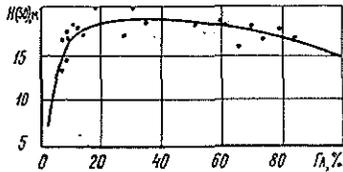


Рис. 1. Зависимость высоты 50-летних насаждений от содержания физической глины в почве при глубоком залегании грунтовых вод

Согласно этому уравнению максимальная производительность соответствует 35 %-му содержанию глинозема в почве, т. е. условиям среднего суглинка. Водно-воздушный режим данной почвенной разновидности, по-видимому, можно считать оптимальным для корневых систем ели. На песчаных почвах (Гл = 5 %) высота ельников составляет 66 % от максимума, на супесях (Гл = 15 %) — 94 %.

При содержании глинозема свыше 35 % почва становится плотной. Ухудшение ее аэрации и накопление избыточной влаги вызывают закономерное снижение производительности ельников. На глинистых почвах высота 50-летних насаждений составляет 0,8—0,9 от значения для среднего суглинка.

В то же время, как видно из таблицы, влияние механического состава почвогрунта на рост ели зависит от глубины залегания грунтовых вод: чем выше УГВ, тем оно сильнее. С понижением УГВ «приоритет» влияния на производительность насаждений постепенно переходит к почвогрунту, в частности к его гранулометрическому составу.

Зависимость высоты 50-летних ельников от содержания физической глины с учетом глубины залегания грунтовых вод (рис. 2) может быть выражена формулой

$$H_{отн} = 1 + (1,46 - 14,5/\text{Гл} - 0,0001 \text{Гл}^2)(-0,09 \text{УГВ} + 0,145 \text{УГВ}^2 - 0,0417 \text{УГВ}^3 + 0,0036 \text{УГВ}^4),$$

где  $H_{отн}$  — высота древостоя в возрасте 50 лет, доли от эталона 2.

Из рисунка видно, что влияние грунтовых вод снижается по мере увеличения глубины их залегания. Если при УГВ = 4 м и более раз-

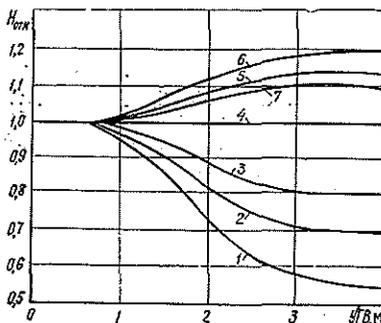


Рис. 2. Зависимость высоты насаждений от содержания физической глины в почве и глубины залегания грунтовых вод: 1—7 — содержание глины соответственно 4, 5, 6, 8, 15, 35 и 80 %

ницу между максимальной (Гл = 35 %) и минимальной (Гл = 4 %) высотой принять за 100 %, то при УГВ 3 м она составит 95 %, 2 м — 57 %, 1 м — 10 %.

В результате исследований получена формула, отражающая динамику высоты 50-летних ельников в данном географическом (климатическом) районе с учетом влияния глубины залегания и уклона грунтовых вод, а также содержания физической глины в почве (эталон 3):

$$H_{50} = (20,15 \text{ УГВ} - 9,856 \text{ УГВ}^2 + 2,1374 \text{ УГВ}^3 - 0,17282 \text{ УГВ}^4) \times \\ \times \left( 1 + \frac{0,8a}{(a+3)(\text{УГВ} + 0,2)^2} \right) [1 + (1,46 - 14,5/\text{Гл} - 0,0001 \text{ Гл}^2) \times \\ \times (-0,09 \text{ УГВ} + 0,145 \text{ УГВ}^2 - 0,0417 \text{ УГВ}^3 + 0,0036 \text{ УГВ}^4)].$$

Точность полученной модели в сравнении с вторым эталоном определяли сопоставлением с фактическими данными. Получены следующие результаты:

	$\sigma$ , %	R	R <sup>2</sup>
Эталон 2	14,3	0,52	0,27
Эталон 3	9,2	0,84	0,70

Приведенные данные показывают, что при включении в модель параметра, учитывающего механический состав почвы, отклонение фактических значений от расчетных  $\sigma$  уменьшается в 1,5 раза, а квадрат коэффициента корреляции R<sup>2</sup> возрастает от 0,27 до 0,70, т. е. формула эталона 3, учитывающая глубину залегания, уклон грунтовых вод и содержание физической глины в почве, на 70 % описывает зависимость высоты ельников от условий местопроизрастания.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Борук А. Я. Бонитровка и экономическая оценка земель.— М.: Колос, 1972.  
 [2]. Докучаев В. В. Нижегородские работы 1882—1887. Ч. 1 // Соч. Т. 4.— М.; Л., 1950.— 414 с. [3]. Животовский В. В., Иванов В. Ф. Рост еловых насаждений в связи с гидрологическими условиями местопроизрастания // Теория лесообразовательного процесса: Тез. докл. Всесоюз. совещ.— Красноярск, 1991.— С. 53—54.  
 [4]. Загреев В. В., Брук Б. Л., Загреева А. И. Единые бонитровочные шкалы для оценки продуктивности сосновых и еловых насаждений // Современное лесоустройство и таксация леса.— М.: Лесн. пром-сть, 1974.— С. 126—157. [5]. Зелников В. Д. Почвы и бонитет насаждений.— М.: Лесн. пром-сть, 1971.— 119 с. [6]. Казимиров Н. И. Ельники Карелии.— Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1971.— 140 с.  
 [7]. Казимиров Н. И. Проблемы и методические подходы в моделировании лесных биогеоценозов // Моделирование лесных биогеоценозов.— Петрозаводск: КФ АН СССР, 1986.— С. 5—12. [8]. Казимиров Н. И., Животовский В. В. Математическая модель динамики уровня грунтовых вод в сосновых насаждениях на песчаных почвах // Докл. ВАСХНИЛ.— 1987.— № 1.— С. 41—43. [9]. Лосицкий К. Б., Чуенков В. С. Эталонные леса.— М.: Лесн. пром-сть, 1980.— 191 с. [10]. Пшоннова В. Г. Влияние физических свойств почвы на продуктивность леса // Вопросы почвоведения и продуктивность насаждений: Тр. Москов. лесотехн. ин-та.— 1970.— Вып. 33.— С. 70—72. [11]. Чертов О. Г. Экология лесных земель.— Л.: Наука, 1981.— 192 с. [12]. Чертовской В. Г. Еловые леса европейской части СССР.— М.: Лесн. пром-сть, 1978.— 176 с.

Поступила 3 февраля 1993 г.

УДК 630\*18 : 630\*522.3

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛЕСНЫХ БИОГЕОЦЕНОЗОВ

*Н. И. КАЗИМИРОВ*

Институт леса КарНЦ РАН

В последние годы в связи с усилением антропогенного воздействия на окружающую среду и переходом лесного хозяйства на экономические методы его ведения перед лесоводственной наукой и практикой возникли новые проблемы: слежение за состоянием лесных экосистем (мониторинг), широкое использование лесов в рекреационных целях, выявление и усиление их биосферной роли, экономическая оценка лесных, в том числе недревесных, ресурсов, разработка лесного земельного кадастра и др. Существующие знания по экологии лесов на качественном уровне уже недостаточны для научного и практического решения этих проблем. Нужна количественная экология, основанная на строгой, измеренной числом, реакции древесных растений на те или иные изменения параметров внешней среды.

Необходимость разработки количественной экологии подтверждается возрастанием числа публикаций с указанием важности оценки лесорастительных условий «мерой и числом» ([1, 2, 4, 6, 7] и др.). Этой же проблеме посвящено и наше сообщение, в котором отражены некоторые результаты комплексного изучения лесов таежной зоны и других лесорастительных зон России.

При проведении исследований уделялось внимание структурной организации и функциональной деятельности лесных биогеоценозов. Были изучены фитомасса насаждений, текущий прирост, опад и деструкция органического вещества, зольный состав растений и круговорот элементов питания, баланс газообмена, потребление и аккумуляция солнечной энергии, использование растениями воды.

Полученные данные о формировании органической массы показали, что в сосновых, еловых и березовых насаждениях таежной зоны близки значения общего годичного прироста (около 6 т/га), но заметно различаются показатели накопления запаса древесины (соответственно 2,4; 2,2 и 1,6 т/га). В общем текущем приросте стволовая древесина составляет всего 34...40 %, в опаде — 20...25 %. Основная доля прироста и опада приходится на органы с коротким периодом жизни (хвоя и надземные части растений напочвенного покрова), представляющие собой обменную часть органического вещества.

Процесс деструкции растительных остатков из-за нехватки тепла значительно отстает (на 10...15 %) от хода поступления опада, вследствие чего в насаждениях накапливается лесная подстилка. За 100-летний период ее масса достигает 40...50 т на 1 га. В ней содержится от 800 до 1400 кг элементов минерального питания, которых хватило бы на 50...80 лет жизни нового поколения леса. Эти данные говорят о том, что усиление минерализации подстилки может стать важным мероприятием по улучшению режима питания древесных растений и повышению продуктивности насаждений. Между тем основная масса подстилки после сплошной рубки леса часто сгорает или служит источником массового развития травянистой растительности.

Неполная минерализация лесной подстилки приводит также к повышению концентрации органики в водах рек и озер. Установлено, что в водоемы ежегодно поступает 1...2 % полуразложившихся органических соединений в форме гуминовых кислот, которые меняют окраску воды и ее вкусовые качества. Для предотвращения этих явлений, по видимому, необходимо периодическое известкование почв.

В средних по продуктивности (III класс бонитета) лесных насаждениях сравнительно высок круговорот элементов минерального питания (около 200 кг в год — в хвойных и 300 кг — в березовых насаждениях). В то же время расходуются они экономно: в среднем за 100-летний период в многолетних частях деревьев (ствол, корни, крупные ветви) ежегодно закрепляется 15...18 % азота и зольных элементов от общего потребления на прирост или 7...9 % от всего круговорота этих веществ.

Изучение потоков азота и зольных элементов показало также, что лесные биогеоценозы оказывают значительное влияние на химический состав почвы. Хвойные насаждения относительно обедняют ее азотом, калием, кальцием, магнием, фосфором и обогащают кремнием, алюминием, железом и серой. Березняки же влияют преимущественно противоположным образом. Отсюда следует, что многолетние монокультуры хвойных пород приводят к снижению плодородия почвы (и продуктивности последующих поколений леса). Для достижения сбалансированного обмена веществ в состав насаждений целесообразно вводить определенную примесь березы или ольхи серой, опад которых богат основными элементами — органогенами, или периодически вносить в почву минеральные удобрения, прежде всего азотные.

В процессе газообмена в период активной жизнедеятельности растений хвойные насаждения ежегодно усваивают до 10...12 т углерода и выделяют около 9 т кислорода на 1 га. При разложении же растительного опада на его окисление расходуется около 6 т кислорода и высвобождается до 7 т углерода. Таким образом, баланс по кислороду составляет примерно 3 т, что равно семи нормам годового потребления человеком. Эти данные свидетельствуют о важной и значительной биосферной роли лесных экосистем в повышении содержания кислорода в приземном слое воздуха и, несомненно, должны учитываться при решении вопросов оптимизации лесистости территории и выделения зеленых зон вокруг городов и населенных пунктов.

Основными расходными статьями баланса солнечной энергии являются затраты ее на испарение влаги (45...48 %), нагрев почвы и растений и турбулентный обмен (34...39 %), альbedo подстилающей поверхности (15...18 %). На текущий прирост насаждения используют всего 0,5...0,6 %, что соизмеримо с потреблением ее зерновыми культурами на формирование урожая. Из общего количества приходящей солнечной энергии лесные насаждения используют для своей жизнедеятельности 60...70 %.

Изучение водного обмена в насаждениях средней продуктивности показало, что для отправления ими жизненных функций необходимо около 2,5 тыс. т воды на 1 га, или 450...500 т на 1 м<sup>3</sup> прироста древесины. На формирование текущего прироста фитомассы и метаболизм клеточных структур используется около 2 % поступающей из атмосферы влаги.

Благодаря сглаживанию перепада температур и влажности воздуха, лесные насаждения значительно увеличивают и регулируют внутрисочвенный сток воды, который в лесах таежной зоны составляет 0,8...1,0 тыс. т на 1 га, или 12...16 % поступающих осадков.

Изучение обмена веществ и энергии в лесных экосистемах, с одной стороны, подтверждает известную роль насаждений в выполнении ими

разнообразных функций, а с другой — дает объективное основание намечать пути и разрабатывать конкретные лесоводственные меры по повышению их продуктивности и усилению полезных свойств.

Исследования показали также, что интенсивность обмена веществ, и, следовательно, значимость функциональной роли у разных насаждений неодинакова и в то же время тесно связана с приростом органической массы. Это вполне объяснимо, если учесть, что прирост насаждений является всего лишь одним из многих взаимосвязанных процессов жизнедеятельности насаждений, а их интенсивность всецело зависит от степени благоприятности условий местопроизрастания. В связи с отмеченным важно рассмотреть состав факторов среды, влияющих на продуктивность насаждений, и показать характер и меру их влияния. В сосновых лесах выполнены комплексные исследования биогеоценозов в разных климатических районах России и Украины (от Мурманской области до Херсонской) с охватом большого разнообразия почвенно-гидрологических условий. Разработана специальная методика учета раздельного влияния экологических факторов [5].

Как выяснилось, продуктивность сосновых насаждений зависит от теплового баланса местности и количества осадков, глубины залегания и проточности грунтовых вод, механического состава мелкозема почвы и ее каменности. При различном сочетании параметров этих факторов продуктивность насаждений на указанной территории изменяется от Vб до Iв класса бонитета, т. е. в пределах 10 классов. Полученные материалы позволили выявить меру влияния каждого изученного экологического фактора и на этой основе разработать математическую модель динамики экологической продуктивности сосняков (рис. 1). Данная модель имеет вид

$$H_{50} = \left(41,66 - \frac{38\,560}{\Sigma t + 500}\right) \left(1 - \frac{0,01 \Sigma t}{O_c}\right) (1,297 \text{ УГВ} - 0,679 \text{ УГВ}^2 + \\ + 0,127 \text{ УГВ}^3 - 0,0081 \text{ УГВ}^4) \left[1 + \frac{\alpha}{(\alpha + 3)(\text{УГВ} + 0,45)^3}\right] [1 - \\ - 0,000036 P_k^2 (0,3 + 0,05 \text{ УГВ})] [1 - 0,00014 C_k^2 (0,3 + 0,5 \text{ УГВ})] \left[1 + \right. \\ \left. + \left(2,53 - \frac{35}{\Gamma_l + 10} - 0,00018 \Gamma_l^2\right) (0,135 \text{ УГВ} - 0,177 \text{ УГВ}^2 + \right. \\ \left. + 0,098 \text{ УГВ}^3 - 0,012 \text{ УГВ}^4)\right],$$

где  $H_{50}$  — средняя высота 50-летних насаждений, м;  
 $\Sigma t$  — сумма температур  $+10^\circ$  и выше, град;  
 $O_c$  — годовое количество осадков, мм;  
 УГВ — глубина залегания грунтовых вод в середине вегетации, м;  
 $\alpha$  — уклон (проточность) грунтовых вод, %;  
 $P_k, \Gamma_l$  — содержание в почве крупного песка и глины, % от мелкозема;  
 $C_k$  — содержание скелетных частиц в почве, % от объема.

Установлено, что для роста сосны большое значение имеет механический состав почвы, прежде всего содержание в ней физической глины. Этот фактор определяет режим водоснабжения растений и обеспеченность элементами минерального питания. Наиболее интенсивный рост сосняков отмечается на суглинистых почвах с содержанием физической глины 35...55 %.

Исключительно большое значение механическому составу почвы придавал В. В. Докучаев [3], который впервые разработал классифика-

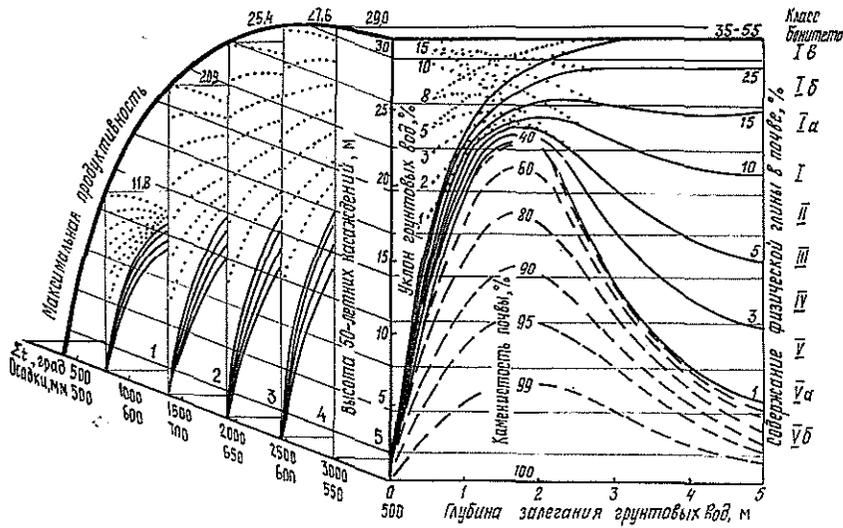


Рис. 1. Графическая модель продуктивности сосновых насаждений в связи с изменением параметров экологических факторов: 1 — притундровые леса; 2 — средняя тайга; 3 — смешанные леса; 4 — лесостепь; 5 — степь

цию и осуществил на практике бонитировку пахотных земель Нижегородской губернии, основанную на данном признаке почв.

На легких по механическому составу почвах интенсивность роста насаждений на 30...40 % и более зависит от наличия грунтовых вод. Продуктивность сильно изменяется в зависимости от параметров этого фактора. Она максимальна, когда грунтовые воды залегают на глубине 1,5...2,0 м. В этих условиях корневые системы растений успешно добывают необходимую влагу и в то же время не испытывают недостатка в кислороде. При поверхностном расположении грунтовых вод и слабой их проточности сосновые насаждения растут крайне медленно либо вообще отсутствуют, уступая место болотным биогеоценозам. В случае глубокого залегания вод (5 м и более) продуктивность насаждений из-за недостатка влаги не превышает 50 % от максимума.

При близком к поверхности почвы расположении грунтовых вод продуктивность насаждений зависит от степени проточности влаги, их уклона относительно горизонтали. Чем больше уклон грунтовых вод, тем интенсивнее рост насаждений. При уклоне более 15 % они достигают наивысшей продуктивности, сравниваясь с сосняками на суглинках. Данная закономерность обусловлена высокой насыщенностью влаги кислородом и интенсивным поступлением с водой элементов минерального питания растений.

На рост насаждений заметное влияние оказывает каменистость почвы. Фракции крупного песка, хрящ, камни и крупные валуны значительно уменьшают содержание питательных веществ и влаги и уплотняют грунт, что вызывает снижение окислительно-восстановительного потенциала почвы и, как следствие, прироста насаждений. Ощутимое отрицательное влияние данного экологического фактора отмечается при объеме скелета более 30 % от общего объема почвы. Оно постепенно возрастает при увеличении степени каменистости грунта.

Максимальная продуктивность сосновых насаждений (без учета климата и каменистости почвы) проявляется в следующих эдафических условиях:

а) при любом механическом составе рыхлых отложений, если грунтовые воды залегают не глубже 1 м и характеризуются высшей степенью проточности;

б) на супесях и легких суглинках при глубине грунтовых вод 1...2 м и уклоне их более 5 %;

в) на средних и тяжелых суглинках при глубине грунтовых вод более 2 м, независимо от их проточности.

Динамика продуктивности насаждений тесно связана с суммой эффективных температур ( $+10^{\circ}\text{C}$  и выше) и годовым количеством осадков. Из левой части рис. 1 видно, что зависимость между этими показателями описывается кривой линией и отличается постепенным ослаблением темпов роста продуктивности леса при увеличении температуры. В зональном разрезе максимально продуктивные сосняки (на лучших почвах) характеризуются следующими классами бонитета: в притундровых лесах — IV, в среднетаежной подзоне — I, в зоне смешанных лесов — Ib, в лесостепной и степной — Iv.

Установленные закономерности создают основу для выявления обмена веществ и энергии как по отдельным лесным экосистемам, так и по крупным массивам леса и географическим районам. Эти сведения могут быть использованы для количественной оценки планетарной биосферной роли лесов, что в условиях широкомасштабной, часто с негативными последствиями, хозяйственной деятельности особенно важно при решении проблем экологии. Количественная характеристика функциональной жизнедеятельности лесных экосистем будет способствовать и более качественному планированию лесоводственных мероприятий по повышению продуктивности лесов, их водоохранной и защитной роли.

В настоящее время перед лесным хозяйством стоит задача по разработке и составлению кадастра лесных земель в зависимости от их плодородия. Она может быть решена с помощью математических моделей экологической продуктивности насаждений и данных учета лесного фонда по выделам.

Из сказанного нетрудно понять, что упомянутые модели представляют собой не что иное, как модели плодородия почв (применительно к древесным породам), построенные на базе гидрофизических свойств самих почв и климатических условий. Поэтому при наличии необходимой информации об этих свойствах можно создавать лесной земельный кадастр, непосредственно используя данные модели. К сожалению, такая информация об эдафических условиях по выделам лесного фонда отсутствует, что вызывает необходимость других подходов к решению задачи. В этих целях можно использовать лесоводственно-таксационные описания лесных участков (выделов) с указанием для каждого из них типа леса, которые приводятся в документах по учету лесного фонда.

Главная суть идеи использования типов леса при разработке земельного кадастра состоит в том, что по описанию почвенных условий можно найти место каждого типа леса (экологическую нишу) на эдафическом поле продуктивности насаждений, описываемом математической моделью по параметрам эдафических факторов, и таким образом установить для него степень плодородия почвы.

При реализации этой идеи обобщены характеристики типов леса по данным ряда авторов ([8—12] и др.) с установлением состава, зонального распространения, местоположения в рельефе, почвенных условий, глубины залегания грунтовых вод и классов бонитета насаждений. Кроме того, по справочной литературе для каждого района (административной области) найдены климатические данные, в частности сумма эффективных температур и количество осадков, и сделана привязка продуктивности (класса бонитета) типов леса. Эта работа позволила установить координаты каждого типа леса на эдафическом поле пло-

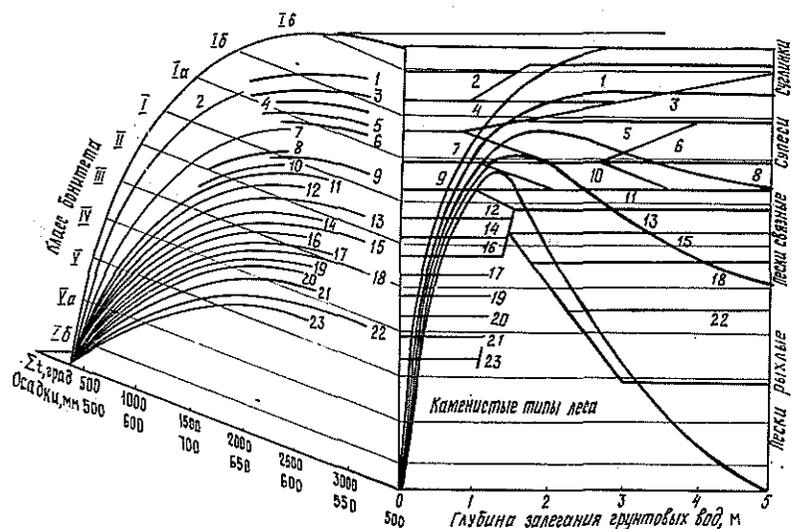


Рис. 2. Экологические ниши типов сосновых лесов на эдафическом поле плодородия и климатическая динамика их продуктивности: 1 — липово-дубовый; 2 — широколиственный; 3 — дубовый; 4 — грабово-дубовый; 5 — липовый; 6 — лещиновый; 7 — кисличный; 8 — орляковый; 9 — дубовый влажный; 10 — мшистый; 11 — черничный; 12 — травяной; 13 — брусничный; 14 — долгомошно-черничный; 15 — вересковый; 16 — приручейный; 17 — долгомошный; 18 — лишайниковый; 19 — багульниковый; 20 — осоковый; 21 — осоково-сфагновый; 22 — дюнный; 23 — сфагновый

дородия и описать динамику их продуктивности в связи с изменением климатических условий на европейской территории России (рис. 2).

В качестве примера рассмотрим тип леса сосняк черничный, представленный кривой 11. Согласно данным на рис. 1 и 2 условия местобитания этого типа леса характеризуются широкой амплитудой механического состава рыхлых отложений (от грубозернистых песков до супесей и суглинков), залеганием грунтовых вод на глубине 1... 5 м и более, слабой проточностью почвенно-грунтовой влаги. Распространен от зоны притундровых лесов до лесостепи. Его смежными типами леса из сосновой формации являются сосняки брусничный, орляковый, мшистый, дубовый влажный и травяной. Древоостон по продуктивности в зависимости от лесорастительной зоны относится к V—I классам бонитета, плодородие почв составляет в среднем 66 % от максимального в местном климате. Климатическая динамика его продуктивности по показателю средней высоты древостоя в возрасте 50 лет ( $H_{50}$ ) описывается уравнением регрессии

$$H_{50} = \left( 27,5 - \frac{25\,450}{\Sigma t + 500} \right) \left( 1 - \frac{0,01 \Sigma t}{Oc} \right).$$

Приведенные материалы показывают, что изучение экологии лесов на количественной основе является весьма эффективным направлением исследований в лесоведении, позволяющим решать многие лесоводственные и биогеоценологические проблемы на высоком научном уровне.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Агроресомелиорация и плодородие почв / Е. С. Павловский, Ю. И. Васильев, К. И. Зайченко и др.—М.: Агропромиздат, 1991.—288 с. [2]. Баранов А. Ф. Влияние климатических факторов на производительность еловых древостоев // Лесц.

хоз-во.—1980.—№ 1. [3]. Докучаев В. В. К вопросу о переоценке земель Европейской и Азиатской России с классификацией почв // Соч. Т. 6.—М.; Л.: АН СССР, 1951.—С. 256—344. [4]. Зеликов В. Д. Почвы и бонитет насаждений.—М.: Лесн. пром-сть, 1971.—119 с. [5]. Казимиров Н. И. Проблемы и методические подходы в моделировании лесных биогеоценозов // Моделирование лесных биогеоценозов.—Петрозаводск: Кар. фил. АН СССР, 1986.—С. 5—12. [6]. Лосицкий К. Б., Чуенков В. С. Эталонные леса.—М.: Лесн. пром-сть, 1980.—192 с. [7]. Мелехов И. С. Лесоведение. Учеб. для вузов.—М.: Лесн. пром-сть, 1980.—408 с. [8]. Мелехов И. С., Чертовской В. Г., Монсеев Н. А. Леса Архангельской и Вологодской областей // Леса СССР, 1966—1970.—Т. 1.—С. 78—156. [9]. Напалков Н. В. Леса Чувашской, Татарской АССР и Ульяновской области // Леса СССР, 1966—1970.—Т. 2.—С. 367—423. [10]. Попов В. В. Леса Тульской области // Леса СССР, 1966—1970.—Т. 3.—С. 5—32. [11]. Рысин Л. П. Сосновые леса европейской части СССР.—М., 1975.—212 с. [12]. Юркевич И. Д., Ярошевич Э. П. Биологическая продуктивность типов и ассоциаций сосновых лесов.—Минск, 1974.—296 с.

---

Поступила 15 сентября 1993 г.

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 630\* : 629.114.2

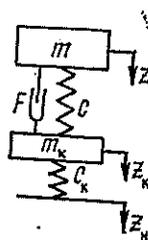
ОПТИМИЗАЦИЯ НЕЛИНЕЙНОГО ТРЕНИЯ  
В ПОДВЕСЕ ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

В. И. ВАРАВА

С.-Петербургская лесотехническая академия

Цель исследования — поиск оптимальных параметров нелинейного демпфирования в подвесе транспортных машин методом статистической линеаризации для стохастической рессорной системы [1, 2]. Особенность задачи состоит в том, что в подвесе большинства машин устанавливаются листовые рессоры с фрикционным трением  $F_\phi \approx F_0 \operatorname{sign} \dot{x}$  или пружины с гидrogасителями квадратичного вязкого трения  $F_\gamma \approx \gamma \dot{x}^2 \operatorname{sign} \dot{x}$ ,  $\dot{x} \leq \dot{x}_m$ .

Упрощенная схема подвеса представлена на рисунке, где обозначены:  $m$ ,  $m_k$  — масса кузова, отнесенная к передней или задней оси, и масса колесной пары с мостом или без него;  $c$ ,  $c_k$  — параметры жесткости переднего или заднего подвеса кузова и шин колесной пары или тележки.



Спектральную плотность микропрофиля дороги аппроксимируем известным выражением, реально отражающим широкополосный спектр воздействия пути:

$$S_n(\omega) = \zeta v \omega^{-2}, \quad \zeta = 2D_n a_1, \quad a_1 = 0,05 \dots 0,1b; \quad (1)$$

а нелинейное трение линеаризуем минимизацией дисперсии уклонения от линейного сопротивления  $F = \beta \dot{x}$ :

$$D = \int_{-\infty}^{\infty} (F(\dot{x}) - \beta \dot{x})^2 f(\dot{x}) d\dot{x} \rightarrow \min, \quad \beta = \sigma_{\dot{x}}^2 \int_{-\infty}^{\infty} F(\dot{x}) \dot{x} f(\dot{x}) d\dot{x}. \quad (2)$$

Для нормального закона распределения и упомянутых релейного и вязкого трений имеем

$$\beta = \beta_\phi = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \frac{F_0}{\sigma_{\dot{x}}}; \quad \beta = \beta_\gamma = \sqrt{\frac{8}{\pi}} \gamma \sigma_{\dot{x}}. \quad (3)$$

Математическая модель рессорной системы (см. рисунок) представлена уравнениями

$$\begin{cases} m\ddot{z} + c\dot{z} + \beta\dot{x} = 0, & x = z - z_k, \quad z_k = z - x; \\ \mu m(\ddot{z} - \ddot{x}) - c\dot{x} - \beta\dot{x} + c_k(z - x) = c_k z_n, \end{cases} \quad (4)$$

где  $\mu m = m_k$ ,

или операторной расширенной матрицей ( $p = d/dt$ )

$$\begin{pmatrix} mp^2 & c + \beta p & \vdots & 0 \\ \mu mp^2 + c_k & -(\mu mp^2 + c + c_k + \beta p) & \vdots & c_k z_H(p) \end{pmatrix}. \quad (4a)$$

Отсюда по формулам Крамера определим передаточные функции абсолютной и относительной координаты кузова:

$$\eta_z(p) = \frac{\Delta_z}{\Delta z_H(p)} = c_k \frac{c + \beta p}{\Delta(p)}; \quad \eta_x(p) = \frac{\Delta_x}{\Delta z_H(p)} = \frac{mp^2 c_k}{\Delta(p)}; \quad (5)$$

$$\Delta(p) = \mu m^2 p^4 + \mu_0 m \beta p^3 + mp^2 (\mu_0 c + c_k) + \beta c_k p + c c_k,$$

где  $\mu_0 = 1 + \mu$ .

Приняв ускорения кузова за критерий качества виброзащиты, вычислим по формулам Винера необходимые дисперсии:

$$D_z = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |\eta_z(i\omega)|^2 \omega^4 S_H(\omega) d\omega = \frac{\zeta v c_k^2}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{-(i\omega)^4 \beta^2 + (i\omega)^2 c^2}{|\Delta(i\omega)|^2} d\omega =$$

$$= \frac{\zeta v}{2m} \left( \frac{\mu_0 c^2}{\beta} + \frac{\beta c_k}{m} \right); \quad (6)$$

$$D_x = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |\eta_x(i\omega)|^2 \omega^2 S_H(\omega) d\omega = \frac{\zeta v m^2 c_k^2}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\omega^4 d\omega}{|\Delta(i\omega)|^2} + \frac{\zeta v c_k}{2\beta}. \quad (7)$$

В критериальной функции (6) имеется ее минимум по демпфированию. Этому минимуму соответствует оптимальное значение параметра линеаризованного трения. Из условия  $\partial D_z / \partial \beta = 0$  имеем

$$\beta_0^2 = \mu_0 m c^2 / c_k; \quad \beta_0 = \beta_0 / 2 \sqrt{c m} = 0,5 \sqrt{\mu_0 c / c_k}. \quad (8)$$

Оно постоянно и не зависит от качества пути  $\zeta$ . На пути худшего качества ( $\zeta_2 > \zeta_1$ ) и с повышением скорости движения ( $v_2 > v_1$ ) пропорционально возрастает дисперсия ускорений кузова (6)

$$D_z^0 = \zeta v c \sqrt{\mu_0 c_k / m^3}. \quad (6a)$$

Дисперсия скорости деформации подвеса (7) обратна величине демпфирования. Для нелинейного трения с учетом (3) среднее квадратичное значение скорости

$$\sigma_{\dot{x}\varphi} = \sqrt{\frac{\pi}{8}} \frac{\zeta v c_k}{F_0}; \quad \sigma_{\dot{x}\gamma}^3 = \sqrt{\frac{\pi}{32}} \frac{\zeta v c_k}{\gamma}. \quad (9)$$

Введя в равенство (8) условие (3), с учетом (9) получим оптимальные параметры нелинейного трения

$$F_0^2 = 0,8 c \zeta v \sqrt{\mu_0 m c}; \quad \gamma_0^2 = \frac{\pi c^3 (\mu_0 m)^{1,5}}{4 \zeta v c_k^{2,5}}. \quad (10)$$

В отличие от линейного ( $F = \beta \dot{x}$ ) оптимальные значения параметров нелинейного трения зависят от качества пути  $\zeta$  и скорости движения  $v$ , причем для квадрата параметра релейного трения эта зависимость прямая, вязкого — обратная. Поэтому для дорог различного качества следует задавать  $\zeta_{\text{ср}}$ , а влияние скорости компенсировать изменением характеристики трения. Установка предохранительного клапана в гидrogасителе не только ограничивает расчетное усилие  $F_m = \gamma \dot{x}_m^2$ , но и меняет квадратичное сопротивление на постоянное при  $\dot{x} > \dot{x}_m$ .

При гармоническом воздействии релейное трение блокирует малые колебания и не ограничивает резонансные. При случайном воздействии согласно решению (9) этого не наблюдается и подтверждается необходимость демпфирования: при  $F_0 = 0$   $\sigma_x = \infty$  и  $\sigma_z = \infty$ . Замена параметра  $\beta$  в критерии (6) эквивалентным значением (3), (9) с последующей минимизацией критериальной функции также приводит к расчетным выражениям (10).

Заметим также, что в модели транспортного экипажа помимо увеличения массы кузова  $m$  в выражениях (6) — (10) учитывается среднее значение коэффициента осности ( $k_0 = 0,7$ ;  $k_0^2 = 0,5$ ). Расчетные суммарные значения параметров демпфирования относятся не к двум, а к четырем демпферам.

В расчетной модели учтены упругие свойства шин суммарной жесткостью  $c_k > c$ . Гистерезисные потери в них можно учесть динамической жесткостью  $c_k + \beta_k p$  в матрице (4а) вместо  $c_k$ . Тогда усложняются выражения передаточных функций (5) и дисперсии ускорения кузова (6) даже для ограничений  $c_k > c$ ,  $\beta_k < \beta$ :

$$D_z \approx \frac{\zeta v c_k \beta (\beta^2 + \epsilon \mu_0 c m) + \beta_k \epsilon (\beta^2 + m c) + \beta_k^2 \beta (\epsilon^2 + \beta^2 / \mu m c_k)}{m^2 (\beta^2 + \beta \beta_T)}, \quad (11)$$

где  $\epsilon = c/c_k$ .

Минимизируя дисперсии по параметрам  $\beta$ ,  $\beta_k$ ,  $\partial D_z / \partial \alpha_j = 0$ , находим их оптимальные значения

$$\beta_0^2 \approx m c^2 / c_k; \quad \beta_k^0 \approx \beta_0 (\mu / \epsilon)^2 / 2 \mu_0. \quad (12)$$

Для  $\epsilon \approx 0,35$ ,  $\mu \approx 0,25$ ,  $\mu_0 = 1 + \mu = 1,25$  имеем  $\beta_k^0 \approx 0,2 \beta_0$ ,  $\beta_0 \approx 0,6 \sqrt{c m}$ ,  $\beta_0 = \beta / 2 \sqrt{c m} = 0,3$ .

При расчетном значении коэффициента демпфирования  $\beta_0 \approx 0,3$  в грузовых автомобилях реально вводятся  $\Delta \beta = 0,15 \dots 0,25$ . Для оптимальных параметров демпфирования (12) дисперсия ускорения кузова минимальна:

$$D_z^0 \approx 2 \zeta v c \sqrt{c_k / m^3}; \quad D_\Phi = m^2 D_z^0. \quad (11a)$$

Но она почти в два раза выше варианта (6а) без расчетной диссипации в шинах, а оптимальное демпфирование (12) — только в  $\sqrt{\mu_0} \approx 1,1$  раза меньше исходного решения (8). Таким образом, значимой диссипации (12) в шинах не требуется, а расчетные параметры трения в подвесе кузова можно принимать по формулам (8), (10). Заметим, что при узкополосном спектре воздействия дороги  $S_H = l_4 v^3 \omega^{-4}$  оптимальное значение коэффициента демпфирования в подвесе возрастает до  $\beta_0 = 0,54$ . Кроме того, демпферы в условиях эксплуатации теряют работоспособность, оцениваемую линеаризованным параметром сопротивления  $\beta$ . Пологий минимум динамической нагрузки (инерционной  $D_\Phi = m^2 D_z^0$ ) допускает изменение этого параметра в эксплуатации  $\Delta \beta = (1 \pm 0,25) \beta_0$ . Верхний предел принимают при изготовлении демпфера, а нижний служит браковочной величиной в эксплуатации.

### Выводы

Оптимальные параметры (10) нелинейного трения, в отличие от линейного (8), зависят от качества пути и скорости движения. Поэтому их необходимо усреднять по состоянию пути и корректировать характеристику трения со скоростью движения. Если при гармоническом воздействии релейное трение непригодно, то при случайном оно возможно, но желательно с улучшенной характеристикой. Метод статистической

линеаризации позволяет установить простые расчетные формулы (3), (8), (10) демпфирования в подвесе при желательных малых гистерезисных потерях в шинах.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Варава В. И. Прикладная теория амортизации транспортных машин.— Л.: ЛГУ, 1986.— 188 с. [2]. Динамика системы дорога — машина — автомобиль — водитель / Под ред. А. А. Хачатурова.— М.: Машиностроение, 1976.— 535 с.

Поступила 29 сентября 1993 г.

УДК 625.143.2

### ИЗНОС КОНЦОВ РЕЛЬСОВ НА ЛЕСОВОЗНЫХ УЖД

С. И. МОРОЗОВ, А. П. ЕЛИСЕЕВ

Архангельский лесотехнический институт

Нормативный срок службы рельсов лесовозных УЖД составляет 25...30 лет. Фактически же они служат в течение 8...10 лет. Это приводит к необходимости их преждевременной замены, что связано с большими материальными и трудовыми затратами.

Наблюдения, проведенные в 1986 г. на Ньюбской [3] и в 1991 г. на Кудемской [1] УЖД, показали, что основным видом дефекта, влияющим на срок службы рельсов, является износ их концов. Он выражается как в смятии головки в зоне стыка, так и в волнообразном износе поверхности катания на расстоянии 0,10...0,25 м по концам рельса. Оба этих дефекта приводят к повышенному динамическому воздействию на путь от колес тягового и подвижного состава, что, в свою очередь, способствует интенсивному развитию дефектов верхнего строения пути.

На остальном протяжении рельсов между стыками износ невелик и не влияет на срок их службы. СевНИИПом и АЛТИ было предложено реставрировать «старогодние» рельсы за счет обрезки изношенных концов и укладки в путь рельсов длиной 6,5...7,0 м. Это позволит существенно снизить потребность лесозаготовительных предприятий в новых рельсах. СевНИИПом было также предложено сваривать укороченные рельсы в длинные плети на специально оборудованном полигоне.

Для обоснования целесообразности строительства полигона на нижних складах лесозаготовительных предприятий необходимо иметь данные о возможном объеме реставрации старогодних рельсов по каждой лесовозной УЖД. В настоящей работе приведены материалы обследованных рельсов по их износу на Литвиновской УЖД.

Выборка рельсов необходима при вертикальном износе на концах порядка 1 см или при смятии головки с образованием наплывов шириной 6...8 мм. Такой износ можно зафиксировать без применения инструментов (визуально). Поэтому при обследовании рельсов нами был использован их визуальный осмотр с применением в отдельных случаях линейки или штангенциркуля для уточнения размера дефекта. Это позволило существенно сократить трудоемкость работ не в ущерб точности результатов.

Летом 1993 г. производили осмотр концов рельсов на участке магистрали длиной 62 км и прилегающих к ней тупиках (бывших ветках) на протяжении 200...300 м каждый.

Первоначально предполагали, что будут обследованы рельсы по пикетам и километрам. Однако оказалось, что километровые столбы поставлены только до пятидесятого километра. Надписи с указанием километров выцвели и не всегда различимы. Отдельных столбов нет, а

часть поставлена не на правой по ходу движения в лес стороне, а на левой.

Поэтому рельсы осматривали на перегонах между выходными и входными стрелками. Протяженность прямых участков и участков в кривых определяли в соответствии с исполнительным профилем дороги, приведенным в отчете [2].

В процессе эксплуатации дороги рельсы частично заменяли. На 7-, 8- и 9-м километрах имеются сварные рельсовые звенья длиной 16 м. Поэтому данные об износе рельсов на прямых и в кривых трудно сравнивать по срокам службы. Можно достаточно точно говорить об общем числе дефектных рельсов.

Число дефектных рельсов  $N_1$  на 1 км пути определяли по формуле

$$N_1 = \frac{N}{L},$$

где  $N$ ,  $L$  — число рельсов и длина участков на прямых, в кривых или по дороге в целом.

Процент дефектных рельсов  $P$  находили по формуле

$$P = \frac{N}{N_2} 100,$$

где  $N_2$  — число 8-метровых рельсов, приходящееся на соответствующий участок пути.

Сводные результаты обследования приведены в таблице.

Тип рельса	L, м			N, шт.			N <sub>1</sub> , шт./%		
	Прямая	Кривая	Итого	Прямая	Кривая	Итого	Прямая	Кривая	Итого
P24	43 125	4616	47 741	1534	289	1823	$\frac{36}{14,2}$	$\frac{63}{25,0}$	$\frac{38}{15,3}$
P18	16 420	1276	17 696	2606	221	2827	$\frac{159}{63,5}$	$\frac{173}{69,3}$	$\frac{160}{63,9}$
Всего	59 545	5892	65 437	4140	510	4650	$\frac{70}{27,8}$	$\frac{87}{34,6}$	$\frac{71}{28,4}$

Анализируя эти данные, можно сделать следующие выводы.

1. Протяженность магистрали Литвиновской УЖД с прилегающими к ней тупиками составляет 65,4 км. Из них 47,7 км (72,9 %) уложено рельсами P24; 17,7 км (27,1 %) — P18.

Для вывозки лесоматериалов используют тепловозы ТУ-4, ТУ-6а, ТУ-8Д и ТУ-7 с нагрузкой на ось от 35 до 70 кН. При такой нагрузке общая и контактная прочность рельсов P18 недостаточна. Это является, как показано в таблице, одной из основных причин их повышенного износа (хотя влияет также состав рельсовой стали, срок службы рельсов, состояние стыковых соединений и пр.).

2. Суммарная протяженность прямых участков пути составляет 59,5 км, кривых 5,9 км, т. е. соответственно 91 и 9 % от общей длины обследованной дороги. Значит, извилистость пути Литвиновской УЖД невелика. Однако в кривых рельсы испытывают большую нагрузку, чем на прямых участках (действуют вертикальные и боковые силы), поэтому в первых износ выше. Существенное влияние на него оказывают состояние промежуточных креплений, нарушение размеров проектного радиуса кривой и другие факторы.

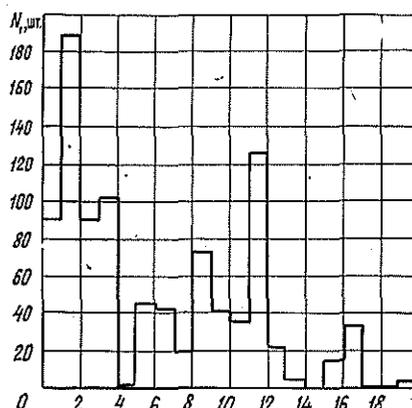
3. Число дефектных рельсов на дороге равно 4650 шт. (28,4 % от их общего числа). Поэтому состояние пути следует признать неудов-

летворительным. Почти треть рельсов требует ремонта или замены и не обеспечивает плавного движения поездов.

Больше половины дефектных рельсов — 2827 шт. (63,9 %) приходится на участки пути, уложенные рельсами Р18, протяженность которых составляет только 27,1 % от общей длины дороги. Очевидно, что рельсы типа Р18 к дальнейшей эксплуатации непригодны, особенно в кривых.

4. В среднем число дефектных рельсов на 1 км пути составляет 38 шт. для Р24, 160 шт. — для Р18 и 71 шт. для дороги в целом. На отдельных участках эта величина колеблется существенно: от 0 до 200... 220 шт.

Число дефектных рельсов  $N_1$  по участкам магистрали Литвиновской УЖД ( $n$  — номер участка)



На рисунке показано изменение числа дефектных рельсов типа Р24 по отдельным участкам Литвиновской УЖД. Большая часть таких рельсов приходится на первую половину дороги (ближайшую к нижнему складу). Здесь они испытывают наибольшую поездную нагрузку и, очевидно, имеют более длительный срок эксплуатации, чем на второй половине.

Имеются участки, где число дефектных рельсов очень велико (№ 2, 12), поэтому они требуют ремонта в первую очередь.

3. Графики, подобные приведенным, можно использовать для планирования работ по ремонту рельсов или определения потребности в новых рельсах.

Суммарная протяженность участков пути с дефектными рельсами составляет 37,2 км развернутой длины по двум ниткам. Для их замены необходимо приобрести 892 т рельсового проката, что в настоящее время требует значительных денежных средств (порядка 195 млн р. в ценах середины 1993 г.). Поэтому работы по реставрации старогонных рельсов весьма целесообразны. Это позволит продлить срок службы в два раза (а при сварке их в длинные плети — в три раза) при одновременном улучшении состояния верхнего строения пути.

Обследование состояния рельсов верхнего строения пути лесовозных УЖД выполнено впервые. Очевидно, имеет смысл провести подобную работу и на других лесовозных дорогах. Это позволит получить ясное представление о возможном объеме реставрации старогонных рельсов и целесообразности ее проведения в условиях конкретных лесовозных УЖД.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Морозов С. И., Попов М. В., Ярось А. В. Износ рельсов лесовозных УЖД // Лесн. журн.— 1993.— № 1.— С. 32—42.— (Изв. высш. учеб. заведений). [2].

Повышение эффективности работы Литвиновской узкоколейной железной дороги: Отчет о НИР / АЛТИ; Руководитель Калнин Г. А.— № ГР 01.91.10014331.— Архангельск, 1991.— 186 с. [3]. Разработка технических мероприятий по улучшению технического состояния лесовозных УЖД: Отчет о НИР / АЛТИ; Руководитель С. И. Морозов.— № 1 ГР 01.86.0040972.— Архангельск, 1986.— 127 с.

Поступила 16 декабря 1993 г.

УДК 629.114.45.001.57

## ОЦЕНКА ПЛАВНОСТИ ХОДА ТРАНСПОРТНО-ПОГРУЗОЧНЫХ КОЛЕСНЫХ ЛЕСНЫХ МАШИН

А. В. ЖУКОВ, А. Р. ГОРОНОВСКИЙ, Л. М. ЛУКЕРЧИК,  
Д. В. КЛОКОВ, А. А. СОКОЛДАН

Белорусский государственный технологический университет

Необходимость широкого применения колесных машин связана с их преимуществами перед гусеничными по скоростным и эргономическим показателям, а также большей сохранностью лесной среды. Кроме того, эффективная технология предполагает заготовку сортиментов на лесосеке, что возможно только на основе колесных машин, прежде всего транспортно-погрузочных (форвардеров).

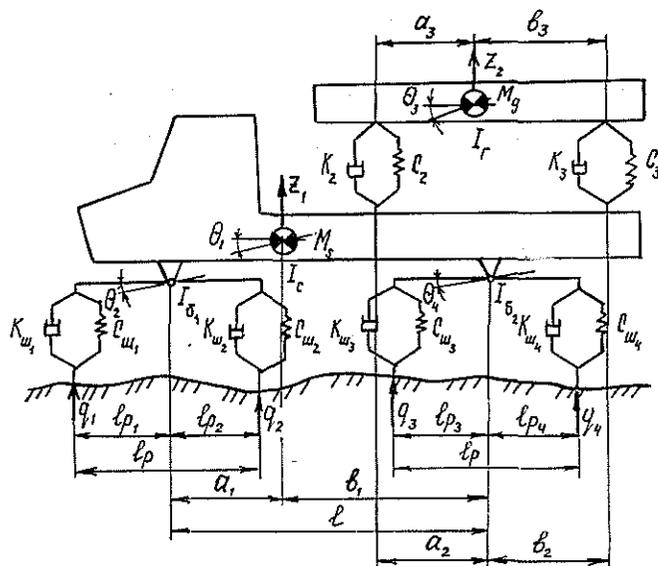


Рис. 1. Расчетная схема вертикальных и продольно-угловых колебаний трактора-сортиментовоза 8К8 с поддресоренной платформой:  $M_s$  — поддресоренная масса трактора;  $M_d$  — поддресоренная масса пачки;  $I_c$  — момент инерции корпуса трактора относительно поперечной оси, проходящей через центр тяжести;  $I_{\delta_1}$ ,  $I_{\delta_2}$  — моменты инерции груза, балансиров 1 и 2 соответственно;  $k_{ш_i}$  — коэффициент сопротивления колебаниям шин  $i$ -й оси трактора;  $c_{ш_i}$  — вертикальная жесткость шин  $i$ -й оси трактора;  $k_2, k_3, c_2, c_3$  — коэффициенты сопротивления и вертикальные жесткости поддресоривающих элементов платформы;  $q_i$  — возмущающие воздействия на  $i$ -ю ось трактора

Выполнение транспортных операций форвардерами в сложных дорожных условиях сопровождается значительной динамической нагруженностью узлов ходовой части. В ряде случаев показатели плавности хода машин не соответствуют принятым нормам.

Вертикальная динамика лесотранспортной системы, помимо внешних воздействий, во многом определяется сочетанием ее общих параметров, параметров подвески, типом ходовой части. Возможно применение машин типа 4К4, 6К6, 8К8 при использовании мостов различной конструкции, tandemных тележек и др. Имеются работы по оценке динамической нагруженности сортиментовозов [3], однако их недостаточно.

В связи с этим возникает необходимость в разработке специальной методики и оценки вертикальной динамики и плавности хода форвардеров различного типа.

На рис. 1 представлена общая расчетная схема трактора-сортиментовоза типа 8К8 с подрессоренной платформой как дополнительным средством повышения плавности хода машины. Трактор не имеет рессорной подвески, мосты энергетического модуля и прицепной секции попарно соединены продольными балансирами.

Динамическая система имеет шесть степеней свободы, которые описываются обобщенными координатами  $Z_1, \Theta_1, \Theta_2, \Theta_3, Z_2, \Theta_4$ .

На основании использования уравнения Лагранжа второго рода разработана общая математическая модель системы, которая легко может быть преобразована применительно к любому частному случаю (жесткое расположение груза, ходовая часть типа 6К6 или 4К4, конструктивные особенности мостов и подвески. Так, для машины типа 6К6 с подрессоренной платформой уравнения движения системы представлены пятью степенями свободы и имеют вид

$$\begin{aligned}
 & M_s \ddot{z}_1 + a_{11} \dot{z}_1 - a_{12} \dot{z}_2 - a_{13} \dot{\Theta}_1 + a_{14} \dot{\Theta}_2 + a_{15} \dot{\Theta}_3 - k_{ш_1} \dot{q}_1 - \\
 & - k_{ш_2} \dot{q}_2 - k_{ш_3} \dot{q}_3 + b_{11} z_1 - b_{12} z_2 - b_{13} \Theta_1 + b_{14} \Theta_2 + b_{15} \Theta_3 - \\
 & - c_{ш_1} q_1 - c_{ш_2} q_2 - c_{ш_3} q_3 = 0; \\
 & M_n \ddot{z}_2 - a_{21} \dot{z}_1 + a_{22} \dot{z}_2 - a_{23} \dot{\Theta}_1 - a_{25} \dot{\Theta}_3 - b_{21} z_1 + b_{22} z_2 - \\
 & - b_{23} \Theta_1 - b_{25} \Theta_3 = 0; \\
 & I_c \ddot{\Theta}_1 - a_{31} \dot{z}_1 - a_{32} \dot{z}_2 + a_{33} \dot{\Theta}_1 + a_{34} \dot{\Theta}_2 + a_{35} \dot{\Theta}_3 - k_{ш_1} a_1 \dot{q}_1 - \\
 & - k_{ш_2} (b_1 - l_{p_1}) \dot{q}_2 - k_{ш_3} (b_1 + l_{p_2}) \dot{q}_3 - b_{31} z_1 - b_{32} z_2 + b_{33} \Theta_1 + \\
 & + b_{34} \Theta_2 + b_{35} \Theta_3 - c_{ш_1} a_1 q_1 - c_{ш_2} (b_1 - l_{p_1}) q_2 - c_{ш_3} (b_1 + l_{p_2}) q_3 = 0; \\
 & I_6 \ddot{\Theta}_2 + a_{41} \dot{z}_1 - a_{43} \dot{\Theta}_1 + a_{44} \dot{\Theta}_2 - k_{ш_2} l_{p_1} \dot{q}_2 + k_{ш_3} l_{p_2} \dot{q}_3 + b_{41} z_1 + \\
 & + b_{43} \Theta_1 + b_{44} \Theta_2 - c_{ш_2} l_{p_1} q_2 + c_{ш_3} l_{p_2} q_3 = 0; \\
 & I_1 \ddot{\Theta}_3 + a_{51} \dot{z}_1 - a_{52} \dot{z}_2 + a_{53} \dot{\Theta}_1 + a_{55} \dot{\Theta}_3 + b_{51} z_1 - \\
 & - b_{52} z_2 + b_{53} \Theta_1 + b_{55} \Theta_3 = 0,
 \end{aligned} \tag{1}$$

где  $a_{11} = k_{ш_1} + k_2 + k_{ш_2} + k_3 + k_{ш_3}$ ;  $b_{11} = c_{ш_1} + c_2 + c_{ш_2} + c_3 + c_{ш_3}$ ;

$$a_{12} = a_{21} = a_{22} = k_2 + k_3; \quad b_{12} = b_{21} = b_{22} = c_2 + c_3;$$

$$\begin{aligned}
 a_{13} = a_{31} = k_{ш_1} a_1 - k_2 (b_1 - a_2) - k_{ш_2} (b_1 - l_{p_1}) + k_3 (b_1 + \\
 + b_2) - k_{ш_3} (b_1 + l_{p_2});
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
b_{13} &= b_{31} = c_{ш_1} a_1 - c_2 (b_1 - a_2) - c_{ш_2} (b_1 - l_{p_1}) + c_3 (b_1 + b_2) - \\
&\quad - c_{ш_3} (b_1 + l_{p_2}); \\
a_{14} &= a_{41} = k_{ш_2} l_{p_1} - k_{ш_3} l_{p_2}; \quad b_{14} = b_{41} = c_{ш_2} l_{p_1} - c_{ш_3} l_{p_2}; \\
a_{15} &= a_{25} = a_{51} = a_{52} = k_2 a_3 - k_3 b_3; \quad b_{15} = b_{25} = b_{51} = b_{52} = c_2 a_3 - c_3 b_3; \\
a_{23} &= a_{32} = k_2 (b_1 - a_2) - k_3 (b_1 + b_2); \\
b_{23} &= b_{32} = c_2 (b_1 - a_2) - c_3 (b_1 + b_2); \\
a_{33} &= k_{ш_1} a_1^2 + k_{ш_2} (b_1 - l_{p_1})^2 + k_{ш_3} (b_1 + l_{p_2})^2 + k_2 (b_1 - \\
&\quad - a_2)^2 + k_3 (b_1 + b_2)^2; \\
b_{33} &= c_{ш_1} a_1^2 + c_{ш_2} (b_1 - l_{p_1})^2 + c_{ш_3} (b_1 + l_{p_2})^2 + c_2 (b_1 - \\
&\quad - a_2)^2 + c_3 (b_1 + b_2)^2; \\
a_{34} &= a_{43} = k_{ш_2} (b_1 - l_{p_1}) l_{p_1} - k_{ш_3} (b_1 + l_{p_2}) l_{p_2}; \\
b_{34} &= b_{43} = c_{ш_2} (b_1 - l_{p_1}) l_{p_1} - c_{ш_3} (b_1 + l_{p_2}) l_{p_2}; \\
a_{35} &= a_{53} = k_2 (b_1 - a_2) a_3 + k_3 (b_1 + b_2) b_3; \\
b_{35} &= b_{53} = c_2 (b_1 - a_2) a_3 + c_3 (b_1 + b_2) b_3; \\
a_{44} &= k_{ш_1} l_{p_1}^2 + k_{ш_2} l_{p_2}^2; \quad b_{44} = c_{ш_2} l_{p_1}^2 + c_{ш_3} l_{p_2}^2; \\
a_{55} &= c_2 a_3^2 + c_3 b_3^2; \quad b_{55} = k_2 a_3^2 + k_3 b_3^2.
\end{aligned}$$

Возмущающее воздействие со стороны реального микропрофиля волока задавали координатами точек с постоянным шагом, учитывали сглаживающую способность шин по методике, изложенной в работе [2].

В Карелии создан и эксплуатируется сортиментовоз ЛТ-189 на базе трактора МТЗ [4]. Всесторонняя оценка динамики этой машины в обычном варианте и с подрессоренной платформой выполнена А. Ф. Дмитриевым [3].

В настоящее время на Минском тракторном заводе с участием Белорусского государственного технологического университета, ВНПО Леспром, концерна Беллеспром создаются лесные машины, в том числе и форвардеры, на базе трактора МТЗ-82. Обоснование компоновочных параметров и параметров подвески этой машины производилось на основе изложенной методики. В статье дан анализ динамической нагруженности и плавности хода сортиментовоза ЛЭС-75 типа 6К6 на базе трактора МТЗ-82В.

Движение машины моделировали на магистральном и пасечном волоках длиной 100...150 м со средними квадратичными значениями высот неровностей  $\sigma_{и} = 3,0 \dots 6,5$  см.

После интегрирования дифференциальных уравнений (1) полученные результаты обрабатывали по программе корреляционно-спектрального анализа [1, 6]. С ее помощью по заданному алгоритму вычисляли математическое ожидание  $M_x$ , дисперсию  $D_x$ , корреляционную функцию  $R_x(\tau)$  и спектральную плотность  $S_x(\omega)$  параметров, характеризующих нагруженность трактора и технологического оборудования. Достаточная точность разработанной методики расчета подтверждается данными экспериментов. При сравнении статистических расчетных и экспериментальных оценок [3, 5] расхождения составляют 20...25 %.

На рис. 2, а приведены графики спектральных плотностей вертикальных ускорений центра тяжести трактора  $S_{z_1}(\omega)$  при движении

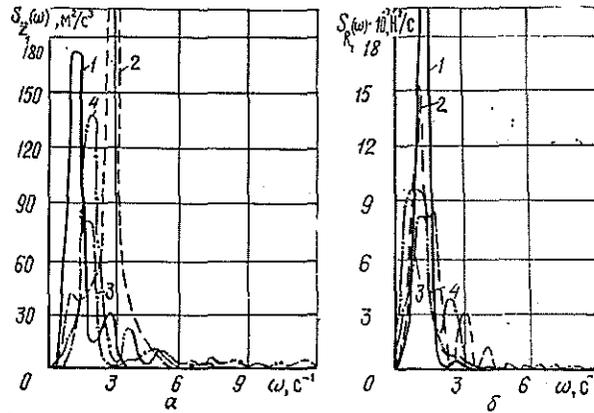


Рис. 2. Спектральные плотности вертикальных ускорений центра тяжести трактора (а) и динамических реакций на передний мост сортиментовоза (б) и серийным (1, 2) и усовершенствованным (3, 4) оборудованием: 1, 3 —  $v = 7,2$  км/ч; 2, 4 —  $v = 14,4$  км/ч

сортиментовоза по волоку с пачкой объемом  $6,8$  м<sup>3</sup>. Максимальные значения величины  $S_{z_i}(\omega)$  при скорости движения  $7,2$  км/ч (кривая 1) проявляются для  $\omega = 1,3$  и  $\omega = 2,9$  с<sup>-1</sup>. Первый максимум существенно больше, чем второй, и достигает  $172,5$  м<sup>2</sup>/с<sup>3</sup>.

Введение в конструкцию упругого элемента жесткостью  $1100$  кН/м (кривые 3 и 4) уменьшает абсолютное значение максимумов вертикальных ускорений центра тяжести сортиментовоза. Для усовершенствованного оборудования при  $v = 7,2$  км/ч максимум  $S_{z_i}(\omega)$  имеет значение  $77,54$  м<sup>2</sup>/с<sup>3</sup> при  $\omega = 1,82$  с<sup>-1</sup>. С увеличением скорости движения эта величина возрастает.

В таблице приведены максимальные значения спектральных плотностей вертикальных ускорений центра тяжести сортиментовоза при различных скоростях движения.

При скоростях  $1,8$  и  $3,6$  км/ч максимумы спектральных плотностей проявляются в диапазоне частот  $0,91 \dots 2,07$  и  $2,15 \dots 5,95$  с<sup>-1</sup>, при  $7,2$  и  $14,4$  км/ч — в диапазоне  $1,17 \dots 1,82$  для первого и  $2,66 \dots 4,80$  с<sup>-1</sup> — для второго максимумов. С увеличением скорости абсолютные значения максимумов возрастают, достигая наибольших значений при  $7,2$  и  $14,4$  км/ч. Частоты проявления максимумов  $S_{z_i}(\omega)$  в первом варианте ниже.

На рис. 2, б приведены графики спектральных плотностей динамических реакций  $R_i$  на передний мост сортиментовоза. Как видим, уровень динамической нагруженности переднего моста трактора с серийным оборудованием выше, чем с поддрессоренной платформой. Максимумы спектральных плотностей проявляются в диапазоне частот  $\omega = 0,83 \dots 1,24$  с<sup>-1</sup>.

Введение в конструкцию демпфирующих элементов уменьшает максимальные значения спектральных плотностей и сдвигает их пиковые значения в область более высоких частот.

Это подтверждается анализом, проведенным по средним квадратичным значениям рассматриваемых показателей. Так, при  $v = 7,2$  км/ч значения  $\sigma_{z_i}$  у сортиментовоза 6К6 с неподдрессоренной платформой на  $30$  % выше, чем с поддрессоренной (рис. 3, а).

Вариант оборудования	Скорость движения, км/ч	Максимальное значение $S_{z_1}(\omega)$ , $m^2/c^3$		Частота проявления максимальных значений $\omega$ , $c^{-1}$	
		Первое	Второе	Первая	Вторая
Серийное	1,8	6,869	4,306	1,16	3,30
	3,6	21,733	9,731	1,16	2,65
	7,2	173,381	25,878	1,17	2,66
	14,4	416,384	62,147	1,82	3,31
С упругим элементом	1,8	5,791	3,457	2,07	5,95
	3,6	30,843	10,588	0,91	2,15
	7,2	77,541	8,101	1,82	4,80
	14,4	135,441	26,280	1,82	3,22

Исходя из приведенных данных, можно заключить, что плавность хода транспортно-погрузочных машин на базе трактора МТЗ-82 и их вертикальная динамическая нагруженность даже без введения вторичных систем поддрессирования платформы находятся в допустимых пределах, особенно при использовании широкопрофильных шин. Это касается машин типа 4К4, 6К6, а также 8К8.

В качестве примера на рис. 3 приведены данные, характеризующие вертикальную динамику машины 8К8 при моделировании ее движения по волоку ( $\sigma_n = 4,39$  см). Из графиков видно, что при увеличении скорости возрастают как вертикальные ускорения центра тяжести сортиментовоза, так и продольно-угловые, причем первые более интенсивно. При скорости трактора 3...4 км/ч ускорения изменяются незначительно.

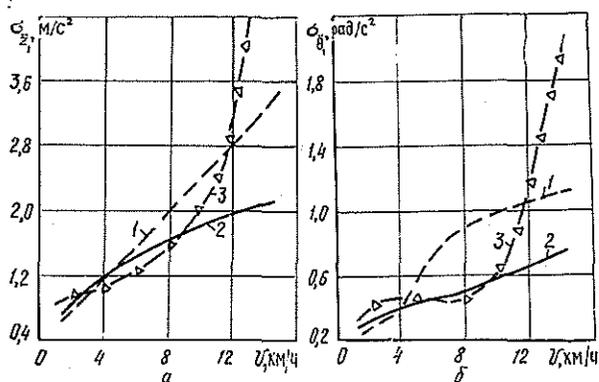


Рис. 3. Зависимости показателей вертикальных (а) и продольно-угловых (б) колебаний от скорости движения сортиментовоза: 1, 2 — 6К6 с неподдрессированной и поддрессированной платформами соответственно; 3 — 8К8 с неподдрессированной платформой

При моделировании движения по реальному волоку условия плавности хода соблюдаются до скорости 8 км/ч, по лесной дороге — до 10...15 км/ч.

Разработанная математическая модель имеет большие возможности, обладает достаточной точностью и может быть использована для решения широкого круга задач, связанных с проектированием колесных лесных машин различного типа.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Бидерман В. Л. Теория механических колебаний. — М.: Высш. шк., 1980. — 407 с. [2]. Динамика системы дорога — шина — автомобиль — водитель / А. А.

Хачатуров, В. Л. Афанасьев, В. С. Васильев и др.—М.: Машиностроение, 1976.— 536 с. [3]. Дмитриев А. Ф. Исследование динамической нагруженности сортиментовоза // Научно-технический прогресс на предприятиях лесного комплекса Карелии: Тез. докл.—Петрозаводск, 1988.—С. 22. [4]. Дмитриев А. Ф., Тарасевич В. Э., Демин К. К. Подборник-сортиментовоз на рубках промежуточного пользования // Лесн. пром-сть.—1985.—№ 6.—С. 18—19. [5]. Жуков А. В. Теоретические основы выбора технических параметров и улучшения эксплуатационных свойств специальных лесных машин: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук.—Л., 1978.—36 с. [6]. Казаков И. Е. Статистическая теория системы управления в пространстве состояний.—М.: Наука, 1975.—432 с.

Поступила 3 февраля 1993 г.

УДК 630\*181.23

## АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ПРОЦЕССОВ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДРЕВОСТОЯ С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ

А. К. ЛЕОНТЬЕВ

С.-Петербургская лесотехническая академия

*Общий анализ воздействия ветра на отдельное дерево  
и группу деревьев*

Взаимодействие отдельного дерева, группы деревьев и леса с окружающей средой многопланово. Ветер оказывает как физиологическое, так и физическое влияние [5]. Физиологическое его воздействие связано с изменением микроклимата, т. е. влажности воздуха, облачности и характеристик теплообмена кроны дерева с окружающей средой.

Физическое воздействие ветра сказывается прежде всего на форме кроны. На открытом месте, где дуют ветры постоянного направления и достаточно большой силы, у деревьев формируется крона с минимальным аэродинамическим сопротивлением, а ствол имеет большую конусность. В местности, где скорость ветра невелика и направления его различны, деревья имеют симметричную крону и слабоконусные стволы.

Экспериментально установлена также связь скорости роста дерева с воздействием ветра. В опытах Л. А. Иванова [3] получено, что деревья, интенсивно раскачиваемые ветром одного направления, росли на 25 % медленнее, чем привязанные к неподвижным опорам. У них оказались меньше и диаметр, и общий объем ствола. Воздействие ветра проявляется и в объеме корневой системы. Как правило, у деревьев, подверженных постоянному воздействию ветра, корневая система более разветвленная и мощная, чем у растущих в защищенных местах. Повидимому, ветры сравнительно небольшой силы и разных направлений способствуют ее развитию и усиливают интенсивность обмена в листьях (или хвое), что, в свою очередь, должно благоприятно влиять на общие процессы метаболизма, рост отдельных элементов, а значит, и всего дерева.

Увеличение скорости ветра свыше 10 м/с, как правило, уже неблагоприятно сказывается на росте дерева. Такие ветры интенсивно раскачивают отдельно стоящие деревья, срывают листья, ломают ветви, могут сломать ствол и даже вырвать дерево с корнем (при скорости больше 15...20 м/с). Конкретное воздействие сильного ветра на дерево (бурелом или ветровал) зависит от породы, морфологии отдельного дерева, его возраста, расположения на местности, времени года (густота кроны и прочность грунта) и др., т. е. имеет многофакторный характер и вероятностную природу. Однако ряд факторов всегда неблагоприятно влияет на сопротивляемость дерева сильному ветру. Это поверхностное расположение корневой системы, дефекты ствола, большая

площадь кроны на большом расстоянии от земли. Их сочетание будет вызывать бурелом или ветровал при более слабом ветре, чем каждый фактор в отдельности.

В естественном лесу обычно сосуществуют деревья разных пород, возрастов и морфологии, поэтому бурелом или ветровал наиболее слабых деревьев в лесу возможен при сравнительно небольшой скорости ветра (10...15 м/с). Увеличение ее до 25 м/с приводит уже к массовым буреломам и ветровалям. Особенно опасны ветры со скоростью более 25 м/с (бури, ураганы), при которых на больших площадях деревья оказываются сломанными или вырванными с корнями.

О величине убытков лесному хозяйству, связанных с сильными ветрами, можно судить хотя бы по такому примеру. Ураган, прошедший над Западной Европой 12 ноября 1972 г. со скоростью ветра 60 м/с, повалил и сломал деревья в ФРГ, ГДР и Голландии общим объемом  $25 \cdot 10^6$  м<sup>3</sup> на площади примерно 150 тыс. га.

Отдельно растущие деревья, как правило, при прочих равных условиях, больше подвержены воздействию ветра, чем группы однородных деревьев. Это объясняется тем, что под пологом групп интенсивность влияния ветра на отдельные деревья уменьшается, а значит, снижается и вероятность ветролома или ветровала.

Рассмотрим кратко влияние отдельных факторов на повреждаемость дерева ветром.

**Сила ветра.** При увеличении скорости ветра всегда возрастает вероятность повреждения дерева. Сравнительно слабый ветер (8...10 м/с) может срывать листву и ломать слабые ветки; ветер со скоростью 12...16 м/с интенсивно раскачивает стволы и ломает крупные ветки. Увеличение ее свыше 18 м/с приводит к повреждению дерева, ветровалу и бурелому. Характер ветра также влияет на повреждаемость дерева. Как правило, ветер переменной интенсивности (порывистый) наиболее опасен, так как раскачивает отдельные деревья, частота колебаний которых близка к частоте порывов ветра (явление резонанса).

**Порода.** Строение кроны, высота дерева, характер корневой системы зависят от породы, а поскольку именно эти факторы определяют активность взаимодействия ветра с деревом, то порода является одним из важных факторов, влияющих на ветровал и бурелом.

Наиболее устойчивы к ветровым воздействиям породы деревьев, имеющих разветвленную и глубокую корневую систему. Это дуб, сосна, клен, лиственница, пихта, граб. К ветровалу склонны деревья с поверхностной корневой системой: ель, береза, бук.

Бурелому больше подвержены деревья с мягкой, непрочной древесиной, например осина и липа.

**Возраст дерева.** Молодые деревья с цельным здоровым стволом более стойки к воздействию ветра, чем старые, имеющие поражение ствола или очень высокую крону.

**Грунт.** На сопротивляемость ветровалу сильное влияние оказывает характер грунта (почвы), на котором растет дерево. На механически не прочном, рыхлом, влажном грунте оно более склонно к ветровалу, чем на прочном, плотном.

**Время года.** С этим фактором связана как сила и характер ветра, так и состояние кроны, ствола дерева и самого грунта. На зимней, сухой и промерзшей почве опасность ветровала меньше, чем на осенней влажной, непромерзшей. На голую зимнюю крону без снега ветер оказывает меньшее силовое давление, чем на облиственную весной, летом и осенью.

Состояние древостоя существенно влияет на повреждаемость деревьев ветром. Если ствол или корневая система поражены

гнилями, то вероятность бурелома или ветровала сильно возрастает.

Как уже указывалось, сильный ураганный ветер при скорости свыше 15 м/с (50 км/ч) может нанести ущерб лесному хозяйству на большой площади лесов. Повреждение ветром отдельно стоящего дерева безусловно менее опасно, чем массовый ветролом, но оно может быть также значительным, если дерево упадет на рядом стоящее строение, транспортное средство или человека (!) Такие случаи характерны для деревьев, растущих в черте населенных пунктов, в скверах, садах и парках.

Весьма актуальной задачей является создание научных основ прогнозирования стойкости отдельных деревьев к воздействию ветра. Оно позволит своевременно выбраковывать наиболее склонные к ветровалу и бурелому деревья и тем самым сводить к минимуму ущерб.

Различные аспекты проблемы взаимодействия ветра и отдельно стоящего дерева, а также группы деревьев, изучаются как в нашей стране, так и за рубежом.

#### *Краткий обзор публикаций о влиянии ветра на древостой*

В работе [2] даны следующие весьма красноречивые описания воздействия ветра на древостой: «Благодаря порывистым ветрам они (деревья) раскачиваются, ломаются при слишком большой амплитуде колебаний или же вырываются с корнем. Опасность особенно велика, когда удаляется сдерживающий воздействие ветра заслон из оставленных по краю насаждений стволов, лишенных до самого низа ветвей, или же когда сомкнутое насаждение прореживается рубками или лесосеками». Понимание важности проблемы бурелома и ветровала привело к тому, что в последнее время в отечественной и зарубежной литературе появился ряд работ, посвященных экспериментальному и теоретическому исследованию отдельных вопросов силового воздействия ветра на дерево.

В работе [8] представлены результаты изучения в лабораторных условиях воздействия ветра на модельные деревья, помещенные в аэродинамическую трубу длиной 7 м. Цель опытов — изучить влияние размещения деревьев и профиля опушки леса на изгиб деревьев, вызываемый ветром. Опыты проводили с деревьями четырех хвойных пород: ели обыкновенной, сосны обыкновенной, лжетсуги тиссолистной и тсуги канадской.

Измерения показали, что изгибающий ветровой момент в первых четырех рядах насаждений уменьшается быстро, а затем значительно медленнее. Кроме того, установлено, что на его значения во всех насаждениях влияют, с одной стороны, размеры соседних деревьев, с другой — их отсутствие. Удаление одного дерева с наветренной стороны другого приводило к удвоению изгибающего момента. Деревья, расположенные в конце просек, ширина которых превышает высоту дерева, подвергались значительно большим изгибающим моментам, чем стоящие на наветренной стороне модели насаждений лесных культур.

Подробное рассмотрение различных сторон воздействия ветра на отдельное дерево и лес приведено в работе [1]. Для расчета равнодействующей силы ветра на дерево  $R$  С. В. Белов предлагает формулу

$$R = C_f S \frac{\rho V^2}{2},$$

где  $C_f$  — коэффициент аэродинамического сопротивления дерева воздействию ветра;  
 $S$  — площадь миделевого сечения кроны;  
 $\rho$  — плотность воздуха;  
 $V$  — скорость ветра.

Согласно этой формуле для крон ели густых, средней густоты и редких  $C_f$  имеет значения соответственно 0,6; 0,5 и 0,4.

Изгибающий момент силы ветра определяют по формуле

$$M = RL.$$

Автор не дает определения величины  $L$ , хотя по своей сути она должна быть равна расстоянию от поверхности земли до центра приложения сил аэродинамического давления на дерево. Далее он рассматривает статические напряжения, возникающие в древесине ствола для пяти типичных форм дерева от действия ветровой нагрузки и силы тяжести кроны и ствола, вызванной наклоном дерева.

По мнению С. В. Белова, невозможно было рассчитать устойчивость деревьев против повала из-за множества неизвестных параметров почвы и корневой системы. В работе [1] приведен ряд интересных фактических данных о критических скоростях ветра, при которых начинается массовый ветровал и бурелом деревьев, и экспериментально полученных значениях критического момента силы, при котором наблюдается слом ствола дерева или его повал с корнем.

Минимальной критической скоростью ветра, вызывающей бурелом или ветровал дерева, автор считает 25...30 м/с.

Он приводит экспериментальные значения частот колебаний деревьев. При их высоте 18...25 м период колебаний составляет 4...7 с, т. е. частота равна 0,15...0,25 Гц.

К основным недостаткам работы [1] следует отнести расчет только статических сил, действующих на ствол дерева, в то время как в реальных условиях они динамические. Особую опасность представляют переменные ветровые нагрузки с частотой, близкой к частоте собственных колебаний дерева (0,15...0,25 Гц [1]). При резонансных явлениях статическая нагрузка может быть много меньше динамической, тем не менее происходят ветровал или бурелом. Нельзя также полностью согласиться с мнением С. В. Белова о невозможности создать схему расчета ветрвала дерева из-за неопределенности характеристик грунта и корневой системы.

А. М. Межибовский [4] на основании анализа бурелома ели констатирует, что «устойчивость дерева к бурелому в большинстве случаев зависит от положения гнили в стволе, от сопротивления древесины на излом и лишь незначительно — от протяженности живой кроны». По его материалам, буреломные стволы деревьев ели поражены гнилями на 96,5 %. Из общего числа таких стволов 91 % имеют высоту излома до 4 м от земли. Большинство гнилей, обнаруженных автором на упавших деревьях, развивались именно на этой высоте.

В работе [7] подробно изложены результаты экспериментального исследования аэродинамического взаимодействия трех специально отобранных экземпляров лжетсуги тиссолистной (Douglas-fir) с ветром различной скорости (2,42; 5,08 и 6,75 м/с). Высота деревьев лжетсуги 26...30 м, возраст 40 лет, диаметр ствола на высоте 1,3 м 0,44; 0,38 и 0,26 м.

Получены графики зависимости отклонений дерева от частоты порывов ветра в полого леса для трех значений скорости. Из опытных данных следует, что периоды раскачки деревьев не обязательно совпадают с периодом турбулентных пульсаций силы ветра, однако вероятность ветрвала наибольшая всегда в условиях резонанса дерева, т. е. когда частоты порывов ветра и колебаний дерева совпадают (или близки). Опытным путем получен период собственных колебаний деревьев от 4 до 5 с.

Работа [7] производит впечатление незавершенности, поскольку в ней нет аналитических связей между выходными и входными парамет-

рами, не изучен сам процесс ветровала и не проанализирована роль различных факторов, приводящих к разрушению ствола дерева.

Е. Б. Скворцова [6] сделала попытку создать схему расчета процесса ветровала отдельного дерева. Она указывает, что среди различных факторов ветер является наиболее существенной причиной выворачивания деревьев. Если он обладает достаточной силой и действует в течение длительного времени, то выворачиваются совершенно здоровые деревья и даже их группы с мощной корневой системой. Рассматривая схему взаимодействия ветра с отдельным деревом, автор делает следующие принципиальные допущения.

1. Сила сцепления корневой системы с грунтом в момент отрыва становится равной нулю одновременно на всей площади контакта с почвой.

2. Для деревьев с хорошо развитой кроной силой, вызывающей ветровал, можно пренебречь.

3. Ствол дерева, крона и корни рассматриваются как абсолютно неупругие системы.

Таким образом, здесь также изучаются только статические силы, действующие на крону дерева со стороны атмосферного воздуха. Проведенные автором [6] расчеты показали, что даже незначительное уменьшение размеров дерева существенно затрудняет ветровал.

Основным недостатком работы [6] является неучет динамического воздействия на дерево со стороны ветра, особенно при переменных скоростях ветра, что существенно изменяет как форму связи между действующими силами, так и количественные характеристики ветровала. Кроме того, в работе [6] нет ни одного примера расчета ветровала в результате действия на конкретное дерево соответствующих сил, что, по-видимому, объясняется неопределенностью взаимодействия корневой системы дерева с грунтом.

Такие же трудности возникают при расчете процесса бурелома, однако это не означает, что не следует улучшать саму расчетную схему процессов и, в частности, строить такую схему на основе рассмотрения динамического взаимодействия дерева с атмосферным воздухом, т. е. с учетом сил инерции движения дерева и присоединенной массы воздуха. Для построения схемы необходимо правильно записать математическое уравнение взаимодействия дерева с воздухом.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Белов С. В. Ветер — главный фактор, определяющий форму стволов деревьев и их устойчивость // Лесоводство, лесные культуры и почвоведение: Межвуз. сб. науч. тр. ЛТА.— Л., 1974.— Вып. 3.— С. 3—24. [2]. Вальтер Г. Общая геоботаника.— М.: Мир, 1982.— 261 с. [3]. Иванов Л. А. О влиянии ветра на рост деревьев // Бот. журн. СССР.— 1934.— Т. 19.— С. 211—219. [4]. Межибовский А. М. Исследование факторов, влияющих на ветровал и бурелом ели // Лесн. журн.— 1970.— № 4.— С. 141—145.— (Изв. высш. учеб. заведений). [5]. Мелехов И. С. Лесоведение.— М.: Лесн. пром-сть, 1980.— 408 с. [6]. Скворцова Е. Б. К оценке сил, вызывающих падение деревьев и образование выворотов // Вестн. МГУ. Сер. 17. Почвоведение.— 1977.— № 2.— С. 36—40. [7]. Holbo H. R., Corbett T. C., Horton P. I. Aeromechanical behavior of Selected Douglass-fir // Agricultural Meteorol.— 1980.— Vol. 21, N 2.— P. 81—91. [8]. Roberts E. F. Modelle von Forstkulturen im Windkanal // Allgemeine Forstzeitschrift.— 1970.— N 12.— S. 266—267.

Поступила 7 декабря 1992 г.

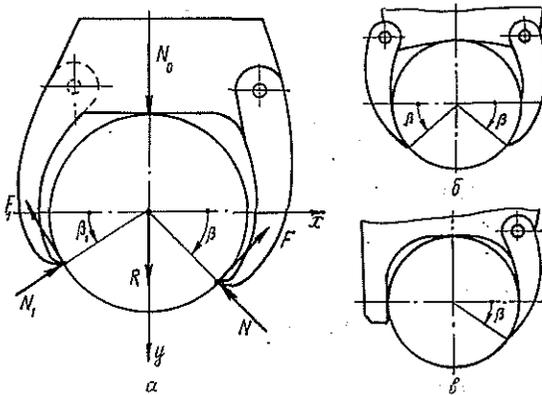
УДК 630\*377.1

## ОБ ОПТИМАЛЬНЫХ УГЛАХ ОБХВАТА ДЕРЕВА РЫЧАГАМИ ЗАХВАТНОГО УСТРОЙСТВА

Д. Г. ШИМКОВИЧ

Московский государственный университет леса

Одним из основных параметров захватных устройств (ЗУ) валочных машин является угол обхвата  $\beta$  (см. рисунок) рычагами дерева максимального диаметра. В литературе по проектированию лесопромышленного оборудования ([1, 2] и др.) приводятся рекомендации по выбору угла обхвата  $\beta \geq \beta_{\min} = 20 \dots 30^\circ$  для двухрычажной и  $\beta \geq \beta_{\min} = 45^\circ$  для однорычажной схем ЗУ, вытекающие из условия удержания дерева в ЗУ при отслоении коры.



Вместе с тем существует понятие оптимального угла обхвата  $\beta_{\text{opt}}$  при котором требуется минимальное усилие прижатия рычагов для удержания дерева и на которое, наряду с  $\beta_{\min}$ , необходимо ориентироваться при проектировании ЗУ.

При рассмотрении данного вопроса используем принятую в [1, 2] расчетную схему контакта рычагов и корпуса ЗУ с деревом максимального диаметра  $d_0$  в трех точках (рис. а). Запишем уравнения равновесия сил, действующих на дерево:

$$\begin{cases} N \cos \beta - F \sin \beta - N_1 \cos \beta_1 + F_1 \sin \beta_1 = 0; \\ N \sin \beta + F \cos \beta + N_1 \sin \beta_1 + F_1 \cos \beta_1 - N_0 - R = 0, \end{cases} \quad (1)$$

где  $N, N_0, N_1$  — нормальные реакции;

$F, F_1$  — силы трения дерева о рычаги;

$R$  — нагрузка по оси  $y$ , приложенная в середине поперечного сечения дерева.

Обозначим:  $F = N \operatorname{tg} \lambda$ ;  $F_1 = N_1 \operatorname{tg} \lambda_1$ , где  $\lambda, \lambda_1$  — параметры, каждый из которых меньше или равен углу трения  $\varphi_0$ .  $\varphi_0 = \operatorname{arctg} f_0$ ,  $f_0$  — коэффициент трения поверхности дерева о рычаги ЗУ. Тогда уравнения (1) можно записать в виде

$$\begin{cases} N \frac{\cos(\beta + \lambda)}{\cos \lambda} = N_1 \frac{\cos(\beta_1 + \lambda_1)}{\cos \lambda_1}; \\ N \frac{\sin(\beta + \lambda)}{\cos \lambda} + N_1 \frac{\sin(\beta_1 + \lambda_1)}{\cos \lambda_1} = R + N_0, \end{cases}$$

откуда

$$\begin{cases} N_1 = N \frac{\cos(\beta + \lambda)}{\cos(\beta_1 + \lambda_1)} \frac{\cos \lambda_1}{\cos \lambda}; \\ N = (R + N_0) \frac{\cos \lambda \cos(\beta_1 + \lambda_1)}{\sin(\beta + \beta_1 + \lambda + \lambda_1)}. \end{cases}$$

В предельном состоянии, когда дерево стремится выпасть из рычагов ( $N_0 = 0$ ,  $\lambda = \lambda_1 = \varphi_0$ ), получаем

$$\begin{cases} N = R \frac{\cos \varphi_0 \cos(\beta_1 + \varphi_0)}{\sin(\beta + \beta_1 + 2\varphi_0)}; \\ N_1 = N \frac{\cos(\beta + \varphi_0)}{\cos(\beta_1 + \varphi_0)}. \end{cases} \quad (2)$$

Формулы (2) определяют усилия  $N$  и  $N_1$ , необходимые для удержания дерева.

В частных случаях наиболее распространенных двухрычажной (рис. б) и однорычажной (рис. в) схем ЗУ соотношения (2) принимают вид:

для двухрычажной схемы ( $\beta_1 = \beta$ )

$$N = \frac{R}{2} \frac{\cos \varphi_0}{\sin(\beta + \varphi_0)}; \quad N_1 = N; \quad (3)$$

для однорычажной ( $\beta_1 = 0$ ):

$$N = R \frac{\cos^2 \varphi_0}{\sin(\beta + 2\varphi_0)}; \quad N_1 = N \frac{\cos(\beta + \varphi_0)}{\cos \varphi_0}. \quad (4)$$

Из выражений (3) и (4) видно, что оптимальные значения углов  $\beta$ , при которых требуется минимальное усилие  $N$  прижатия рычагов, равны:

для двухрычажной схемы

$$\beta_{\text{opt}} = \pi/2 - \varphi_0; \quad (5)$$

для однорычажной

$$\beta_{\text{opt}} = \pi/2 - 2\varphi_0. \quad (6)$$

Тогда функция  $\sin(\beta + \varphi_0)$  и  $\sin(\beta + 2\varphi_0)$  в (3) и (4) принимают значения, равные единице, а силы  $N$  и  $N_1$  определяются соотношениями:

для двухрычажной схемы

$$N = \frac{R}{2} \cos \varphi_0; \quad N_1 = N; \quad (7)$$

для однорычажной

$$N = R \cos^2 \varphi_0; \quad N_1 = N \operatorname{tg} \varphi_0. \quad (8)$$

В таблице приведены значения  $\beta_{\text{opt}}$  для разных видов стальных рычагов — с гладкой поверхностью и с зубьями (гребенкой). Значение угла обхвата  $\beta$  должно приниматься из интервала  $\beta_{\text{min}} \leq \beta \leq \beta_{\text{opt}}$ .

Для однорычажных ЗУ с зубьями  $\beta_{\text{opt}} < \beta_{\text{min}} = 45^\circ$ . Если принять  $\beta = 45^\circ$ , то из (4) при  $\varphi_0 = 39 \dots 45^\circ$  получаем  $N_1/N = 0 \dots 0,13$ , т. е.  $N_1 \ll N$ , что соответствует неравномерному обжатию дерева. Сле-

Поверхность контакта	$f_0$	Ф°, град	$\beta_{opt}$ , град	
			Двухрычажная ЗУ	Однорычажная ЗУ
Сталь — неокоренная древесина	0,3 ... 0,5	17 ... 27	73 ... 63	56 ... 36
Стальные рычаги с зубьями — неокоренная древесина	0,8 ... 1,0	39 ... 45	51 ... 45	12 ... 0

довательно, в этом случае наиболее рационален вариант рычагов без зубьев.

Для двухрычажных ЗУ предпочтителен вариант с зубьями, при котором выполняется условие  $\beta_{opt} \geq \beta_{min}$  и значения  $\beta_{opt}$  сравнительно невелики, что обеспечивает незначительную длину рычагов и большую компактность ЗУ.

Приведенные данные могут использоваться при проектировании захватных устройств.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Баринов К. М., Александров В. А. Проектирование лесопромышленного оборудования: Учеб. пособие.—Л.: Изд-во ЛГУ, 1988.—240 с. [2]. Жук А. В. Проектирование лесопромышленного оборудования.—Минск: Вышэйш. шк., 1990.—312 с.

Поступила 12 апреля 1993 г.

УДК 556.536

## О СКОРОСТИ РЕЧНОГО ПОТОКА

В. Е. СЕРГУТИН

Красноярский институт цветных металлов

В гидравлических расчетах, проводимых для речных потоков, в том числе лесосплавных и судоходных, наиболее неопределенной величиной является коэффициент шероховатости  $n$ , входящий, например, в формулу Маннинга для определения коэффициента Шези

$$C = (1/n) R^{1/6},$$

с помощью которого вычисляют среднюю скорость

$$v = C (RI)^{1/2}$$

и расход

$$Q = v\omega,$$

где  $R$  — гидравлический радиус;  
 $v$  — средняя скорость потока;  
 $I$  — гидравлический уклон;  
 $\omega$  — площадь живого сечения;  
 $Q$  — расход.

Для нахождения коэффициента шероховатости (по Шези — Маннингу  $n = h^{2/3} I^{1/2} / (Q/\omega)$ , где  $h$  — средняя глубина потока), существует ряд таблиц, предложенных Н. Н. Павловским [5], М. Ф. Срибным, И. Ф. Карасевым [4], В. Н. Чоу [10] и др. Для естественных потоков коэффициент шероховатости изменяется в широких пределах — от 0,019 до 0,500. Он является интегральной характеристикой, суммарно учитывающей всю сложность движения потока, размеры и форму русла, уклон

водной поверхности, характер влечения донных и течение взвешенных наносов, другие факторы. В ряде монографий и вузовских изданий отмечается трудность определения коэффициента шероховатости на разных уровнях и при разных расходах. Существующие таблицы, включая шкалу шероховатости речных русел и пойм, предложенную в последнее время И. Ф. Карасевым [4, с. 247—249], не учитывают изменение этого коэффициента на разных уровнях потока. Так, для р. Казыра, правобережного притока Тубы в местах трассы железной дороги Абакан — Тайшет, коэффициент шероховатости во всем диапазоне колебаний расходов (100...1600 м<sup>3</sup>/с, с. Пономарево на расстоянии 140 км от устья, площадь водосбора 11,9 тыс. км<sup>2</sup>) изменяется на целый порядок — от 0,01 до 0,10; для Нижней Тунгуски по створу с. Подволошино (2670 км, 8,3 тыс. км<sup>2</sup>) — от 0,5 до 0,2 и т. д. Наибольшие значения коэффициента шероховатости для Нижней Тунгуски (0,2) соответствуют низким уровням воды и малым расходам (1 м<sup>3</sup>/с), а наименьшие (0,05) — высоким горизонтам и пиковым (100 м<sup>3</sup>/с) расходам. Диапазон фактических значений коэффициента шероховатости для Нижней Тунгуски распространяется на 5 рубрикации таблицы М. Ф. Срибного (всего их 12), где величина 0,2 определяется шероховатостью глухих пойм, покрытых лесом. Подобные натурные данные подтверждают мнение Н. Н. Павловского [5, с. 635] о допустимости использования коэффициентов шероховатости лишь для грубых расчетов. Поскольку таблицы носят описательный характер, то содержащаяся в них информация в известной степени субъективна. Хотя они составлены применительно к разным формулам и непосредственно сравниваться не могут, нельзя не отметить следующее. По Н. Н. Павловскому, в сравнительно плохих условиях протекания коэффициент шероховатости каналов и рек равен 0,030, а по таблице М. Ф. Срибного, воспроизводимой во многих инструкциях, монографиях и учебниках, коэффициент 0,035 характерен для благоприятных условий состояния ложа. Следовательно, перепад всего на 0,005 определяет переход русла из одного качественного состояния в другое. Н. Н. Павловский [5, с. 217] отмечает, что коэффициент шероховатости естественных потоков, определяемый весьма многообразной и сложной совокупностью природных факторов, изменяется при различных горизонтах даже для одного потока. Таблицы этого обстоятельства не учитывают, хотя для гидравлических расчетов необходимы точные значения этого коэффициента. Так, в [9, с. 86] приводится пример, когда проектный уклон канала для пропуска заданного расхода может быть завышен в 1,24 раза (почти на 25 %), если принять значение коэффициента шероховатости 0,0250 вместо необходимого 0,0225, т. е. увеличенное всего на 0,0025. Для Панамского канала установлены минимальные значения коэффициента шероховатости при нормальном наполнении русла, однако они могут изменяться как при повышении, так и при понижении уровней [10, с. 74—84]. Поэтому сейчас начали проводиться исследования по определению средней скорости открытых потоков без введения коэффициента шероховатости [1].

Сделаем попытку увязать шероховатость русла с режимом движения потока — квадратичным по Шези или иным, в частности линейным, когда удельная сила трения  $\tau = \gamma R I$  (касательное напряжение о дно и стенки русла) прямо пропорционально средней скорости потока  $v$ . В качестве примера на рис. 1 представлены графики зависимости  $\tau$  от  $v$  для р. Оби и Амура.

Нами [7, 8] получена формула

$$v = shI \text{ при } R \approx h, \quad (1)$$

где  $s$  — коэффициент, по структуре подобный коэффициенту Шези  $S$ , но имеющий размерность единица в секунду.

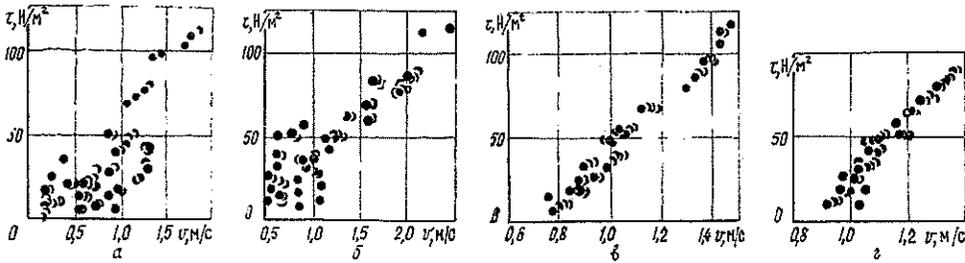


Рис. 1. Зависимость  $\tau = \tau(v)$ : а — Обь, г. Камень-на-Оби (расстояние от устья 3168 км, площадь водосбора 216 тыс. км<sup>2</sup>); б — Обь, г. Барнаул (4450 км, 169 тыс. км<sup>2</sup>); в — Амур, с. Черняево (2401 км, 442 тыс. км<sup>2</sup>); г — Амур, с. Кумара (2178 км, 481 тыс. км<sup>2</sup>)

Согласно данным Гидрологических ежегодников (издания до 1975 г.) коэффициент  $s$  можно найти по формуле

$$s = v/(hI),$$

в которую шероховатость русла вошла если не прямым, то косвенным путем. Колебания  $s$  за годовой период изменения расхода (гидрографа), однако, весьма значительны, что объясняется линейным характером связи  $\tau = \tau(v)$ . Изменение  $s$  в зависимости от уклона свободной поверхности  $I$  для р. Енисей (практически по всей его длине от г. Кызыла до г. Игарки) представлено на рис. 2.

В правую часть формулы (1) входит уклон свободной поверхности  $I$ , что весьма неудобно, так как, например, в Гидрологических ежегодниках (издания до 1975 г.) нет данных об уклонах для рек отдельных бассейнов на окраинных регионах России или других республик СНГ. Поэтому возникает задача об изъятии из уравнения (1) и величины уклона свободной поверхности.

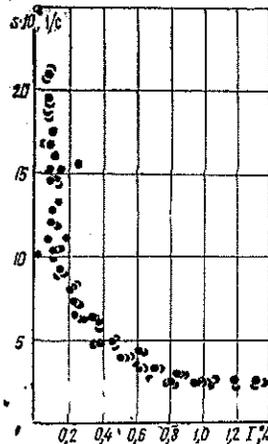
Разделив обе его части на среднюю глубину  $h$ , получим

$$v/h = sI.$$

Натурные данные показывают, что связь между  $v$  и  $h$  для отдельного створа реки (в основном русле до выхода потока на пойму) является прямолинейной, т. е. можно записать

$$v/h \approx idem,$$

Рис. 2. Зависимость  $s = s(I)$  для р. Енисей (данные доц. Ю. И. Рябокопя), г. Кызыл, с. Чаохоль, с. Усть-Оса, с. Крутой Поворот, с. Пойлово, с. Никитино, с. Подсиняя, г. Минусинск (протока Минусинская), г. Дивногорск, г. Красноярск (п. Базайха), с. Казачинское, г. Енисейск, с. Подкаменная Тунгуска, с. Нижняя Тунгуска, г. Игарка. Наблюдения по г. Красноярску — с 1901 г., по г. Енисейску — с 1930 г. Наибольший максимальный расход по створу г. Игарки в 1969 г. 176 тыс. м<sup>3</sup>/с



следовательно,

$$sI \approx \text{idem.}$$

Линейность связи  $v = v(h)$  для речных потоков впервые отмечена М. П. Сасоровым [6], затем упоминается Г. В. Железняковым [3]. Можно привести также наши данные для многих потоков в Западной и Восточной Сибири, бассейнах Забайкалья и Дальнего Востока. Обозначив

$$sI = s_*,$$

получим

$$s_* = v/h.$$

Отсюда

$$v = s_* h. \quad (2)$$

В качестве примера на рис. 3 показана зависимость  $Q$  от  $s_*$ . Как видим, разброс величин  $s_*$  для отдельно взятых потоков невелик (0,1...0,4), что говорит о возможности определения средней скорости естественного потока через коэффициент  $s_*$  по натурным данным Гидрологических ежегодников издания до 1975 г. Коэффициент шероховатости русла и уклон свободной поверхности в уравнение (2) не вводятся.

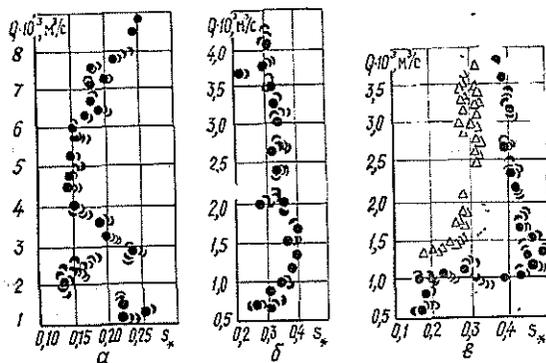


Рис. 3. Зависимость  $Q = Q(s_*)$ : а — р. Обь, с. Дубровинское (2876 км, 258 тыс. км<sup>2</sup>). Наибольший среднееголетний расход в 1950—1970 гг. 5600 м<sup>3</sup>/с (диапазон 3600...11 400 м<sup>3</sup>/с); б — р. Енисей, с. Крутой Поворот (3129 км, 172 тыс. км<sup>2</sup>). В 1930—1970 гг. расход 6130 м<sup>3</sup>/с (2700...9200 м<sup>3</sup>/с); в — р. Ангара, правобережный приток Енисея,  $\Delta$  — п. Татарка (30 км, 1039 тыс. км<sup>2</sup>);  $\bullet$  — с. Богучаны (316 км, 866 тыс. км<sup>2</sup>)

При слабой гидрологической изученности потоки в восточных бассейнах целесообразно объединить географически в группы со сходными характеристиками русла и однообразным уклоном свободной поверхности: 1) р. Обь, Иртыш, Чулым и их притоки, а также левобережные притоки Енисея — Кас, Сым, Дубчес, Елогуй; 2) р. Енисей с правобережными притоками — Ангара, Подкаменная и Нижняя Тунгуски, потоки бассейна Лены; 3) притоки Байкала — Селенга, Баргузин, Верхняя Ангара и др.; 4) р. Яна, Индигирка, Колыма; 5) р. Амур с притоками; 6) потоки о-ва Сахалин и Камчатки.

Затем для этих групп устанавливают гидравлические показатели, в частности коэффициенты  $s_*$  (аналогичное мнение высказано К. В. Гришаниным [2, с. 87]. Так, для р. Оби этот коэффициент в среднем составляет 0,2 (г. Барнаул), для Енисея по створам ниже г. Кызыла — 0,37, Ангара — 0,3... 0,4, Баргузина по одноименному створу — 0,05... 0,25, Амура — 0,13 на плесах у г. Хабаровска.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Альтшуль А. Д. и др. Сравнение формул без коэффициента шероховатости для определения средней скорости течения воды в реках // Гидротехнич. строительство.— 1973.— № 1.— С. 41—42. [2]. Гришанин К. В. Гидравлическое сопротивление естественных русел.— СПб.: Гидрометеоздат, 1992.— 192 с. [3]. Железняков Г. В. Гидравлика и гидрология.— М.: Транспорт, 1989.— 204 с. [4]. Карасев И. Ф. и др. Гидрометрия.— Л.: Гидрометеоздат, 1985.— 384 с. [5]. Павловский Н. Н. Гидравлический справочник.— Л., М.: ОНТИ НКТМ СССР, 1937.— 890 с. [6]. Сасоров М. П. О влиянии формы сечения на линейную зависимость между средней скоростью и средней глубиной // Гидротехнич. строительство.— 1965.— № 7.— С. 18—23. [7]. Сергутин В. Е. О постулате Шези для открытых потоков // Лесн. журн.— 1992.— № 2.— С. 54—63.— (Изв. высш. учеб. заведений). [8]. Сергутин В. Е. Гидравлическое сопротивление естественных русел // Энергетика.— 1992.— № 2.— С. 110—118.— (Изв. высш. учеб. заведений). [9]. Справочник по гидравлическим расчетам / Под ред. П. Г. Киселева.— М.: Энергия, 1974.— 314 с. [10]. Чоу В. Н. Гидравлика открытых каналов / Пер. с англ.— М.: Стройиздат, 1969.— 464 с.

Поступила 27 июля 1992 г.

УДК 624.21 : 691.116

## К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ КЛЕЕНОЙ ДРЕВЕСИНЫ В МОСТОВЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

В. П. СТУКОВ

Архангельский лесотехнический институт

В процессе проектирования мостового сооружения вопрос о выборе конструкционных материалов занимает особое место, поскольку его рациональное решение определяет не только стоимость, но и сроки службы.

Практика отечественного и зарубежного строительства показывает, что в условиях труднопрогнозируемого роста транспортных потоков, интенсивной индустриализации, изменения климата существенно меняется представление о долговечности мостов. Расширение площадей промышленных зон на десятки и сотни квадратных километров привело к повышению концентрации солей и кислотным дождям. При проектировании мостового сооружения тщательно взвешиваются все стороны «вечного» железобетона, «идеального» металла и естественного полимера — древесины.

Ученые США [1], полагают, что независимо от того, из какого материала построен мост, через 50 лет потребуются модификация его конструкции.

Всесторонняя оценка реальных сроков эксплуатации железобетонных и стальных мостов определила срок их службы в 30... 35 лет, деревянных — в среднем 50 лет [6]. В США, Канаде и европейских странах в деревянных мостах, как правило, используется клееная древесина. Длительный срок службы деревянного моста объясняется хорошей сохранностью антисептированной древесины и отсутствием расслоения клеевых швов. На конференции, состоявшейся в июле 1989 г. в штате Вермонт (США), был рассмотрен вопрос о возможности замены старых железобетонных и стальных мостов деревянными [5].

Ученые, инженеры и проектировщики при исследовании и проектировании мостовых конструкций уделяют все большее внимание древесине как материалу, обеспечивающему длительные сроки нормальной эксплуатации моста.

При работе материала в мостовом сооружении очень важно создать условия для реализации его долговечности. В процессе эксплуатации моста напряжения от внешней нагрузки суммируются с внутренними температурно-влажностными напряжениями, периодический характер которых при увлажнении — высыхании создает наиболее жесткие условия работы клееных конструкций. Необходимая долговечность клееной древесины балок может обеспечиваться созданием нормальных условий эксплуатации. Последняя учитывается при разработке конструкции плиты и полотна проезжей части, исключая попадание воды с проезжей части на клееные балки и по срокам службы не уступающей им.

Нами обследовано 19 мостов в десяти районах Архангельской области — всего 324 балки. Из них лишь пять мостов имели деревоплиту, остальные — сплошной поперечный настил из бруса или бревен. Покрытие проезжей части двух мостов выполнено цементобетонным, пяти — асфальтобетонным, на остальных — продольный деревянный настил.

Клееная древесина, плита из досок «на ребро» и брус сплошного сечения имеют различные сроки службы. При сплошном поперечном и продольном деревянных настилах вода беспрепятственно проникает через конструкцию проезжей части и обильно смачивает главные балки из клееной древесины. Установившееся мнение, что асфальтированная деревоплита из досок, соединенных гвоздями, надежно предохраняет балки пролетного строения от смачивания и загрязнения [4], не соответствует действительности. Обследования показали, что многочисленные трещины в покрытии проезжей части вызывают проникновение воды в деревоплиту и ее загнивание. Подобные случаи имели место в трех из четырех мостов такой конструкции.

Эксплуатация мостов с проезжей частью столь несовершенной конструкции вызывает стремительный рост повреждений балок. Если при первом обследовании в 1986 г. (после 4 лет эксплуатации) из 18 балок пролетного строения моста через р. Лявлю только две имели несквозные расслоения, то уже в 1989 г. были рекомендованы к замене шесть балок, имеющих сквозные расслоения клеевых швов, в ряде случаев проходящие по всей длине балки. В автодорожном мосту через р. Яренгу в 1985 г. выявлены незначительные расслоения клеевых швов в 3 из 88 балок, а в 1991 г. из 14 наиболее дефектных балок пять предложено заменить, остальные могут быть приведены в рабочее состояние в соответствии с рекомендациями. Подобные дефекты клееной древесины характерны и для других обследованных мостов.

Ухудшение состояния клееной древесины связано также с низким качеством клея отечественного производства, отсутствием жесткого контроля за технологическими процессами изготовления балок, нарушением правил транспортировки и хранения.

Наблюдаемые дефекты клееной древесины в мостах не соответствуют ее конструкционному назначению. У инженеров и проектировщиков создается неправильное мнение о ней, что является серьезным препятствием в реализации современных технических решений.

Создать нормальные условия работы клееной древесины и устранить дисбаланс в подборе элементов проезжей части и пролетного строения в целом можно при использовании железобетонной плиты, работающей совместно с деревянными балками. В балках комбинированного сечения плита может быть выполнена из монолитного или сборного железобетона. Практика зарубежного мостостроения показала высокие

эксплуатационные качества мостов с такими балками. По данным университета штата Вирджиния (США), «за последние 50 лет деревянная часть многих из 500 тысяч мостов США заменена железобетонной плитой» [7].

Использование железобетонной плиты способствует повышению капитальности пролетных строений с клееными балками, защите древесины от переувлажнения, хорошему распределению давлений от временной нагрузки. При совместной работе плиты с деревянными балками на изгиб значительно увеличиваются несущая способность и жесткость пролетных строений, в полтора раза снижается высота балок и вдвое уменьшаются касательные напряжения [2].

Объемы строительства из клееной древесины в нашей стране, особенно в мостостроении, весьма незначительны. Число мостов с балками из клееной древесины не превышает двух сотен, а случаи, когда эти балки объединены с железобетонной плитой, единичны.

Расчетные сроки службы мостов с балками из клееной древесины должны быть заложены при их проектировании. Если по какой-то причине это не удалось сделать при строительстве новых мостов, то можно внести необходимые коррективы при их реконструкции.

Примером подобного подхода явилась реконструкция моста с пролетами длиной 18 м через р. Лявлю на автодороге Архангельск — Косково в 1990—1991 гг. Были заменены 10 балок со значительными расщелениями клеевых швов. Плита проезжей части выполнена из монолитного железобетона и объединена с балками при помощи металлических нагелей диаметром 30 мм, глубина заделки в деревянной части 150 мм. Нагели установлены парами с шагом 35 см на приопорных участках и по одному с тем же шагом в средней части пролета балки. Предварительно в верхнем поясе с расчетным шагом были высверлены отверстия диаметром, равным номинальному диаметру стержня нагеля. Стенки отверстий и стержни нагелей были обмазаны эпоксидным клеем, и связывающие элементы установлены в отверстия. Перед бетонированием плиты место контакта древесины балки с бетоном плиты обработано битумной мастикой.

Существенно увеличилась жесткость поперечной конструкции пролетного строения. Расчетной стала крайняя, а не вторая от края балка. Коэффициент составности балки комбинированного сечения для принятой конструкции связей равен 0,64. С заменой деревоплиты на железобетонную постоянная нагрузка на балку несколько увеличилась, однако нормальные напряжения в нижних растянутых волокнах остались прежними (11,38 против 11,25 МПа, что меньше  $0,8 R_{db} = 13,6$  МПа, где  $R_{db}$  — расчетное сопротивление древесины при изгибе). Уменьшились прогиб в середине пролета балки и касательные напряжения в сечении над опорами.

По завершении реконструкции моста были проведены статические испытания пролетных строений нагрузкой, на 7,1% превышающей нормативную А8. Нормальные напряжения в крайних растянутых волокнах балки не превышали 0,7 МПа при их теоретическом значении от испытательной нагрузки 2,8 МПа. В середине пролета расчетной балки прогиб составил 0,57 см при теоретическом значении 1,00 см, что меньше предельно допустимого прогиба, равного 4,35 см. При этом не учтено обжатие резинометаллических опорных частей, что вызвало некоторое завышение прогиба.

Уменьшение экспериментальных напряжений и прогибов по сравнению с теоретическими объясняется включением в работу сточного треугольника и раскрытия проезжей части. Конструктивная поправка, представляющая отношение экспериментального и теоретического прогибов, меньше единицы. Испытания показали значительную жесткость

балок пролетных строений, отсутствие расстройств в связях ребра с плитой, хорошую распределительную способность поперечной конструкции пролетного строения. Контрольные наблюдения в 1991—1993 гг. за состоянием балок комбинированного сечения, в частности клееной древесины, показали, что их состояние полностью удовлетворяет условиям нормальной эксплуатации.

Применение балок комбинированного сечения позволяет существенно улучшить конструкционные и эксплуатационные характеристики пролетного строения, оптимально использовать клееную древесину, ее прочность, деформативные свойства и долговечность.

Несмотря на широкое применение клееной древесины в мостостроении, США и Канада продолжают наращивать темпы ее использования. Этот вопрос решается на правительственном уровне. В США требуют замены до 40 % мостов [8]. При этом предпочтение предполагается отдать конструкциям из древесины. На строительство 80 демонстрационных мостов в 30 штатах будет затрачено 2 млрд долларов.

На автомобильных дорогах нашей страны «значительная часть мостов... была построена в 50—60-е годы. В настоящее время более 50 % мостов не удовлетворяют современным нормативам по грузоподъемности и габаритам, требуют усиления и уширения» [3]. Вполне очевидно, что часть этих мостов потребует замены, и здесь древесина, в частности клееная, должна сыграть решающую роль как современный конструкционный материал.

Проведенная работа позволяет сделать вывод, что клееная древесина не получила должного применения в отечественном мостостроении, а существующие конструкции пролетных строений не обеспечивают оптимальных условий ее нормальной эксплуатации. Недостаточно используются балки комбинированного сечения и другие решения, позволяющие существенно улучшить конструктивные и эксплуатационные характеристики пролетного строения. Клееная древесина получила широкое распространение в современном зарубежном мостостроении. Имеется опыт ее использования в мостах в различных регионах нашей страны. В ближайшее время предстоит выполнить значительные объемы работ по строительству и реконструкции мостов, в которых может быть использована клееная древесина.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Иванова Е. К. Современные деревянные мосты на автомобильных дорогах США.—М.: Автотрансиздат, 1961.—241 с. [2]. Кулиш В. И. Клееные деревянные мосты с железобетонной плитой.—М.: Транспорт, 1979.—160 с. [3]. Мосты и сооружения на дорогах: Учеб. для вузов: В 2 ч. / П. М. Саламахин, О. В. Воля, Н. П. Лукин и др.; Под ред. П. М. Саламахина.—М.: Транспорт, 1991.—Ч. 1.—344 с. [4]. Содержание и ремонт мостов и труб на автомобильных дорогах / К. Н. Гайдук, С. А. Мусатов, С. Э. Озе, Н. Д. Поспелов.—М.: Транспорт, 1976.—296 с. [5]. Bier H. Structural form in timber // Trans. Inst. Prof. Eng. N 2. Civ. Eng. Sec.—1984.—11, N 2.—P. 33—44. [6]. Gibas D. The timber bridge: an old and new concept // Forest prod.—1983.—33, N 11—12.—P. 6—7. [7]. Timber bridge decks // Civ. Eng. (USA)—1985, 55, N 5.—P. 47—49. [8]. Timber bridge touted in Vt. // Woodshop News.—1989.—3, N 10.—P. 132—133.

Поступила 13 июля 1993 г.

УДК 630\*377.44.001.4/5

## МЕТОДИКА И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОЛЕСНЫХ ТРЕЛЕВОЧНЫХ ТРАКТОРОВ С ВОЛОКОМ

А. М. КОЧНЕВ

С.-Петербургская лесотехническая академия

Повышение эффективности лесозаготовительной техники в основном сдерживается техническим уровнем и структурой парка машин для первичной транспортировки древесины. За рубежом доминирующий объем работ на лесозаготовках выполняют с помощью колесных машин (в Скандинавских странах 90...96 %, в Северной Америке 60...70 % [12]). Они обладают высокими транспортными скоростями движения, хорошей проходимостью, экологической совместимостью с лесной средой, а также более комфортными условиями труда оператора.

В настоящее время подготовлено к постановке на серийное производство семейство колесных лесозаготовительных машин АО «Онежский тракторный завод», включающее колесные трелевочные тракторы ТКЛ-4 с пачковым захватом и ТКЛ-6-01 с гидроманипулятором, валочно-трелевочную машину ТКЛ-6-02, сучкорезно-раскряжевочную машину ТКЛ-6-03 и сортиментовоз ТКЛ-6-04. Работы по созданию аналогичных машин проводятся и рядом других организаций. Так, ПО «Харьковский тракторный завод» подготовил к серийному производству базу под колесный трелевочный трактор с пачковым захватом Т-157Н и сортиментовоз Т-157НС; АО Ленлес малыми партиями осуществляет выпуск валочно-сучкорезно-раскряжевочных машин «Софит-Х» и сортиментовоз «Софит-4Ф». Среди них основными, в зависимости от применяемой технологии лесозаготовок, являются колесный трелевочный трактор и сортиментовоз. Сокращение сроков их создания и доводки, выбор оптимальных конструктивных параметров связаны с совершенствованием теории взаимодействия колесных трелевочных тракторов с волоком.

Работы по динамике колесных трелевочных тракторов условно можно разделить на две группы:

по динамике трактора в целом (устойчивость движения, плавность хода, боковая динамическая устойчивость и т. д.). К ним относятся работы А. В. Жукова, Г. М. Анисимова, В. И. Варавы, Д. В. Памфилова, В. И. Букова, Х. Б. Тасева, В. С. Сюнева, Ю. А. Добрынина и др.;

по исследованию динамических процессов, протекающих в отдельных механизмах и системах трактора (включая нагруженность и режимы работы моторно-трансмиссионной установки, гидросистемы рулевого управления, технологического оборудования, ходовой системы и т. д.). Это работы В. А. Александрова, О. М. Ведерникова, В. П. Сергеева, Н. Ф. Бочарова, В. М. Семенова, В. А. Симановича и др. В этой группе необходимо выделить работы Б. Г. Гастева, Б. В. Билыка, Н. И. Библиюка и др., по исследованию упругодемпфирующих свойств трелевочной пачки деревьев и ее формализации при обосновании расчетных моделей.

В опубликованных работах не всегда учитывались такие важные свойства объекта исследования, как, например, упругие характеристики грунта, сглаживающая способность крупногабаритных шин, нелинейный характер работы элементов системы и связи их между собой. Это отражается на достоверности полученных результатов.

В общем случае движения по волоку колесный трелевочный трактор представляет собой сложную многомассовую динамическую систему с многими степенями свободы. Обычно реальную систему заменяют эквивалентной динамической схемой, включающей несколько приведенных масс с безынерционными упругими связями.

Одним из наиболее важных элементов колесных машин является пневматическая шина. Она может быть представлена в виде упругодемпфирующего звена, работающего в вертикальном и боковом направлениях, на скручивание в точке контакта с опорной поверхностью в момент поворота полурам и в тангенциальном (окружном) направлении.

Существенное влияние на устойчивость движения и маневренность колесного трелевочного трактора оказывают параметры гидравлического механизма складывания. Он может быть представлен в виде упругодемпфирующего элемента, установленного на вертикальном шарнире и осуществляющего связь между полурамами трактора. Обоснование необходимости учета упругодемпфирующих свойств механизма складывания при исследовании динамики колесных трелевочных тракторов и полученные для серийных машин числовые данные представлены в работах [8, 9].

Учитывая конструктивные особенности машины, а именно наличие шарнирно-сочлененной конструкции несущей системы, а также существенное различие жесткости несущей системы и остальных упругих элементов, полурамы трактора можно идеализировать абсолютно твердыми телами. Этот вывод подтверждается результатами исследований динамики колесных машин с достаточно малой базой.

Как показали расчеты, жесткость стрелы, приведенная к точке подвеса пачкового захвата (с учетом приведенной жесткости гидропривода), существенно выше, чем в остальных упругих элементах системы. Однако идеализация ее абсолютно твердым телом приводит к необходимости учета явлений удара при включении — выключении троса в процессе продольных перемещений трелеваемой пачки деревьев. Поэтому гидрополиспаг технологического оборудования целесообразно рассматривать как элемент, также обладающий демпфирующими свойствами.

Особым элементом системы является трелеваемая пачка древесины. Как показали ранее выполненные исследования, в случае трелевки пачки лесоматериалов длиной не более 6 м в полностью погруженном положении она может быть представлена в виде абсолютно твердого тела, составляющего единое целое с задней полурамой сортиментовоза. При полуподвешенной трелевке учет колебаний пачки обязателен. Распределенную массу трелеваемой пачки деревьев обычно заменяют тремя дискретными массами: две по концам и одна в центре масс. Такая модель проста, универсальна и позволяет учесть ее основные динамические свойства. При трелевке пачки деревьев с кроной желателен учет ее упругодемпфирующих свойств не только в вертикальном, продольном и боковом направлениях, но и на скручивание при повороте конца трелеваемой пачки вокруг своей оси.

На основании изложенного нами разработана эквивалентная динамическая схема, в которой трелевочный трактор с пачковым захватом идеализирован двумя абсолютно твердыми телами с центрами масс  $O_1$  и  $O_2$  (рис. 1). Тела соединены шарниром с двумя степенями свободы и установлены на упругих основаниях, податливых в вертикальном, боко-

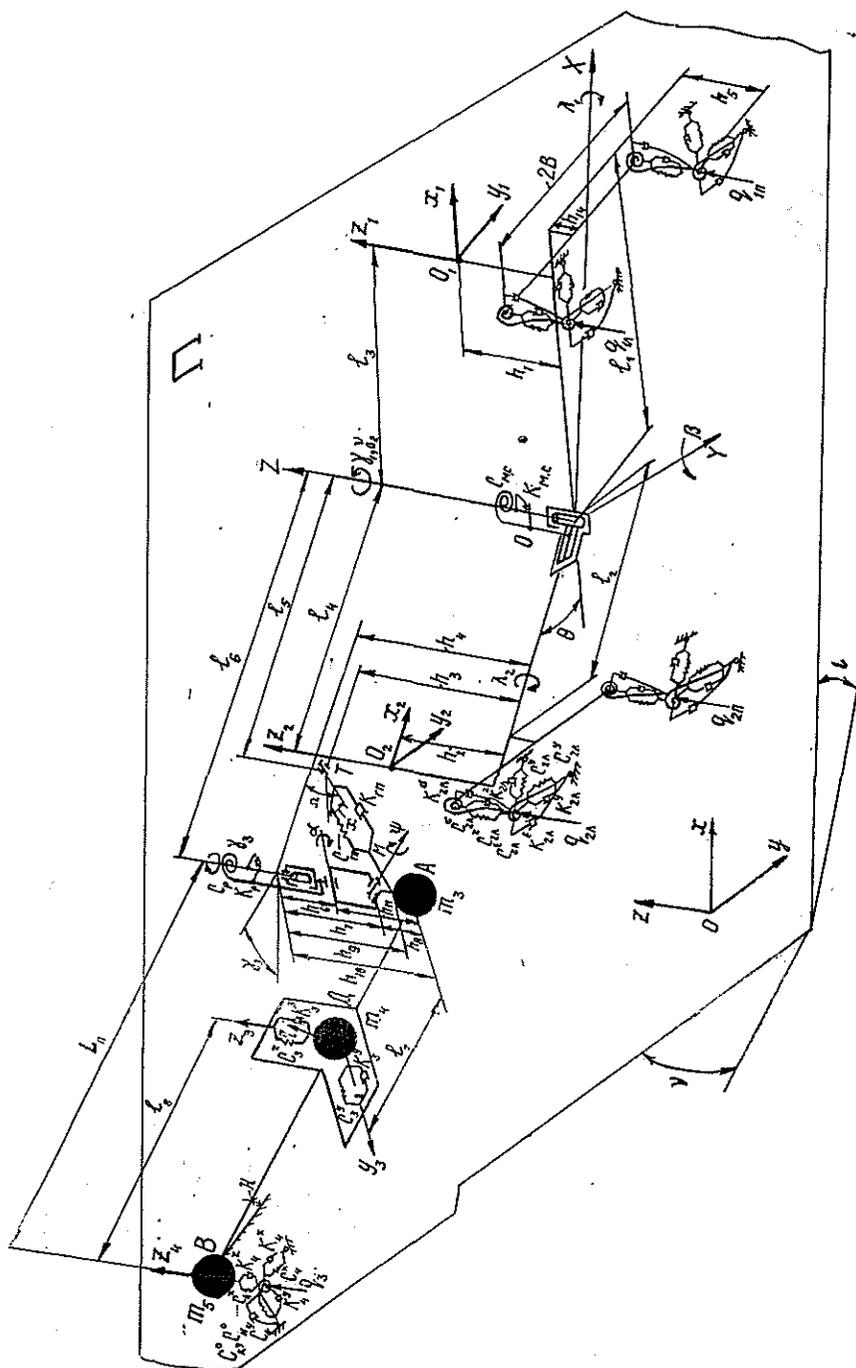


Рис. 1. Эквивалентная динамическая схема системы трелевочный трактор — пачка деревьев — волок

вом, продольном, тангенциальном и горизонтально-угловом направлениях и характеризующихся коэффициентами жесткости  $C_{ij}^z$ ,  $C_{ij}^y$ ,  $C_{ij}^x$ ,  $C_{ij}^{\alpha}$ ,  $C_{ij}^{\beta}$ . Гидравлический механизм складывания полурам представлен упругим элементом с коэффициентом жесткости  $C_{м.с}$ . Пачка деревьев

состоит из трех дискретных масс  $m_3$ ,  $m_4$ ,  $m_5$ , соединенных между собой безынерционным стержнем. Изгибные деформации пачки в вертикальном и боковом направлениях, а также податливость кроны пачки деревьев в вертикальном, боковом, продольном и горизонтально-угловом направлениях смоделированы упругими элементами с коэффициентами

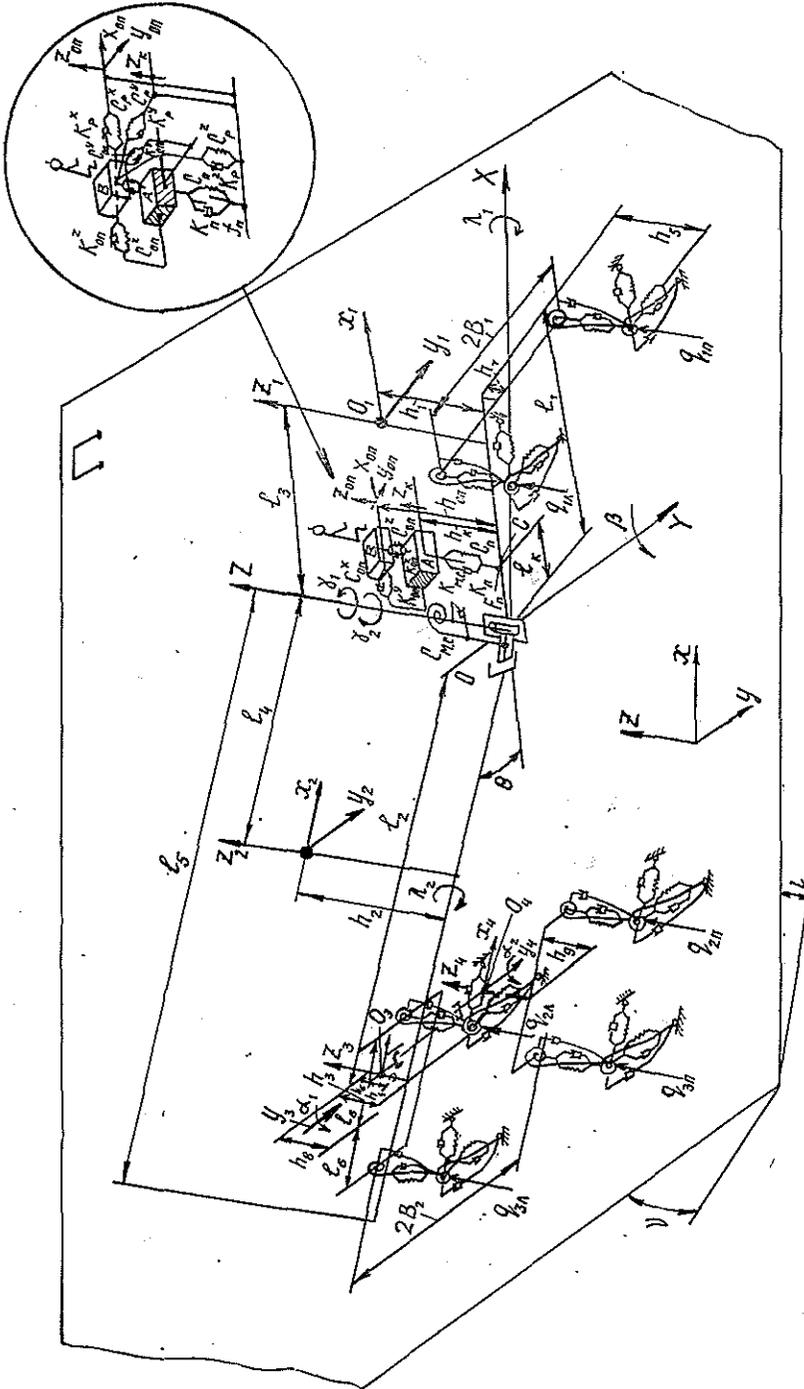


Рис. 2. Эквивалентная динамическая схема системы сортировочный оператор — волок

жесткости соответственно  $C_3^z, C_3^y, C_4^z, C_4^y, C_4^x$  и  $C_k^0$ . Пачка подвешена к трактору с помощью устройства, имеющего шарнир с тремя степенями свободы, и дополнительно соединена с ним через гидрополиспаст технологического оборудования, представленный упругим элементом с коэффициентом жесткости  $C_{гп}$ . Поворотный ротатор, установленный между захватом пачки и стрелой технологического оборудования, рассматривается как упругий элемент с коэффициентом жесткости  $C_p$ .

Сортиментовоз с грузом (рис. 2), имеющий колесную формулу 6К6, идеализирован четырьмя абсолютно твердыми телами с центрами масс  $O_1, O_2, O_3$  и  $O_4$ . Тела с центрами масс  $O_1$  и  $O_2$  соединены шарниром с двумя степенями свободы,  $O_2$  и  $O_3$ , а также  $O_2$  и  $O_4$  — шарниром с одной степенью свободы. Все они, за исключением тела с центром масс  $O_2$ , установлены на упругих основаниях, податливых в вертикальном, боковом, продольном, тангенциальном и горизонтально-угловом направлениях и характеризующихся коэффициентами жесткости  $C_{ij}^z, C_{ij}^y, C_{ij}^x, C_{ij}^a, C_{ij}^e$ . Гидравлический механизм складывания представлен упругим элементом жесткости  $C_{м.с}$ . Для исследования уровня колебаний на рабочем месте оператора в эквивалентную динамическую схему сортиментовоза введены дополнительные дискретные массы кресла оператора  $m_k$  и самого оператора  $m_{оп}$ . Подвеска кресла представлена упругим элементом с коэффициентом жесткости  $C_n$ ; сиденье кресла и упругие свойства тела самого оператора в вертикальном, продольном и поперечном направлениях — соответственно упругими элементами с коэффициентом жесткости  $C_{оп}^z, C_{оп}^x$  и  $C_{оп}^y$ ; упругие свойства рук оператора в этих направлениях — элементами  $C_p^z, C_p^x$  и  $C_p^y$ . Дополнительно учтено сухое трение в подвеске кресла оператора в виде фрикционного элемента с коэффициентом трения  $f_n$ . Все упругие звенья рассматриваемых трелевочных тракторов в направлении своей податливости обладают также демпфирующим сопротивлением. Трактор с пачкой деревьев и сортиментовоз движутся с поворотом на плоскости  $\Pi$ , наклоненной к горизонту с углами  $\iota$  и  $\nu$ .

В общем случае на рассматриваемые динамические системы (рис. 1, 2) действуют консервативные и неконсервативные силы и моменты. К первым относятся силы тяжести, действующие на секции трактора, балансирных тележек и пачки —  $P_d^1, P_d^2, P_d^3, P_d^4, P_d^5$ , а также силы и моменты, возникающие при работе упругих элементов системы: шин —  $P_{ij}^z, P_{ij}^y, P_{ij}^x, M_{ij}^e, M_{ij}^z$ ; гидропривода механизма складывания —  $M_{м.с}$  (при отсутствии воздействия оператора на рулевой привод); гидрополиспаста технологического оборудования —  $P_{гп}$ ; изгибных деформаций пачки —  $P_n^z, P_n^y$ ; кроны —  $P_k^z, P_k^y, P_k^x, M_k$ ; подвески кресла оператора  $P_k$ , подушек кресла и тела оператора —  $P_{оп}^z, P_{оп}^y, P_{оп}^x$ , рук оператора —  $P_p^z, P_p^y, P_p^x$ . Кроме того, при введении в сочленения элементов системы дополнительных упругих элементов к консервативным моментам добавляются упругие моменты в горизонтальном шарнире трактора —  $M_{г.ш}$ ; в шарнирах балансирных тележек —  $M_6^a, M_6^b$ , в шарнирах продольного —  $M_a$  и поперечного —  $M_\phi$  отклонений пачкового захвата, а при включении в работу ротатора и его упругий момент —  $M_p$ . Каждые из рассмотренных консервативных сил и моментов включают в себя силы упругости и диссипации энергии, кроме составляющих сил веса. К неконсервативным силам и моментам системы относятся: силы сопротивления качению колес трактора —  $P_{ij}^f$ ; касательные силы тяги на колесах —  $P_{ij}^x$ ; моменты сопротивления повороту колес в зоне их контакта с опорной поверхностью —  $M_{ij}^u$ ; сила сопротивления воло-

чению пачки деревьев —  $P_{кр}$ ; момент сопротивления повороту волочащейся части пачки деревьев —  $M_{кр}$  и активный складывающий момент механизма поворота трактора —  $M_{м.с}^y$  в случае его управляемого движения.

При составлении уравнений взаимодействия исследуемых колесных трелевочных тракторов с волоком примем следующие допущения:

демпфирующие сопротивления рассматриваемых элементов системы пропорциональны первой степени скорости деформации;

колебания и упругодемпфирующие свойства транспортируемого пакета сортиментов и манипулятора технологического оборудования, установленного в транспортное положение, не учитываются.

Движение трелевочных тракторов будем рассматривать в инерциальной системе координат  $OXYZ$ , ось  $X$  которой совпадает с осью горизонтального шарнира,  $Z$  — с осью вертикального шарнира трактора, начало отсчета лежит на их пересечении. Введем также неподвижную систему координат  $oxy$ , связанную с опорной поверхностью, и подвижные системы координат  $O_1x_1y_1z_1$ ,  $O_2x_2y_2z_2$ ,  $O_3x_3y_3z_3$ ,  $O_4x_4y_4z_4$ , связанные соответственно с центрами масс передней, задней секции и центрами масс балансирных тележек. С учетом конструктивных особенностей рассматриваемых машин, накладывающих определенные соотношения между координатами, состояние системы трелевочный трактор — пачка деревьев — волок (рис. 1) может быть определено четырнадцатью независимыми координатами:  $X, Y, Z, \beta, \gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \lambda_1, \lambda_2, \alpha, \varphi, y_3, z_3$  и  $z_4$ , а состояние системы сортиментовоз — волок (рис. 2) — десятью независимыми координатами:  $X, Y, Z, \beta, \gamma_1, \gamma_2, \lambda_1, \lambda_2, \alpha_1, \alpha_2$ . Учет свойств оператора добавляет еще четыре независимые координаты:  $Z_{оп}, Z_{оп}, Y_{оп}, X_{оп}$ .

Для вывода дифференциальных уравнений, описывающих взаимодействие исследуемых трелевочных тракторов с волоком, использовали уравнения Лагранжа 2-го рода, имеющие в рассматриваемом случае следующий вид:

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_i} + \frac{\partial \Pi}{\partial q_i} + \frac{\partial \Phi}{\partial \dot{q}_i} = \sum_{i=1}^n Q_i + \sum_{i=1}^n M_i, \quad (1)$$

$i = 1, 2, \dots, k$

где  $k$  — число степеней свободы рассматриваемой системы;

$q_i, \dot{q}_i$  —  $i$ -е обобщенные координата и скорость;

$T, \Pi$  — кинетическая и потенциальная энергия системы;

$\Phi$  — диссипативная функция системы;

$Q_i, M_i$  — обобщенные неконсервативные сила и момент.

Уравнения взаимодействия исследуемых трелевочных тракторов с волоком в развернутой форме отражены в работе [11] и в настоящей статье, вследствие их громоздкости, не приводятся.

Исследование полученных систем дифференциальных уравнений на ЭВМ дает возможность решить как прямую, так и обратную задачи динамики — определение перемещений по заданным силам и сил по заданным перемещениям. При этом ряд исследуемых параметров находят непосредственно из решения указанных систем дифференциальных уравнений, другие — через промежуточные преобразования.

Математические модели позволяют исследовать два случая движения трелевочных тракторов по волоку.

1. Движение по прямой или с постоянным радиусом поворота. Угол складывания полурам  $\Theta$  в этом случае либо равен нулю, либо  $\Theta = \text{const}$ , а  $\dot{\Theta} = 0$ . Движение трактора может быть как некорректируемым, так и корректируемым.

2. Вход в поворот и выход из него. При этом задаются законы изменения  $\Theta = f(t)$  при  $\dot{\Theta} = \text{const}$  и  $M_{m,c}^y = f(t)$ . Упругодемпфирующая связь  $M_{m,c}$  вступает в действие только при фиксации величины  $\Theta$ . В других случаях управляемого движения (например движение по змейке, разворот, неустановившийся режим поворота трактора) задаются соответствующие законы изменения  $\Theta = f(t)$  и  $\dot{\Theta} = f(t)$  или  $M_{m,c}^y = f(t)$ .

В качестве внешнего возмущающего воздействия для исследуемых систем дифференциальных уравнений и реализуемого через точки взаимодействия колес трактора и кроны трелевочной пачки деревьев с опорной поверхностью, могут служить: единичная обособленная неровность или импульс; периодически чередующиеся обособленные неровности и случайный микропрофиль волока. Учет того или иного входного воздействия определяется задачами исследований. Использование единичной обособленной неровности целесообразно при решении задач устойчивости исследуемой системы, определении связи колебаний секций трактора между собой и отладке полученной модели на ЭВМ. Математические выражения, описывающие единичные обособленные неровности различного профиля (синусоидальный, прямоугольный, треугольный и единичный импульс), широко описаны в литературе.

Применение в качестве входного воздействия периодически чередующихся обособленных неровностей целесообразно при определении собственных (резонирующих) частот системы.

При выборе и обосновании оптимальных конструктивных параметров и режимов эксплуатации трелевочного трактора основным видом воздействия является случайный микропрофиль поверхности движения. Его моделирование может осуществляться при использовании как массива ординат конкретного микропрофиля, замеренных с определенным шагом квантования, так и «датчика случайных чисел», входом из которой являются математическое ожидание и среднее квадратичное отклонение ординат соответствующего микропрофиля.

Упругую податливость грунта целесообразно учитывать приведением его упругодемпфирующих свойств к упругодемпфирующим свойствам шины, а сглаживающую способность последней, по отношению к неровностям, меньшим длины отпечатка, по выражению

$$q_{ij}^{cr}(l) = \frac{1}{b_{ij}} \left[ q_{ij} \left( l + \frac{b_{ij}}{2} \right) - q_{ij} \left( l - \frac{b_{ij}}{2} \right) \right], \quad (2)$$

где  $b_{ij}$  — длина отпечатка  $ij$  шины;

$l$  — величина продвижения трактора вдоль волока.

Нелинейный характер работы отдельных упругодемпфирующих элементов трактора и связей между его звеньями учитывали с помощью аппроксимации последних кусочно-линейными функциями, вид и характер которых подробно описаны в литературе.

Полученные системы дифференциальных уравнений решали методом Рунге — Кутты с модификацией Мерсона, для чего был разработан соответствующий пакет прикладных программ на языке Фортран-77. В качестве базовой выбрана ПЭВМ IBM PS/AT, обладающая достаточным объемом оперативной памяти и быстродействием.

Проверка адекватности полученных математических моделей была выполнена для колесного трактора ПО ОТЗ ТКЛ-4 (объем пачки 6 м<sup>3</sup>) и сортиментовоза ТКЛ-6-04 (объем пачки 20 м<sup>3</sup>). Экспериментальные исследования для этих же машин проводили в природо-производственных условиях Северо-Западного промышленного региона [6, 7].

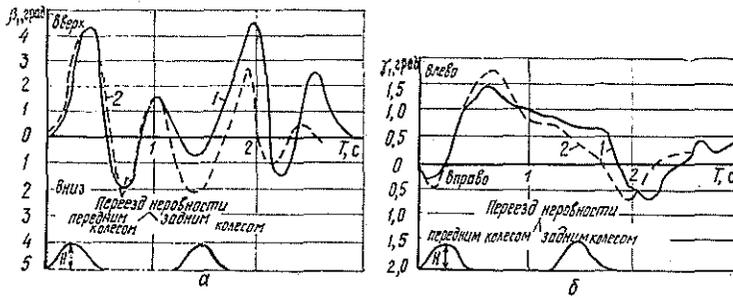


Рис. 3. Траектории движения звеньев системы при переезде через единичную неровность,  $H = 0,3$  м,  $L = 1,0$  м,  $V = 2,0$  м/с: а — угол галопирования трактора ТКЛ-4; б — курсовой угол передней полурамы сортиментовоза ТКЛ-6-04; 1 — расчет; 2 — эксперимент

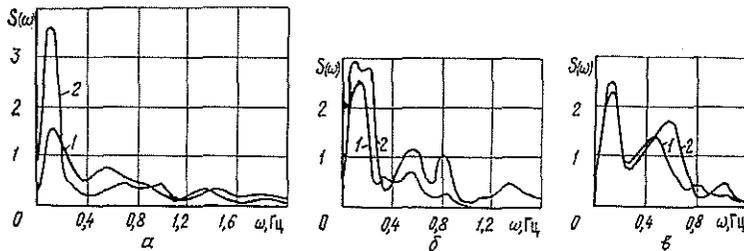


Рис. 4. Спектральные плотности колебательных процессов исследуемых систем при движении по случайному микропрофилю,  $V = 2,0$  м/с: а — курсовой угол передней полурамы трактора ТКЛ-4 на лесной дороге; б — угол галопирования сортиментовоза ТКЛ-6-04 на пасечном волокне; в — угол крена передней полурамы трактора ТКЛ-4 на пасечном волокне; 1 — расчет; 2 — эксперимент

Результаты проверки адекватности разработанных математических моделей представлены на рис. 3 и 4.

Здесь имеет место хорошее количественное и качественное совпадение результатов исследования при переезде единичной обособленной неровности и движении по случайному микропрофилю волокна. Степень расхождения результатов составляет 10...15% и объясняется как влиянием ряда дополнительных факторов, учет которых в математическом описании движения трактора по волоку значительно затруднен, так и погрешностью результатов проведенных экспериментальных исследований.

Полученная точность подтверждает достоверность разработанных математических моделей взаимодействия колесного трелевочного трактора с волоком и позволяет перейти к ее широкому исследованию.

Предварительные расчеты по разработанным математическим моделям показали, что рациональное значение коэффициента жесткости механизма складывания  $C_{м.с} \geq 2000$  кН · м/рад при коэффициенте демпфирования  $K_{м.с} = 10$  кН · м · с/рад; динамический радиус колеса трактора  $R_d = 1,0 \dots 1,05$  м; ширина его колес  $B = 2,0 \dots 2,2$  м.

Рациональное соотношение плеч балансиров тандемной тележки трелевочного трактора колесной формулы 6К6, имеющей заблокированный привод, должно составлять 1,0 при высоте точки качания балансиров 0,25...0,30 м и угле их наклона 15 град. В случае индивидуального

привода колес соотношение плеч балансиров рекомендуется принимать в диапазоне 0,25... 0,40 при расположении точки качания балансира на линии, соединяющей центры колес тележки.

Расчеты показали также обоснованность введения в сочленения звеньев дополнительных устройств, ряд которых защищен авторскими свидетельствами на изобретения: в вертикальный шарнир — блокирующего устройства с жесткостью  $C_{м.с} \geq 2000 \text{ кН} \cdot \text{м/рад}$  [1, 4, 5] или демпфера с коэффициентом неупругого сопротивления  $K_{м.с} = 10 \text{ кН} \cdot \text{м} \times \times \text{с/рад}$  [3]; в горизонтальный шарнир — демпфера с неупругим сопротивлением  $K_{г.ш} = 60 \text{ кН} \cdot \text{м} \cdot \text{с/рад}$ ; в шарнир сочленения стрелы и пачкового захвата — блокирующего устройства с коэффициентом жесткости  $C_{п.ш} = 50 \text{ кН} \cdot \text{м/рад}$  или демпфера с коэффициентом неупругого сопротивления  $K_{п.ш} = 30 \text{ кН} \cdot \text{м} \cdot \text{с/рад}$ .

Доказана также целесообразность подрессоривания отдельных элементов технологического оборудования трелевочного трактора [2] и применение подвеса пачкового захвата с изменяемой длиной [10].

Проведенные исследования подтвердили адекватность математических моделей, расхождение результатов исследований на 10...15 %, что позволяет рекомендовать разработанные методики и математические модели для использования в создании АСНИ и САПР «Колесный трелевочный трактор».

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. А. с. 1320112 СССР, МКИ<sup>4</sup> В62Д53/02. Сочлененное транспортное средство / Г. М. Анисимов, А. М. Кочнев, А. П. Богачев (СССР).— № 4056577/31—11; Заявлено 14.04.86; Оpubл. 30.06.87 // Открытия. Изобретения.— 1987.— № 24.— С. 73—74. [2]. А. с. 1326482 СССР, МКИ<sup>4</sup> В 60 Р 3/40. Приспособление для полуподвесной трелевки леса / В. Д. Валяжонков, А. М. Кочнев, А. П. Богачев, Н. Ю. Иванов (СССР).— № 4000848/31—11; Заявлено 27.12.85; Оpubл. 30.07.87 // Открытия. Изобретения.— 1987.— № 28.— С. 58. [3]. А. с. 1342806 СССР, МКИ<sup>4</sup> В 62 Д 53/08. Сцепное устройство сочлененного транспортного средства / Г. М. Анисимов, А. М. Кочнев, В. Д. Валяжонков, Д. В. Памфилов (СССР).— № 4072667/31—11; Заявлено 28.05.86; Оpubл. 07.10.87 // Открытия. Изобретения.— 1987.— № 37.— С. 78—79. [4]. А. с. 1404397 СССР, МКИ<sup>4</sup> В 62 Д 5/06. Гидравлическая система рулевого управления шарнирно сочлененного транспортного средства / Г. М. Анисимов, А. М. Кочнев, А. Г. Ковалев (СССР).— № 4175633/31—11; Заявлено 05.01.87; Оpubл. 23.06.88 // Открытия. Изобретения.— 1988.— № 23.— С. 86. [5]. А. с. 1585204 СССР, МКИ<sup>4</sup> В 62 Д 53/02. Сочлененное транспортное средство / Г. М. Анисимов, А. М. Кочнев (СССР).— № 4426356/27—11; Заявлено 17.05.88; Оpubл. 15.08.90 // Открытия. Изобретения.— 1990.— № 30.— С. 96—97. [6]. Исследование технико-экономических показателей и составляющих баланса мощности МТУ колесного лесопромышленного трактора ТКЛ-4 на основных элементах технологического цикла трелевки: Отчет о НИР/ СЗФ НАТИ; Руководитель В. Л. Довжик.— 7; № ГР 01910031619.— Вырица, 1990.— 290 с. [7]. Исследование влияния технических решений и параметров на тягово-сцепные и скоростные свойства перспективных колесных сортиментовозов ОТЗ: Отчет о НИР/ ЛТА; Руководитель Г. М. Анисимов.— 1.12.036; № ГР 01910052777.— С.-Пб, 1991.— 55 с. [8]. Кочнев А. М., Валяжонков В. Д., Памфилов Д. В. Исследование упругодемпфирующих свойств гидропривода механизма складывания трелевочных тракторов // Лесн. журн.— 1990.— № 1.— С. 43—48.— (Изв. высш. учеб. заведений). [9]. Повышение устойчивости заданного направления движения колесной трелевочной системы / Г. М. Анисимов, А. М. Кочнев, В. П. Сергеев, Д. В. Памфилов // Лесн. журн.— 1990.— № 5.— С. 29—36.— (Изв. высш. учеб. заведений). [10]. Положительное решение на заявку № 4899583/11 от 28.08.91. Устройство для полуподвесной трелевки леса / Г. М. Анисимов, Д. В. Памфилов, А. М. Кочнев (СССР); Принято 03.01.91.— 4 с. [11]. Разработка методики расчетного определения статической и динамической нагруженности колесного лесопромышленного трактора: Отчет о НИР / Сев.-Зап. филиал НПО НАТИ; № ГР 0191001301.— Вырица, 1990.— 232 с. [12]. Татаринов В. П. Лесной комплекс. Состояние и перспективы развития.— М.: Лесн. пром-сть, 1989.— 352 с.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ  
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.093

## СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЛЕСОПИЛЕНИЯ РОССИИ

*Р. Е. КАЛИТЕЕВСКИЙ*

С.-Петербургская лесотехническая академия

Лесопильное производство сегодня нельзя рассматривать без связи со всем лесным комплексом, так как именно оно обеспечивает рациональное и комплексное использование большей части заготавливаемой древесины. В России сосредоточено до 1/4 всех мировых запасов леса. В настоящее время спелые леса составляют 54 % в общем лесном фонде России, в том числе перестойные — 41 %. Оптимальным считается наличие спелых лесов, не превышающее 10...20 %. В мировой практике вместо сплошных концентрированных рубок все более широкое распространение получают выборочные постепенные рубки ухода за лесом. С 1 га заготавливают по 450...500 м<sup>3</sup> древесины — в три раза больше, чем у нас сегодня. При этом строятся постоянные предприятия и мини-города. Нам предстоит существенно пересмотреть методы лесовыращивания, способы лесозаготовок и организацию лесопиления, чтобы организовать рациональное, непрерывное, неистощительное использование лесных ресурсов с соблюдением лесного законодательства и интересов населения, проживающего в определенном регионе, области.

Можно выделить три основных вида пиломатериалов: экспортные, пиломатериалы для внутреннего рынка и строганые. Для их производства должны быть специализированные лесопильные предприятия. Кроме этого, должны иметь место лесопильно-деревообрабатывающие предприятия, выпускающие только пилозаготовки или конструкционные пиломатериалы. Специализация предприятия определяет не только структуру производственных процессов, но и технико-экономические показатели.

В зависимости от размеров, качества, породы сырья и объемов переработки выбирают типы станков и линий, системы оптимизации раскроя и управления, а также типы сушильного оборудования.

Сравнительно недавно при проектировании лесопильных цехов и предприятий выбор головного бревнопильного оборудования производился достаточно просто. Если было необходимо распиливать 100 тыс. м<sup>3</sup> и более бревен в год, устанавливали двухэтажные лесопильные рамы, если несколько тысяч — одноэтажные. При переработке на пиломатериалы и технологическую щепу сравнительно больших объемов тонкомерных бревен (несколько десятков тысяч кубических метров в год) с диаметрами в вершине до 16...18 см, что имело место на крупных предприятиях, применяли или фрезерно-брусующие станки на первом проходе и круглопильные на втором, или линии агрегатной переработки бревен.

При разработке проектов лесопильных цехов использовали типовые решения Гипродрева и др. Некоторые расчеты, например необходимой вместимости складов рассортированного сырья, вообще не производились. Вопросы экономии древесины, труда и энергии решались далеко не всегда, что явилось одной из причин нашего отставания в этой области. Созданные в 80-е годы фрезерно-ленточнопильные линии

ЛФП-1 и -4, фрезерно-круглопильные линии ЛФП-2 и -3 и другие виды оборудования так и остались в опытно-промышленных образцах или на стадии проектно-технической документации. В мировой практике в настоящее время все большее развитие получают именно спаренные ленточнопильные, фрезерно-ленточнопильные и круглопильные станки, перерабатывающие бревна на сквозной проход и позволяющие производить поднастройку режущих органов перед каждым бревном и брусом и осуществлять их оптимальный раскрой на основе информации, которую получают от датчиков величин диаметров, сбега, длины и эллиптичности. Особое значение имеет применение таких станков на малых предприятиях с низкой экономической эффективностью. В этом случае на головном агрегате осуществляют несколько проходов при раскросе каждого бревна с возвратом выпиленного из него бруса, что дает возможность увеличить выход спецификационных пиломатериалов и, самое главное, практически исключить сортировку бревен, оборудование для которой стоит очень дорого и поэтому не применяется на малых предприятиях. Заметим, что даже специализированные предприятия бывшего Минлеспрома выпускали до 40 % неспецификационных пиломатериалов, а на одноэтажных рамах вырабатывали в основном необрезные доски.

Одной из наиболее существенных проблем отечественного лесопиления является боязнь применения современного оборудования, позволяющего оптимизировать раскрой бревен, брусьев и досок, но требующего квалифицированных кадров, надежного ленточнопильного инструмента, специальных оптимизационных, имитационных и других программ, с помощью которых осуществляют оперативное планирование и управление производством пиломатериалов. Однако в условиях резкого увеличения стоимости пиловочного сырья (в 100 и более раз) и рабочей силы, приватизации лесопильных предприятий невозможно добиться высоких экономических показателей без повышения технического, организационного и технологического уровней отечественного лесопиления.

Очевидно, что при экономической независимости и новых формах хозяйствования возможны несколько путей совершенствования технологии отечественного лесопиления. К ним можно отнести закупку оборудования за рубежом, использование оборудования, выпускаемого отечественными специализированными машиностроительными фирмами и совместными предприятиями, а также предприятиями военно-промышленного комплекса. При этом основной задачей становится закупка, создание и использование наиболее передовых технологий, оборудования и систем оптимизации и управления. Задача эта весьма не проста и, как показывает уже имеющийся в этих вопросах опыт, не может быть решена только экономическими или директивными мерами. Здесь нужна четкая государственная техническая политика.

Одним из важнейших направлений решения перечисленных вопросов является резкое поднятие технического уровня отечественных машиностроительных организаций, в первую очередь Вологодского ГКБД, где сейчас сосредоточены основные разработки по лесопильному оборудованию, ВНИИДМАШ и др.

В настоящее время производство отечественного оборудования для лесопиления практически базируется на ранее выпускавшихся серийно двухэтажных лесопильных рамах с околорамными механизмами, одноэтажных лесопильных рамах, обрезных станках и т. д. Объясняется это многими причинами, в частности тем, что отечественное станкостроение в области лесопиления вошло в рынок, когда серийный выпуск современного ленточнопильного оборудования, линий для сортировки бревен, пиломатериалов, окончательной обработки последних после

сушки и др. только намечался. Модульный принцип создания оборудования для предприятий малой, средней и большой производственной мощности\* не использовался, хотя именно он послужил основой для повышения экономической эффективности ведущих зарубежных столярно-строительных фирм, выпускающих оборудование для лесопиления. Выходом из создавшегося положения являются разработка и осуществление целевых программ по созданию ресурсосберегающих гибких технологий лесопиления на базе модульного оборудования и модульных машин при финансировании их государственной лесопромышленной компанией (Рослеспром) и инвестициями этих проектов крупными акционерными обществами и организациями.

Обычно при реконструкции существующих и проектировании новых предприятий основное внимание обращалось на состав и последовательность технологических операций и оборудование для их выполнения. Однако сегодня не менее важным являются принимаемые системы оптимизации и планирования раскроя сырья, а также оперативного управления процессами производства пиломатериалов.

До появления систем датчиков и вычислительной техники формы хлыста и бревна приводили к известным геометрическим фигурам или их комбинациям с помощью математических формул. При этом было достаточно осуществить несколько замеров, чтобы определить параметры. Существующие отечественные ГОСТ и ОСТ учета круглых лесоматериалов построены на таком статистическом табличном методе. Приведенные в них данные весьма противоречивы и дают существенные погрешности. Широкое внедрение современных электронных средств измерения позволяет резко увеличить не только достоверность измерения, но и осуществить высокоэффективную оптимизацию раскроя хлыстов, бревен и досок на заготовки, экономию труда, площадей и улучшение других показателей производства при минимально возможной себестоимости продукции. (Следует иметь в виду, что именно высокие показатели экономии сырья дают возможность окупить в короткие сроки дорогостоящее современное оборудование). В этом случае применяют интегральный метод учета лесоматериалов, обеспечивающий наиболее достоверные условия индивидуального подхода при оптимизации раскроя каждого конкретного хлыста и бревна. В частности, раскрой хлыстов ведут по критерию максимального выхода пиломатериалов или заготовок, а не сортиментов.

Решение этих вопросов невозможно без создания и использования специализированных, технологически ориентированных программ, являющихся основой программно-методического обеспечения автоматизированных рабочих мест (АРМ) технологов и систем автоматизированного проектирования (САПР) технологии лесопильных предприятий. В настоящее время под нашим руководством разработаны программы для расчета поставов, проектирования оптимальных поставов и их систем, определения оптимальных границ и числа сортиментных групп бревен, планирования раскроя пиловочных бревен на пиломатериалы, моделирования процессов составления баланса интенсивности поступления рассортированных бревен в запас и интенсивности их распиловки при минимизации необходимой вместимости склада рассортированного пиловочника, а также система программ, обеспечивающих взаимосвязь процессов планирования раскроя сырья и его подготовки к распиловке при оперативном управлении производством пиломатериалов и др. Достоинство таких программ — простота их освоения технологами, без специальной подготовки по программированию, резкое сокращение

\* Калитеевский Р. Е. Проблемы развития малых лесопильных предприятий // Деревообрабатывающая пром-сть.— 1992.— № 3.

сроков и повышение качества обучения персонала, даже не имеющего большого профессионального опыта. Использование программ особенно важно на стадии предпроектных и проектных решений, так как позволяет избежать ошибок при выборе оборудования, определении рациональных структурно-технологических схем предприятий, режимов их работы и решении целого ряда других вопросов. Все это способствует сведению экономического риска к минимуму. Очевидно, чтобы обеспечить высокий уровень технологии отечественного лесопиления, необходимы разумная налоговая политика, когда льготы в первую очередь предоставляются тем предприятиям, которые применяют экологически чистые и высокие технологии, и создание специальных экспертных комиссий. В этом случае значительно возрастает уровень отечественной продукции на внешнем и внутреннем рынках.

В развитых странах имеются профессиональные комиссии при государственных органах, без положительного отношения которых ни одна фирма не принимает окончательного решения при закупке как отечественного, так и импортного оборудования. Их основным назначением является экспертиза проектных решений и предупреждение ошибок, которые могут привести к экономической несостоятельности предприятий. Представляющие на экспертизу фирмы, как правило, не имеют к комиссиям никаких претензий, так как получают от этого выгоду, ввиду сведения экономического риска принимаемых решений к минимуму. Естественно, что эти комиссии должны состоять из квалифицированных ученых и практиков технологического и экономического профилей.

### *Выводы*

1. В настоящее время необходимы создание и осуществление целевых программ по разработке ресурсосберегающих гибких технологий лесопиления и модульных систем, включая спаренные фрезерно-ленточнопильные и круглопильные станки, линии для сортировки бревен и другого оборудования, предусматривающих финансирование государственной лесопромышленной компанией и инвестиции крупными акционерными обществами и другими организациями.

2. Проектирование современных технологий лесопиления как при реконструкции существующих, так и при создании новых предприятий должно производиться с применением электронно-вычислительной техники на базе технологически ориентированного программно-методического обеспечения. Только при этих условиях выбор основных типов лесопильного оборудования, структуры производственных процессов, уровня производственной мощности и других параметров может быть произведен с достаточной степенью достоверности и сведением экономического риска к минимуму.

3. Без дальнейшего развития программно-методического обеспечения АРМ технологов и САПР технологии лесопиления практически невозможно проектирование эффективных лесопильных предприятий. Использование систем технологически ориентированных программ на существующих предприятиях может позволить получить прямой эффект от улучшения технико-экономических показателей производственной деятельности предприятий на 2... 10 %.

4. В условиях конкурентной борьбы каждое лесопильное предприятие должно осуществлять свою техническую политику. При этом необходима продуманная государственная техническая политика развития отечественного лесопиления и создание консультативных специальных комиссий из высококвалифицированных специалистов на уровне каж-

дого региона, области, города, по рекомендациям которых должны решаться вопросы перспективности той или иной технологии.

Поступила 29 октября 1993 г.

УДК 674.053 : 621.934

## О ПОВЕДЕНИИ ВРАЩАЮЩЕГОСЯ ДИСКА ПИЛЫ, ПРОКОВАННОГО ДО ЗАКРИТИЧЕСКОГО НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ

Ю. М. СТАХИЕВ

ЦНИИМОД

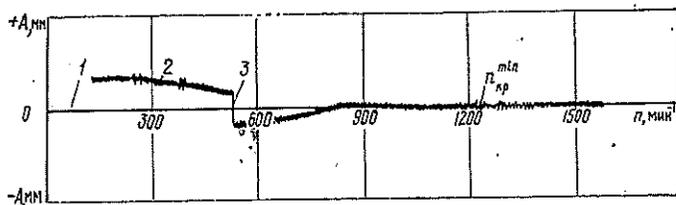
Для обеспечения устойчивой работы диск пилы должен иметь нормированное начальное напряженное состояние, которое обычно создается проковкой или вальцеванием. Это имеет большое практическое значение для круглопильных станков, осуществляющих продольную распиловку древесины пилами большого (800...1300 мм) диаметра. Одно из назначений такой подготовки — увеличение минимальной критической частоты вращения  $n_{кр}^{min}$ , позволяющее при необходимости повысить рабочую частоту вращения или уменьшить толщину пилы.

Например, полученные ЦНИИМОДом с фирмы «Сталь» (г. Н. Новгород) правленные, но не прокованные пилы (диаметр 1000 мм, толщина 3,6 мм, число зубьев 48) при зажатии фланцами диаметром 200 мм имели  $n_{кр}^{min} = 1115 \text{ мин}^{-1}$ . После проковки до близкого к критическому напряженному состоянию они стали иметь  $n_{кр}^{min} = 1485 \text{ мин}^{-1}$ , т. е. эффект проковки составил 33 %. В станках Кара, Лаймет-120 рабочая частота вращения пильного вала равна  $1150 \text{ мин}^{-1}$ . Непрокованные пилы  $1000 \times 3,6 \text{ мм}$  работают неустойчиво ( $1150 > 1115 \text{ мин}^{-1}$ ), а прокованные — устойчиво ( $1150 < 1485 \text{ мин}^{-1}$ ). Если рабочая и критическая частоты вращения близки, то завод-изготовитель пил должен гарантировать по сертификату показатели, относящиеся к начальному напряженному состоянию (проковка, вальцевание) и отклонению толщины диска. Но лучше всего, если он будет указывать в маркировке пилы фактическую минимальную критическую частоту вращения  $n_{кр}^{min}$ , определенную на разгонном стенде.

В некоторых зарубежных работах [1, 6] отмечается возможность повышения эффективности проковки в результате доведения напряженного состояния пилы до закритического. При этом диск пилы, принимающий в результате такой проковки тарельчатую форму, должен при рабочей частоте вращения выпрямиться и приобрести плоскую форму. Однако реальное поведение вращающегося диска с закритическим начальным напряженным состоянием экспериментально не изучали. Такие исследования были проведены в ЦНИИМОДе на разгонном стенде [3].

Для их осуществления использовали прокованную пилу диаметром 915 мм, толщиной 2,2 мм с 72 зубьями, поставленную фирмой «Тенрю Соу» (Япония) и находящуюся в закритическом напряженном состоянии. После зажатия пилы во фланцах диаметром 200 мм тарельчатость диска составляла 2,6 мм. В плоское положение невращающуюся пилу установить было невозможно — после снятия поддерживающих усилий она отклонялась («играла») в крайнее правое или левое положение.

После установки диск разгоняли от 250 (12) до 1600 мин<sup>-1</sup> (77 м/с)\* с ускорением 2,8 мин<sup>-1</sup>/с. Поперечное отклонение вращающегося диска регистрировали с помощью емкостного датчика, установленного против периферийной зоны пилы с зазором 5 мм. Торцовое биение диска при медленном вращении (от руки) составляло 0,32 мм. Осциллограмма колебаний пилы при разгонных испытаниях приведена на рисунке. Она позволяет отметить ряд характерных особенностей процесса.



Осциллограмма поперечных отклонений прокованной до критического состояния пилы в процессе разгонных испытаний: 1 — линия плоскости вращения идеально плоской пилы; 2 — поперечное отклонение диска пилы; 3 — момент перехода пилы из левого в правое положение относительно плоскости вращения

Невращающийся диск пилы находился в одном из крайних (например левом) положений от плоскости вращения. После включения привода пильного вала и постепенного повышения частоты вращения диск под действием центробежных сил инерции начинает выпрямляться. При частоте вращения  $n = 564 \text{ мин}^{-1}$  (27 м/с) происходит мгновенный переход диска из левого в правое положение. По мере увеличения  $n$  диск выпрямляется. Этот процесс заканчивается при значении  $n$ , равном ориентировочно  $852 \text{ мин}^{-1}$  (41 м/с). Переход диска на другую сторону от плоскости вращения больше не наступал.

Пила  $915 \times 2,2 \text{ мм}$  в статике имела частоты собственных колебаний 23, 44 и 71 Гц для форм колебаний соответственно с 2, 3 и 4 узловыми диаметрами. Найдём минимальную критическую частоту вращения по обычной формуле для плоского диска

$$n_{\text{кр}}^{\text{min}} = \frac{60v_{\text{ст}}}{\sqrt{\lambda^2 - B}},$$

где  $v_{\text{ст}}$  — частота собственных колебаний невращающегося диска по форме  $\lambda$ ;  
 $\lambda$  — число узловых диаметров (обычно  $\lambda \geq 2$ );  
 $B$  — динамический коэффициент (для  $\lambda = 2$  он равен 2,25 [3]).

Тогда

$$n_{\text{кр}}^{\text{min}} = \frac{60 \cdot 23}{\sqrt{2^2 - 2,25}} = 1043 \text{ мин}^{-1}.$$

Однако фактическая минимальная критическая частота пилы после выпрямления под действием центробежных сил инерции составляла  $1242 \text{ мин}^{-1}$  (59,5 м/с). Следовательно, подготавливая пилу до критического напряженного состояния с последующим ее выпрямлением в

\* В скобках здесь и далее указана окружная скорость.

результате действия центробежных сил инерции, можно увеличить минимальную критическую частоту вращения с 1043 до 1242  $\text{мин}^{-1}$ , а динамический коэффициент  $B$  для формы колебаний  $\lambda = 2$  — с 2,25 [3] до 2,76. Следует отметить, что близкие к этому значению  $B$  результаты были получены ЦНИИМОДом для пил с кольцевыми прорезями [2, 3], обеспечивающими при вращении достаточно свободное натяжение периферийной зоны диска.

По этой же методике проведены опыты с использованием группы прокованных пил диаметром 915 и 1015 мм фирмы «Тенрю Соу» (Япония), находящихся в закритическом напряженном состоянии. Затем некоторые пилы были прокованы по периферийной зоне и уровень напряженного состояния снижен от закритического до критического, благодаря чему диски пил приняли плоскую форму. У этих пил при проведении разгонных испытаний определены минимальные критические частоты вращения.

Полученные результаты приведены в таблице.

Но- мер пилы	Диам- метр пилы, мм	Толщи- на пилы, мм	Торцо- вое биение диска, мм	Тарель- чатость диска в ста- тике, мм	Характерные частоты вращения, $\text{мин}^{-1}$			
					Момент скачко- образ- ного перехо- да от носиль- тельно плоско- сти враще- ния	Начало устране- ния тарель- чатости диска	Мини- мальная критиче- ская частота враще- ния	Начало возникно- вания автоколебаний
Пилы с закритическим напряженным состоянием								
16	915	1,45	0,50	1,9	590	675	975	1390
6	915	2,20	0,32	2,6	564	852	1242	1600
7	1015	2,00	0,54	1,0	—	600	890	1300
2	1015	2,00	0,30	3,0	620	800	1070	1500
12	1015	2,40	0,30	2,3	355	1000	1140	1710
Пилы с критическим напряженным состоянием								
9	915	1,45	0,67	—	—	—	685	950
6	915	2,20	0,20	—	—	—	1068	1650
29	1000	3,60	0,54	—	—	—	1485	—
7	1015	2,00	0,55	—	—	—	760	1130
11	1015	2,40	0,23	—	—	—	900	1450

Анализ опытных данных позволяет отметить следующее.

1 У пил диаметром 915...1015 мм, толщиной 1,45...2,40 мм, прокованных до закритического напряженного состояния, полное устранение тарельчатости достигается при частотах вращения 675...1000  $\text{мин}^{-1}$  (32...53 м/с).

2 Диапазон частот вращения, соответствующий частоте, при которой начинается выпрямление прокованного до закритического напряженного состояния диска, и  $n_{кр}^{min}$ , для использованных в опытах пил составляет 270...390  $\text{мин}^{-1}$ , а у пилы № 12 — всего 140  $\text{мин}^{-1}$ .

3 Эффект проковки пил до закритического напряженного состояния по сравнению с проковкой до критического напряженного состояния выражается в увеличении минимальной критической частоты вращения на 174...310  $\text{мин}^{-1}$ .

4 Для станков, имеющих одну постоянную рабочую частоту вращения пильного вала, можно подобрать пилу практически только одного диаметра и одной толщины, при которой она может быть использована с проковкой до закритического напряженного состояния. Напри-

мер, если в станке Кара частота вращения пильного вала равна  $1150 \text{ мин}^{-1}$ , то с закритической проковкой можно применять пилы ориентировочно следующих геометрических параметров:  $915 \times 2,4 \text{ мм}$ ;  $1015 \times 2,6 \text{ мм}$ . Для сохранения диаметра пилы постоянным обязательно оснащение зубьев пластинками твердого сплава.

5. Пилы с закритической проковкой имеют тарельчатую форму, что создает неудобства при их подготовке (заточке и др.) и установке (выверке ограничителей отклонения и др.). Поэтому в обычной практике их широкое промышленное применение маловероятно [2].

6. Для уменьшения толщины пил, используемых в станках Кара и Лаймет-120, целесообразно идти по пути снижения рабочей частоты вращения пильного вала и соответствующего увеличения числа зубьев пилы, а также замены развода зубьев плющением, не допуская превышения критического напряженного состояния диска. Например, снижая рабочую частоту вращения до  $750 \text{ мин}^{-1}$ , можно использовать пилы  $915 \times 2,2$  и  $1015 \times 2,4 \text{ мм}$  с проковкой до критического напряженного состояния. В настоящее время при частоте вращения пильного вала  $1150 \text{ мин}^{-1}$  применяют пилы толщиной 3,2 мм.

7. В работах [4, 5] содержится ошибочное утверждение, что при повышенных (в 1,5—1,6 раза по сравнению с ГОСТ 980—80) степенях проковки, но при докритическом напряженном состоянии (когда диск в статике еще плоский) для компенсации «ослабления» средней зоны диска необходима скорость вращения 80...90 м/с. В наших опытах для устранения тарельчатости диска, находящегося даже в закритическом напряженном состоянии, использовали скорость вращения всего 32...53 м/с.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Ресурсосберегающие тонкие круглые пилы. Зарубеж. опыт: Обзорн. информ.— М.: ВНИПИЭИлеспром, 1991.— 60 с. [2]. Стахивев Ю. М. Работоспособность плоских круглых пил.— М.: Лесн. пром-сть, 1989.— 384 с. [3]. Стахивев Ю. М. Устойчивость и колебания плоских круглых пил.— М.: Лесн. пром-сть, 1977.— 296 с. [4]. Якунин Н. К. Круглые пилы и их эксплуатация.— М.: Лесн. пром-сть, 1977.— 200 с. [5]. Якунин Н. К. Об улучшении качества круглых пил // Деревообрабатывающая пром-сть.— 1985.— № 12.— С. 7—9. [6]. Schajer G. Circular saw tensioning: What it is, why it matters // Forest Industries.— 1989.— Vol. 116, N 5.— P. 14—16.

Поступила 27 сентября 1993 г.

УДК 621.822.6 : 674.815

### ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕССОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ В УЗЛАХ ТРЕНИЯ МАШИН ЦЕМЕНТНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Ю. Ф. ЧЕРНЫШЕВ

Красноярский политехнический институт

На сырьевых предприятиях цементной промышленности неизбежно попадание абразивных частиц на трущиеся поверхности подшипников сырьевой мельницы и маятниковых рычагов инерционного холодильника. Кроме того, последние из-за плохого доступа не всегда смазывают в срок.

Нами изучена экономическая целесообразность замены подшипников скольжения и качения в механизмах цементной промышленности на подшипники скольжения из прессованной древесины лиственницы сибирской.

На входной цапфе сырьевой мельницы Красноярского цементного завода используют подшипники скольжения с вкладышами, залитыми баббитом Б-16 (внутренний диаметр вкладыша  $d = 850$  мм, ширина  $L = 240$  мм, скорость скольжения на валу  $v = 2,77$  м/с, удельное давление  $q = 1,2$  МПа). Срок службы составляет 3—8 месяцев в зависимости от правильности постановки подшипников.

Для замены подшипников с баббитом нами были изготовлены 4 вкладыша шириной 240 мм из прессованной древесины лиственницы сибирской (ДПО) плотностью  $\gamma = 1,1 \dots 1,2$  г/см<sup>3</sup>. Брусок размером  $100 \times 220 \times 375$  мм пропаривали в автоклаве в течение 3,5 ч при давлении пара 0,5...1,0 атм. Время пропарки определяли по формуле Б. С. Чудинова [5]. Распаренный брусок с температурой древесины в центре 90...95 °С вгоняли с небольшим натягом в пресс-форму и прессовали по методу П. Н. Хухрянского до степени уплотнения 0,40...0,45 [4]. Спрессованный брусок вместе с пресс-формой сушили при температуре 120...140 °С до влажности 6...8%. Высушенный брусок тонкой фрезой разрезали поперек волокон на части толщиной 35 мм. Вкладыши торцевого трения для двух подшипников сырьевой мельницы изготавливали методом набора отдельных частей из ДПО [1, 3] в металлическую обойму и склеивания между собой и поверхностью обоймы эпоксидной смолой ЭД-5. Поверхность брусков, прилегающую к обойме, обрабатывали фрезой с соответствующим профилем, что обеспечивало плотность их прилегания к поверхности металлической обоймы. После закрепления брусков в обойме внутреннюю поверхность вкладыша обрабатывали на расточном станке до  $d = 850$  мм. Толщина вкладыша из ДПО после этого составляла 20 мм.

Испытания подшипников ДПО проведены в сырьевом цехе Красноярского цементного завода на сырьевой мельнице. Сначала смазку вкладышей производили маслом. В период приработки отмечался нагрев вкладышей, поэтому в качестве смазки стали применять воду, что исключало нагрев. После приработки (почти полтора года) смазку осуществляли водой.

При ремонте сырьевой мельницы вкладыши были сняты. Чистое время их работы составило 3750 ч, а наибольший износ — 5...6 мм, что дает возможность использовать их в дальнейшем. Износа вала мельницы при этом не замечено.

Необходимость изготовления втулок подшипников из прессованной древесины для маятниковых рычагов инерционного холодильника, установленного в цехе обжига Красноярского цементного завода, продиктована малым (2—3 месяца) сроком работы стальных подшипников качения. Для работы инерционного холодильника необходимо 60 подшипников с внутренним диаметром  $d_1 = 55$  мм и шириной  $L_1 = 90$  мм.

Нами были изготовлены 4 втулки торцевого гнущя (ДП-ГТ) из лиственницы сибирской, которые с натягом 0,5 мм были запрессованы в стальную обойму следующих размеров: внутренний диаметр  $d = 69$  мм, внешний диаметр  $D = 100$  мм, ширина  $L = 95$  мм. Для устранения формоизменяемости втулки в радиальном направлении (вдоль оси втулки) ставили ограничительные металлические кольца. В качестве смазки для этих подшипников использовали солидол.

В ходе испытаний установлено, что за три месяца износ втулок из древесины лиственницы сибирской ДП-ГТ составил 0,1...0,3 мм. Это дает возможность использовать их еще несколько сроков работы.

Анализ работы узлов трения с вкладышами и втулками из прессованной древесины лиственницы сибирской позволяет сделать вывод, что замена подшипников скольжения и качения в механизмах, работающих в абразивной среде, подшипниками ДПО и ДП-ГТ увеличивает продолжительность работы оборудования без смены подшипников [2].

Расчет условно-годовой экономии по сырьевому цеху от применения вкладышей из прессованной древесины (в ценах до 1985 г.) представлен в таблице.

Расчет условно-годовой экономии, р.

Показатели	Подшипник	
	из баббита	из ДПО
Стоимость материалов:		
баббит Б-16	432,00	—
лиственничный брус	—	6,43
клей и обезжиривающее средство	—	0,90
Стоимость обоймы	172,00	32,00
Прямая заработная плата рабочих:		
заливка обоймы	18,37	—
прессование	—	4,89
расточка	8,69	5,90
шабровка	5,00	—
фрезерование	—	4,10
подгонка и склеивание	—	6,26
Дополнительная заработная плата (15 %)	4,81	3,17
Отчисление на соцстрах (6,1 % от основной и дополнительной заработной платы)	2,25	1,48
Цеховые расходы (164 % от основной заработной платы)	52,58	34,69
Общезаводские расходы (33 % от основной заработной платы)	10,58	6,98
Потребное число подшипников на сырьевой цех, шт.	26	26
Итого себестоимость:		
одного подшипника	706,28	106,80
всех подшипников	18 363,28	2 776,80
Условно-годовая экономия		15 586,48

Как видно из таблицы, условно-годовая экономия складывается из сокращения расхода дорогостоящих цветных металлов, снижения затрат труда на обработку, смазку, а также уменьшения соответствующих косвенных расходов. На заливку одного подшипника скольжения на входной цапфе сырьевой мельницы необходимо 180 кг баббита по цене 2,4 р. за 1 кг. В корпусе подшипника, изготовленного литьем, проходит змеевик для охлаждения баббитового вкладыша. Стоимость такой обоймы, согласно прейскуранту № 27—38—46, ч. 11, равна 684 р. Плановый срок службы 5 лет.

Для вкладыша из прессованной древесины обойму изготавливали сваркой без змеевика, что снизило ее себестоимость до 160 р.

Стоимость 1 м<sup>3</sup> лиственничного пиломатериала II сорта 64,3 р. (ГОСТ 8486—66, прейскурант № 07—03).

Из 1 м<sup>3</sup> пиломатериалов можно изготовить 10 подшипников. Стоимость затрат труда на заливку, расточку, шабровку и другие операции принята согласно действующим на заводе расценкам.

Предложенную конструкцию подшипников рекомендуется применять не только в промышленности строительных материалов, но и в горнорудной, лесопильной, деревообрабатывающей и других отраслях.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Ашкенази Е. К. Анизотропия древесины и древесных материалов.— М.: Лесн. пром-сть, 1978.— 224 с. [2]. Рациональное и комплексное использование древесины в деревообрабатывающей промышленности // Материалы Всесоюз. науч. конф., 24—26 сент. 1974 г.— Минск, 1974.— С. 223—299. [3]. Соболев Ю. С. Древесина как конструкционный материал.— М.: Лесн. пром-сть, 1979.— 248 с. [4]. Хухрянский П. Н. Прессование древесины.— М.: Лесн. пром-сть, 1964.— 352 с. [5]. Чудинов Б. С. Теория тепловой обработки древесины.— М.: Наука, 1968.— 255 с.

УДК 624.011.1

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА СТАДИИ ИХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Е. Б. РЮМИНА, Г. Б. УСПЕНСКАЯ, Б. А. КАБАКОВ

Архангельский лесотехнический институт  
ЦНИИМОД

Совершенствование методов расчета строительных конструкций состоит в переходе к расчету их на надежность. Входными параметрами системы в этом случае являются вероятностные показатели прочности материалов, в частности конструкционных пиломатериалов. Их закладывают в проектный уровень надежности, который должен быть обеспечен на стадии изготовления производственными методами контроля прочности.

В настоящее время выделяют три уровня расчета надежности. На первом уровне задачу решают с помощью частных коэффициентов, на втором — двух моментов (математического ожидания и дисперсии), на третьем — точного вычисления вероятности безотказной работы конструкции на основании функций распределения прочности и нагрузки.

Нами выполнена оценка зависимости уровня проектной надежности элементов деревянных конструкций от точности контроля прочности по методике второго уровня [5, 6, 8].

Расчет проведен на нагрузку от снегового покрова (III снеговой район по СНиП 2.01.07—85 — Московская область).

Функцию распределения снеговой нагрузки  $\Phi(Q)$  зададим [4] в виде двойного экспоненциального закона

$$\Phi(Q) = \exp\left\{-\exp\left[-\frac{1}{36,5}(Q - 93,1)\right]\right\}, \quad (1)$$

где  $Q$  — нормативное значение нагрузки.

Примем  $Q$  равным  $93,1 \cdot 10^{-5}$  МПа, а расчетное его значение  $Q_p = 150,0 \cdot 10^{-5}$  МПа. Функция распределения годового максимума безразмерной снеговой нагрузки  $q = Q/Q_p$  имеет вид

$$\Phi_q(q) = \exp\{-\exp[4,11(q) - 0,621]\}. \quad (2)$$

При оценке прочности материала элементов конструкций используем две безразмерные характеристики показателя  $r$ :

$$\bar{r} = \bar{R}/R_p \quad \text{и} \quad \hat{r} = \hat{\sigma}/R_p, \quad (3)$$

где  $\bar{R}$  — среднее значение временного сопротивления;

$R_p$  — расчетное сопротивление;

$\hat{\sigma}$  — стандартное среднее квадратичное отклонение.

Экспериментальное распределение прочности древесины принято по нормальному закону распределения.

Условие безотказной работы имеет вид

$$Q_n < R, \quad (4)$$

где  $Q_n$  — случайная величина распределения максимумов снеговой нагрузки за  $n$  лет;

$R$  — прочность как случайная величина.

Нормативное неравенство метода предельных состояний

$$\gamma_n Q_p \leq R_p. \quad (5)$$

Здесь  $\gamma_n$  — коэффициент надежности по назначению.

Оставив знак равенства в выражении (5) и поделив на него неравенство (4), получим

$$\frac{1}{\gamma_n} q < r. \quad (6)$$

Поскольку  $q$  и  $r$  имеют разные законы распределения, преобразуем к стандартному нормальному распределению  $q^*$  и  $r^*$  по методу [5]:

$$q^* = F^{-1}[\Phi_q(q)]; \quad r^* = \frac{q_i}{\hat{\gamma}_n \hat{r}} - \frac{\bar{r}}{\hat{r}}, \quad (7)$$

где  $F$  — интеграл вероятности,

$$F(\beta) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\beta} e^{-\frac{1}{2}x^2} dx. \quad (8)$$

Задавая значения безразмерной нагрузки  $q_i$  (от 0,5 до 1,2) и переходя к координатам преобразованного нормального распределения  $q^*$  и  $r^*$  по формулам (7), вычисляем проектную надежность через показатель  $\beta$  при  $\gamma_n = 1$ :

$$\beta_i = \sqrt{r_i^{*2} + q_i^{*2}}. \quad (9)$$

Используя зависимости

$$\bar{r} = \frac{1}{1 - \eta v_R}; \quad \hat{r} = \frac{v_R}{1 - \eta v_R}, \quad (10)$$

получаем

$$\beta_i = \sqrt{\left[ \frac{q_i(1 - \eta v_R) - 1}{v_R} \right]^2 + q_i^{*2}}. \quad (11)$$

Здесь  $\eta$  — квантиль распределения для расчетного сопротивления.

Из выражения (11) очевидна зависимость показателя надежности  $\beta_i$  от изменчивости показателей прочности древесины  $v_R$  элементов строительных конструкций, а также от характеристик нагрузки.

Графическая интерпретация этой зависимости приведена на рис. 1, 2. С ростом изменчивости прочности древесины  $v_R$  в интервале безразмерной нагрузки  $q_i$  от 0,5 до 0,9 (рис. 1) индекс надежности  $\beta_i$  монотонно убывает. При действии нагрузки  $q_i = 1,0$  индекс надежности  $\beta_i$  не зависит от  $v_R$ . И наконец, в интервале нагрузки от 1,1 до 1,2  $\beta_i$  возрастает с увеличением  $v_R$ . Однако индекс надежности  $\beta_i$  (рис. 2) слабо зависит от изменчивости нагрузки при большом разбросе прочности  $v_R$ . С изменением  $v_R$  индекс надежности  $\beta_i$  падает при увеличении  $q_i$ .

Вернемся к формуле (8) и по значениям показателя надежности  $\beta$  определим величины  $F(\beta)$ , характеризующие вероятность безотказной работы элементов деревянных конструкций.

Исходные данные для расчета показателя надежности  $\beta$  (средние арифметические значения прочности рассортированных выборок элементов при основных видах напряженного состояния и коэффициенты их вариации) приняты по результатам статистического анализа данных

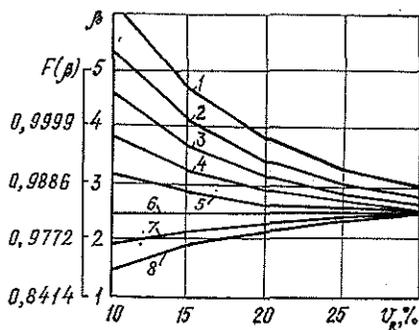


Рис. 1. Зависимость индекса надежности  $\beta_l$  от коэффициента вариации прочности пиломатериалов  $\sigma_R$  при различных уровнях безразмерной нагрузки  $q_i$ : 1—0,5; 2—0,6; 3—0,7; 4—0,8; 5—0,9; 6—1,0; 7—1,1; 8—1,2

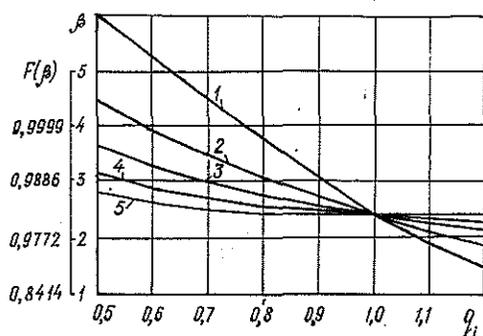


Рис. 2. Зависимость индекса надежности  $\beta_l$  от уровня безразмерной нагрузки  $q_i$  при различных значениях коэффициента вариации  $\sigma_R$ : 1—10; 2—15; 3—20; 4—25; 5—30 %

экспериментальных исследований показателей прочности конструкционных пиломатериалов размером  $50 \times 150 \times 2200$  мм из древесины хвойных пород. Лесорастительный регион пиловочного сырья — подзона северной тайги Беломорско-Печорского округа провинции Восточной части Русской равнины. Район переработки — северный («Архангельсклеспром»). Измерительный контроль прочности пиломатериалов выполнен на установках «Финногрейдер» финской фирмы «Альстрем», обеспечивающей бесконтактную сортировку по прочности, и «Компьютерматик» английской фирмы «Плесси», в которой реализован принцип оценки прочности по модулю упругости. Визуальную сортировку цельнодеревянных элементов осуществили согласно требований ЦНИИСК, ГОСТ 8486—86\* [1] и ТУ 13-722—83 [7]. Показатели прочности элементов выборки (общий объем 450 образцов) при изгибе на кромку, изгибе на пласт и растяжении определили в соответствии с ГОСТ 21554.2—81 [2] и ГОСТ 21554.5—78 [3]. По результатам испытаний провели статистический анализ для обоснования вероятностных показателей прочности пиломатериалов при измерительном и визуальном контроле, принятых в расчете показателей надежности элементов деревянных конструкций. Результаты вычислений вероятности безотказной работы элементов конструкции  $F(\beta)$  представлены в таблице.

Установлено, что измерительный контроль прочности на установках «Финногрейдер» и «Компьютерматик» обеспечивает расчетные характеристики прочности всех групп при изгибе и растяжении с вероятностью безотказной работы элементов более 0,99. Визуальная сортировка по требованиям ЦНИИСК и ТУ 13-722—83 гарантирует надежность элементов деревянных конструкций при изгибе и растяжении. Вероятность безотказной работы  $F(\beta)$  для всех сортов и групп прочности пре-

**Расчет показателей надежности  
элементов деревянных конструкций**

Вид сортировки	Группа прочности* или сорт	Вероятность безотказной работы при $\gamma_{II} = 1$			
		Изгиб на кромку	Изгиб на пласт	Растяжения	
На установке «Финно-грейдер» по контрольным границам: изгиба на кромку	K38	0,99010	0,99010	0,99324	
	K30	0,99061	0,99010	0,99061	
	K24	0,99010	0,99111	0,99250	
	K16	0,99361	0,99361	—	
	растяжения	K38	—	—	0,99180
		K30	—	—	0,99158
		K24	—	—	0,99266
На установке «Компьютерматик» по контрольным границам изгиба: на кромку	K38	0,99036	—	0,99324	
	K30	0,99266	—	0,99180	
	K19	0,99061	—	0,99324	
	на пласт	K38	—	0,99061	0,99134
		K30	—	0,99286	0,98983
		K19	—	0,99134	0,99305
	ГОСТ 8486—86* [1]	1	0,97615	0,97441	0,93320
		2	0,98928	0,98928	0,99324
		3	0,99343	0,99343	0,99343
		4	—	0,98778	0,99224
Требования ЦНИИСК	K24	0,99010	0,99036	0,99111	
	K16	0,99361	0,99010	0,99361	
	K24	0,99010	0,99492	0,99324	
ТУ 13-722—83 [7]	K19	0,99202	0,99286	0,99180	

\* Цифровой индекс в обозначении группы прочности соответствует показателям прочности элементов с доверительной вероятностью 0,95 при изгибе на кромку.

вышает 0,99. Несколько хуже результаты при сортировке по ГОСТ 8486—86. При изгибе на кромку и пласт только элементы древесины третьего сорта показали вероятность безотказной работы, равную 0,99. Для первого и второго сортов  $F(\beta)$  составила соответственно 0,97 и 0,98. При растяжении для всех сортов, кроме первого ( $F(\beta) = 0,93$ ), обеспечивается вероятность безотказной работы более 0,99.

Таким образом, расчет деревянных строительных конструкций на надежность предполагает наличие совершенных производственных методов контроля прочности конструкционных пиломатериалов. Вместе с тем накопление информации о вероятностных показателях прочности материала будет основанием для совершенствования теории расчета.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

- [1]. ГОСТ 8486—86\*. Пиломатериалы хвойных пород. Технические условия.— Введ. 01.01.88.— М.: Изд-во стандартов. 1988.— 17 с. [2]. ГОСТ 21554.2—81: Пиломатериалы и заготовки. Метод определения предела прочности при статическом изгибе.— Введ. 01.01.82.— М.: Изд-во стандартов, 1982.— 4 с. [3]. ГОСТ 21554.5—78. Пиломатериалы и заготовки. Метод определения прочности при продольном растяжении.— Введ. 01.01.80.— М.: Изд-во стандартов, 1978.— 6 с. [4]. Р ж а н и ц ы н А. Р. Теория расчета строительных конструкций на надежность.— М.: Стройиздат, 1978.— 240 с. [5]. Снарский Б. И. Оптимальные расчетные и контрольные значения случайных параметров, как средство оптимизации надежности // Проблемы надежности в строительном проектировании.— Свердловск: Сред.-Урал. кн. изд-во, 1972.— 305 с. [6]. Сухов Ю. Д. Вероятностный метод определения коэффициентов сочетаний по-

стоянной нагрузки с временными // Строительная механика и расчет сооружений.— 1985.— № 1.— С. 3—6. [7]. ТУ 13-722—83. Доски конструкционные. Технические условия.— Введ. 01.01.84.— Архангельск: ЦНИИМОД, 1983.— 12 с. [8]. Цветков А. К., Трубилов А. Г., Оськина В. А. Нормирование прочностных характеристик ЦСП // Сб. науч. тр. / ЦНИИСК.— 1989.— С. 36—38.

Поступила 2 июля 1993 г.

УДК 630\*812

## СРАВНЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДРЕВЕСИНЫ

В. Н. ВОЛЫНСКИЙ

Архангельский лесотехнический институт

В данной статье рассмотрены значения некоторых механических показателей древесины для оценки законов распределения статистических характеристик, изучения изменчивости средних величин, сопоставления данных для хвойных и лиственных пород, произрастающих на разных континентах. Такое сравнение позволяет получить важную информацию при проектировании деревянных конструкций, прочностной сортировке пиломатериалов и планировании лесоэкспорта.

В нашей стране с 30-х годов сложилась достаточно стройная система методов испытания малых чистых образцов древесины и был накоплен большой фактический материал по многим показателям практически для всех древесных пород. Эти данные были суммированы в Руководящих технических материалах [3], и оформлены в виде таблиц Стандартных справочных данных [2].

Таблицы содержат 16 показателей для 167 пород древесины, произрастающих в различных районах СССР. Однако не для всех пород указан полный набор показателей, поэтому нами в анализе использованы только 7: плотность  $\rho_6$ , кг/м<sup>3</sup>; пределы прочности при сжатии  $\sigma^{сж}$ , изгибе  $\sigma^{изг}$ , растяжении  $\sigma^p$  и скалывании  $\tau$ , МПа; модуль упругости при изгибе  $E$ , ГПа, и боковая твердость  $T$ , МПа. Расчеты выполнены отдельно для хвойных (ель, лжетсуга, лиственница, пихта, сосна, тис) и лиственных (акация, береза, бук, вяз, граб, груша, дуб, железное дерево, ива, каштан, клен, липа, ольха, орех, осина, рябина, тополь, хурма, эвкалипт) пород. Все показатели прочности и упругости определены на образцах с базовым сечением 20 × 20 мм (при растяжении вдоль волокон — 4 × 20 мм).

Из представленных в [5] зарубежных данных заслуживают внимания сведения по породам, имеющим промышленное значение и произрастающих в США. Они содержат 10 показателей для 112 пород и их разновидностей, в том числе для 47 хвойных и 65 лиственных пород. Качественное отличие этого массива информации от ГСССД 69—84 заключается в том, что, согласно стандартам Американского общества по испытанию материалов (ASTM) испытания проводили на более крупных образцах с базовым сечением 51 × 51 мм. Но в данных США отсутствуют значения прочности при растяжении. Поэтому для анализа выбраны только 6 показателей. Средние значения вариационных коэффициентов  $V$  [2, 5] показателей плотности, модуля упругости при изгибе, боковой твердости, а также пределов прочности при растяжении, изгибе, сжатии, скалывании соответственно равны 10/10; 20/22; 17/20; 20/—; 15/16; 13/18; 20/14 %. Изменчивость показателей, полученных в СССР (числитель) и в США (знаменатель), незначительна. Наименьшую изменчивость имеет плотность древесины, наибольшую — модуль упругости. Следует иметь в виду, что изменчивость, выражаемая вариационным коэффициентом, отражает не только природную из-

менчивость показателя, но и методические погрешности его определения (например, колебания влажности древесины, неточность установки образца, недостаточная жесткость приспособления и т. п.).

В табл. 1 дано сравнение методов испытаний древесины.

Таблица 1

Показатель	Характеристики метода испытаний	
	СССР	США
$\rho_6$	Образец размером $20 \times 20 \times 30$ мм;	Образец $51 \times 51 \times 51$ мм;
$E$	$\rho_{12} = m_{12}/V_{12}$ Образец $20 \times 20 \times 300$ мм; $L = 240$ мм; 3- и 4-точечная схема нагружения	$\rho = m_0/V_w$ Образец $51 \times 51 \times 760$ мм; $L = 714$ мм; 3-точечная схема нагружения
$\sigma_p$	Образец фигурной формы; площадь сечения $4 \times 20$ мм; скорость испытания 3,3 МПа/с	—
$\sigma_{изг}$	Образец $20 \times 20 \times 300$ мм; 3-точечная схема нагружения скорость около 1 МПа/с	Образец $51 \times 51 \times 714$ мм; 3-точечная схема нагружения
$\sigma_{сж}$	Образец $20 \times 20 \times 30$ мм; скорость около 1 МПа/с	Образец $51 \times 51 \times 208$ мм
$\tau$	Площадь скалывания $20 \times 30$ мм;	Площадь скалывания $51 \times 51$ мм
$T$	скорость около 0,01 МПа/с Диаметр шарика 11,28 мм; глубина вдавливания 5,64 мм	Диаметр шарика 11,28 мм; глубина вдавливания 5,64 мм

При сравнении методов следует обратить внимание на то, что в нашей практике допускается определять предел прочности и модуль упругости при изгибе по разным схемам — по 3- или 4-точечной. В стандартах США регламентирована только одна, (3-точечная) схема.

В связи с тем, что размерность твердости в двух базах данных различна, был выполнен перерасчет данных США с кН на МПа.

Для отечественных пород плотность при влажности 12% пересчитана на базисную плотность по формуле

$$\rho_6 = 0,823\rho_{12}$$

Таблица 2

Породы	Показатель	Статистические характеристики					Разность, %
		$M_{cp}$	$V, \%$	$A/m_A$	$\Delta/m_{\Delta}$	$n, шт.$	
Хвойные	$\rho_6$	405/401	19,5/15,1	-0,71/-1,06	0,19/-0,71	68/47	+1,4
	$E$	10,8/10,0	22,4/19,5	-0,70/0,18	-0,54/-0,53	39/47	+8,0
	$\sigma_p$	90,6/—	27,5/—	-0,01/—	-1,25/—	28/—	—
	$\sigma_{изг}$	77,9/72,2	22,1/19,1	-0,41/-0,99	-0,32/0,12	68/47	+7,8
	$\sigma_{сж}$	44,3/41,3	19,0/17,3	-0,72/-0,87	0,09/-0,87	68/47	+7,2
	$\tau$	7,46/8,07	22,8/18,1	-0,89/-0,41	1,64/-0,71	60/47	+7,6
	$T$	22,5/23,8	31,9/26,4	-1,61/-0,49	-0,14/-0,40	31/43	-5,0
Листо- венные	$\rho_6$	537/515	21,8/19,3	0,31/0,58	-0,88/-0,26	62/64	+4,2
	$E$	10,8/11,1	24,4/19,7	-0,98/-0,16	-0,47/-0,71	62/64	-2,8
	$\sigma_p$	115,1/—	27,0/—	-2,70/—	1,35/—	44/—	—
	$\sigma_{изг}$	99,0/91,3	24,8/24,7	-0,98/-0,39	-0,47/-1,47	62/64	+8,4
	$\sigma_{сж}$	52,1/46,2	21,0/21,0	-1,62/-0,70	0,94/-0,97	62/64	+12,7
	$\tau$	10,6/11,6	35,3/24,6	-1,30/-0,46	-0,95/-0,85	44/64	-13,0
	$T$	47,9/46,0	39,6/34,8	-0,94/-0,61	0,58/-0,17	64/49	+3,0

Примечание. Здесь и далее в табл. 3 в числителе приведены данные, полученные по методикам СССР, в знаменателе — США.

в предположении, что коэффициент объемной усушки составляет 0,5.

В табл. 2 приведены обобщенные статистические характеристики хвойных и лиственных пород СССР и США с целью оценки их изменчивости и характера распределения.

В табл. 2 приняты следующие обозначения:  $M_{\text{ср}}$  — среднее арифметическое;  $V$  — вариационный коэффициент;  $A/m_A$  — отношение асимметрии к ее ошибке;  $\mathcal{E}/m_{\mathcal{E}}$  — отношение эксцесса кривой распределения к его ошибке.

Как видно из табл. 2, распределение всех величин подчиняется нормальному закону, поскольку значения  $A/m_A$  и  $\mathcal{E}/m_{\mathcal{E}}$  не превышают 3.

Следовательно, можно утверждать, что при равенстве средней плотности древесины отечественные хвойные породы имеют более высокий модуль упругости при изгибе (на 8 %). Пределы прочности при сжатии и изгибе у насаждений двух стран существенно не отличаются.

Необходимо отметить тот факт, что для отечественных пород модуль упругости при изгибе оказались одинаковыми как для хвойной, так и лиственной древесины. Для пород США наблюдалась заметная разница (на 11 %). Последний факт кажется более логичным, так как все пределы прочности для лиственных пород выше, чем хвойных.

Следует обратить внимание на то, что различие средней плотности хвойных и лиственных пород СССР и США незначительно и статистически недостоверно. В среднем отечественные породы на 7...12 % прочнее, однако это связано с масштабным фактором, т. е. с разницей в размере образцов. Для того, чтобы сравнение было более объективным, выполнен пересчет показателей отечественных пород с размеров  $l, b, h$  на увеличенные размеры  $L, B, H$  образцов поперечным сечением  $51 \times 51$  мм<sup>2</sup>. Согласно [1] и данных Ю. С. Соболева [4], расчетные зависимости имеют следующий вид:

для модуля упругости

$$\frac{E_{l, b, h}}{E_{L, B, H}} = \frac{1 - 30 \frac{h^2}{l^2}}{1 - 30 \frac{H^2}{L^2}} \left( \frac{lbh}{LBH} \right)^{-0,024};$$

для предела прочности при изгибе

$$\frac{\sigma_{l, b, h}^{\text{изг}}}{\sigma_{L, B, H}^{\text{изг}}} = \frac{1 - 24 \frac{h^2}{l^2}}{1 - 24 \frac{H^2}{L^2}} \left( \frac{lbh}{LBH} \right)^{-0,050};$$

для предела прочности при сжатии

$$\frac{\sigma_{l, b, h}^{\text{сж}}}{\sigma_{L, B, H}^{\text{сж}}} = \left( \frac{lbh}{LBH} \right)^{-0,016}.$$

Таблица 3

Породы	Показатель	Численное значение показателя
Хвойные	$E$	10,8/10,0
	$\sigma^{\text{изг}}$	70,8/72,2
	$\sigma^{\text{сж}}$	41,9/41,3
Лиственные	$E$	10,8/11,1
	$\sigma^{\text{изг}}$	90,0/91,3
	$\sigma^{\text{сж}}$	47,3/46,2

Согласно вычислениям, масштабные коэффициенты для модуля упругости, предела прочности при изгибе и сжатии соответственно равны 1,00; 1,20 и 1,06.

Сравнение важнейших показателей с учетом масштабного фактора представлено в табл. 3.

Таким образом, нет большой разницы в показателях древесных пород США и СССР. Естественно, что породный состав, представленный в двух базах данных, очень различен. Сравнение показателей в пределах одной породы по данным массивам информации некорректно из-за малых объемов выборки. Однако очень близкое совпадение средних величин базисной плотности древесины пород СССР и США дало возможность сравнивать ее механические показатели. Полученные массивы информации в дальнейшем могут быть использованы для анализа взаимосвязи показателей между собой.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Волюнский В. Н. Особенности проявления масштабного фактора при изгибе древесины // Лесн. журн.—1990.—№ 2.—С. 76—78.— (Изв. высш. учеб. заведений). [2]. ГСССД 69—84. Показатели физико-механических свойств малых чистых образцов древесины.—М.: Госстандарт СССР, 1985.—36 с. [3]. РТМ. Древесина. Показатели физико-механических свойств.—М.: Госстандарт СССР, 1962.—48 с. [4]. Соколов Ю. С. Древесина как конструкционный материал.—М.: Лесн. пром-сть, 1979.—249 с. [5]. Справочное руководство по древесине / Пер с англ.—М.: Лесн. пром-сть, 1979.—544 с.

Поступила 29 сентября 1993 г.

УДК 674.053 : 621.934

### О КРИТИЧЕСКИХ ЧАСТОТАХ ВРАЩЕНИЯ НАГРЕТЫХ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЗОНЕ КРУГЛЫХ ПИЛ

С. В. ЕРШОВ

ЦНИИМОД

Подготовка плоских круглых пил к работе предусматривает операцию натяжения, которая заключается в создании начальных напряжений растяжения в периферии и сжатия в центральной зоне пилы. Обычно натяжение производят проковкой или вальцеванием, хотя возможны и другие методы, например, термопластическая деформация или автофретирование. Натяжение пилы увеличивает ее минимальную критическую частоту вращения, что, в свою очередь, позволяет снизить толщину используемых в данном станке пил или увеличить частоту их вращения [6].

Поскольку степень проковки пилы связана с рабочей частотой ее вращения, возникает вопрос о подготовке пилы под заданную частоту вращения. Эта проблема подробно рассмотрена в работе [4], где показано, что задача согласования степени проковки и частоты вращения пилы всегда имеет только прямое решение, т. е. для каждой пилы с определенным напряженным состоянием можно подобрать частоту вращения (включая ноль), при которой эта пила будет наиболее устойчива к внешним воздействиям. Невозможность в ряде случаев обратного решения, т. е. подготовки любой пилы под заданную частоту вращения, объясняется естественным ограничением степени ее проковки — потерей пилой при проковке устойчивости по зонтичной форме. Напряженное состояние, при котором пила начинает терять плоскую форму, называется критическим. Пилы с таким напряженным состоянием крайне неудобны

в эксплуатации (заточка, контроль, установка в станок), так как при малейшем воздействии могут потерять устойчивость.

Стремление обеспечить работоспособность все более тонких пил побудило некоторых исследователей установить пилы, находящиеся в закритическом состоянии (имеющие зонтичную форму). Например, авторы работ [5, 7] считают, что такая пила при определенной частоте вращения восстанавливает свое плоское состояние и устойчиво работает на частотах, при которых даже пила с критическим напряженным состоянием неработоспособна. Однако эксплуатация пил с закритическим напряженным состоянием еще более неудобна, а их правильная установка в станок практически невозможна.

В данной статье предпринята попытка теоретически осмыслить некоторые аспекты дополнительного натяжения вращающейся пилы за счет нагрева ее центральной части и создания временных температурных напряжений растяжения в периферии. Методы нагрева средней зоны пилы подробно рассмотрены в работе [3].

Считаем, что начальные напряжения, созданные проковкой или вальцеванием, не выводят пилу из плоского состояния, а дополнительное натяжение создается за счет временных напряжений, вызванных заданным температурным перепадом по ее радиусу. Распределение избыточной температуры по радиусу вращающейся пилы при нагреве определенных зон и его влияние на изгибную жесткость и устойчивость пилы подробно рассмотрены в работах [1, 2].

Воспользуемся энергетическим методом, основанным на принципе Остроградского — Гамильтона. Согласно этому принципу, среди всех возможных осуществляется движение системы, дающее стационарное значение функционалу

$$L = \int_{t_1}^{t_2} (T - \Pi) dt, \quad (1)$$

где  $T, \Pi$  — соответственно кинетическая и потенциальная энергии системы;  
 $t$  — время.

Считаем, что упругие свойства материала пилы не зависят от ее температуры.

Прогиб диска  $\omega$  в точке с координатами  $r, \varphi$  представим разложением в ряд координатных функций с неизвестными коэффициентами  $a_\lambda$ :

$$\omega(r, \varphi) = \frac{a_0}{2} u_0 + \sum_{\lambda=1}^n a_\lambda u_\lambda \cos \lambda \varphi, \quad (2)$$

где  $\lambda$  — число узловых диаметров;  
 $u_\lambda$  — функция от  $r$ , удовлетворяющая граничным условиям.

Система  $(n+1)$  уравнений, получаемая после подстановки выражения  $\omega$  по формуле (2) в функционал (1) и выполнения условий стационарности ( $\delta L / \delta a_\lambda = 0$ ), имеет решение, когда выполняется условие [1]

$$\nu_\lambda^2 H_\lambda - \omega^2 S_\lambda + QZ_\lambda = 0, \quad (3)$$

где  $\nu_\lambda$  — частота собственных колебаний пилы по форме с  $\lambda$  узловыми диаметрами;  
 $\omega$  — угловая частота вращения,  $\omega = 2\pi n/30$ ;  
 $n$  — частота вращения;  
 $H_\lambda, S_\lambda$  — расчетные коэффициенты, зависящие от геометрических размеров пилы;

- $Q$  — тепловая мощность, расходуемая на нагрев некоторой зоны пилы;
- $Z_\lambda$  — расчетный коэффициент, зависящий от геометрических размеров пилы и формы кривой распределения избыточной температуры по ее радиусу.

Из выражения (3) легко получить формулу для критических частот вращения  $\omega_\lambda^{кр}$ , при которых вращающаяся пила теряет плоскостность по форме с  $\lambda$  узловыми диаметрами:

$$\omega_\lambda^{кр} = \sqrt{(v_\lambda^2 H_\lambda + Q Z_\lambda) / S_\lambda}. \quad (4)$$

Как показывают расчеты, коэффициенты  $H_\lambda$  положительны при любых значениях  $\lambda$ ,  $S_\lambda$  — отрицательны при  $\lambda = 0$  и  $\lambda = 1$  и положительны при остальных значениях  $\lambda$ . Поэтому при  $Q = 0$  (равномерно нагретая пила) для  $\lambda = 0$  и  $\lambda = 1$  критическая частота вращения не существует. Знак коэффициента  $Z_\lambda$  зависит от формы кривой распределения избыточной температуры по радиусу пилы.

Рассмотрим четыре варианта нагрева пилы диаметром 800 мм, толщиной 2,8 мм, вращающейся с частотой 1500 мин<sup>-1</sup>, трением с силой  $F_{тр} = 2H$  в зонах, расположенных от центра на 0,3; 0,5; 0,7 и 0,9 радиуса пилы  $R$ . Формы кривой распределения избыточной температуры по радиусу пилы для рассмотренных вариантов нагрева приведены на рис. 1, а знак коэффициента  $Z_\lambda$  указан в табл. 1.

Рис. 1. Распределение избыточной температуры по радиусу круглой пилы при нагреве в различных зонах: 1 — 0,3 R; 2 — 0,5 R; 3 — 0,7 R; 4 — 0,9 R

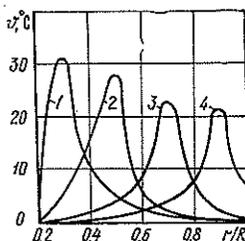


Таблица 1

Число узловых диаметров	Знак коэффициента $Z_\lambda$ при нагреве в зоне, доля от $R$			
	0,3	0,5	0,7	0,9
0	—	—	+	+
1	—	—	+	+
2	+	+	+	—
3	+	+	+	—
4	+	+	+	—

Анализ полученных данных показывает, что нагрев пилы в зонах 0,3 R и 0,5 R повышает ее критические частоты вращения, соответствующие формам  $\lambda \geq 2$ . При определенной степени нагрева могут появиться частоты вращения пилы, соответствующие динамической потере устойчивости по формам  $\lambda = 0$  и  $\lambda = 1$ . Нагрев в зоне 0,7 R увеличивает критические частоты вращения пилы, соответствующие формам  $\lambda \geq 2$ , но не может привести к динамической потере устойчивости по формам  $\lambda = 0$  и  $\lambda = 1$ . Нагрев в зоне 0,9 R не может повысить критические

частоты вращения пилы и привести к динамической потере устойчивости по зонтичной форме и форме  $\lambda = 1$ .

Из полученных данных следует, что при нагреве в зонах  $0,3R$  и  $0,5R$  могут существовать частоты вращения, соответствующие динамической потере устойчивости по формам  $\lambda = 0$  и  $\lambda = 1$ . Эти частоты не являются критическими в традиционном понимании этого термина, когда имеется в виду динамическая потеря устойчивости по формам  $\lambda \geq 2$ , а более высокие частоты вращения являются закритическими. Наоборот, при этой частоте вращения происходит восстановление плоского состояния диска, который в результате нагрева приобретает зонтичную форму. Условно будем называть эти частоты критическими, соответствующими формам  $\lambda = 0$  и  $\lambda = 1$ .

Продолжим рассматривать приведенный пример для зон нагрева  $0,5R$  и  $0,7R$ . Считаем, что пила до зажатия в шайбы диаметром 160 мм прокована до состояния, близкого к критическому. Частоты собственных колебаний по формам  $\lambda = 0 \dots 4$ , необходимые при расчетах, возьмем из работы [6]. Будет увеличивать максимальную избыточную температуру  $v_{\max}$  в зоне нагрева, изменяя тем самым напряженное состояние пилы. Результаты вычисления критических частот вращения для зон нагрева  $0,5R$  (числитель) и  $0,7R$  (знаменатель) приведены в табл. 2.

Таблица 2

Максимальная избыточная температура, °C	Критическая частота вращения, мин <sup>-1</sup> , для формы с числом узловых диаметров $\lambda$				
	0	1	2	3	4
0	—/—	—/—	1980/1980	2086/2086	2444/2444
25	981/—	—/—	2374/1997	2456/2103	2762/2459
50	1593/—	—/—	2711/2015	2777/2121	3048/2473
75	2029/—	—/—	3011/2032	3065/2138	3308/2488
100	2386/—	1047/—	3284/2049	3328/2155	3550/2502
125	2696/—	1586/—	3536/2066	3572/2172	3776/2516
150	2974/—	1984/—	3770/2083	3800/2189	3989/2531
175	3229/—	2314/—	3992/2100	4015/2205	4192/2545
200	3464/—	2602/—	4201/2116	4219/2222	4385/2559
225	3685/—	2862/—	4400/2133	4414/2238	4570/2573
250	3893/—	3100/—	4591/2149	4600/2254	4748/2587

Зависимость критических частот вращения от максимальной избыточной температуры в зоне нагрева демонстрирует рис. 2. Пила будет иметь плоское состояние при частотах вращения и избыточной температуре нагрева, соответствующих зоне, расположенной выше линий критических частот вращения по формам  $\lambda = 0$  или  $\lambda = 1$  и ниже линий — при  $\lambda \geq 2$ . На рис. 2 эта зона заштрихована как зона устойчивости плоской формы пилы. Нагрев пилы в зонах  $0,5R$  и  $0,7R$  по-разному влияет на критические частоты ее вращения. В зоне  $0,5R$  с возрастанием температуры критические частоты вращения по всем формам увеличиваются (избыточной температуре в зоне нагрева  $v_{\max} = 100$  °C соответствует повышение  $n_{\lambda=2}^{кр}$  на 65 %). Однако при таком нагреве невращающаяся пила уже при  $v_{\max} = 11$  °C теряет устойчивость. С увеличением температуры нагрева зона устойчивости плоской формы пилы сужается и смещается в область более высоких частот вращения.

Возрастание температуры нагрева в зоне  $0,7R$  приводит к слабому повышению критических частот вращения по формам  $\lambda \geq 2$  (избыточной температуре в зоне нагрева  $v_{\max} = 100$  °C соответствует увеличение  $n_{\lambda=2}^{кр}$  на 3 %). Нагрев в этой зоне не приводит к динамической

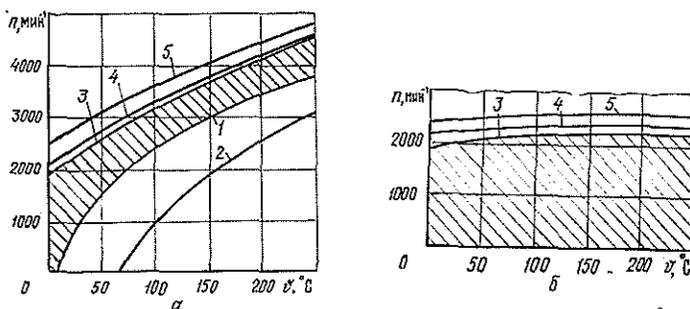


Рис. 2. Влияние максимальной избыточной температуры на критические частоты вращения пилы при нагреве в зонах  $0,5R$  (а) и  $0,7R$  (б) для форм с различным числом узловых диаметров  $\lambda$ : 1 —  $\lambda = 0$ ; 2 — 1; 3 — 2; 4 — 3; 5 — 4

потере устойчивости по формам  $\lambda = 0$  и  $\lambda = 1$ , поэтому с увеличением температуры нагрева зона устойчивости плоской формы пилы не сужается, но и не смещается в область высоких частот вращения. По-видимому, можно найти оптимальную зону нагрева, обеспечивающую устойчивость пилы при повышенных частотах вращения.

Как увеличение степени проковки пилы ограничивается ее критическим напряженным состоянием, так и натяжение средней зоны ограничивается пределом упругости материала (в зоне максимальных температурных напряжений не должно быть пластических деформаций). В приведенном примере при нагреве в зоне  $0,7R$  до избыточной температуры  $250^\circ\text{C}$  максимальные расчетные напряжения сжатия достигали  $505 \text{ Н/мм}^2$ , что меньше предела упругости для стали 9ХФМ.

Результаты расчетов показывают, что нагрев средней зоны может существенно повысить ее критические частоты вращения и тем самым обеспечить устойчивую работу пилы при повышенных частотах вращения. К сожалению, этого нельзя сказать о толщине пилы. Хотя нагрев средней зоны может обеспечить устойчивое вращение пилы пониженной толщины, но не может повысить ее максимально достижимую изгибную жесткость, которая, как показано в работе [4], равна изгибной жесткости невращающейся пилы без начальных напряжений. Для повышения изгибной жесткости тонкой пилы в зоне резания обычно используют направляющие. Поскольку они из-за наличия трения представляют собой источник нагрева круглой пилы, зону расположения направляющих необходимо выбирать таким образом, чтобы обеспечивать закон распределения температуры по радиусу пилы, по крайней мере, не ухудшающий ее работоспособность при рабочих частотах вращения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Ершов С. В. Влияние неравномерного нагрева на изгибную жесткость и устойчивость вращающихся круглых пил // Лесн. журн.—1993.— № 1.— С. 69—76. (Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Ершов С. В. О распределении температуры по радиусу круглой пилы // Лесн. журн.—1992.— № 5.— С. 72—78.— (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Санев В. И. Обработка древесины круглыми пилами.—М.: Лесн. пром-сть, 1980.—232 с. [4]. Стахийев Ю. М., Ершов С. В., Макаров В. В. О согласовании степени проковки (вальцевания) с частотой вращения круглой пилы // Лесн. журн.—1988.— № 6.— С. 59—64.— (Изв. высш. учеб. заведений). [5]. Стахийев Ю. М. О поведении вращающегося диска пилы, прокованного до критического напряженного состояния // Лесн. журн.—1993.— № 5—6.— С. 90—93.— (Изв. высш. учеб. заведений). [6]. Стахийев Ю. М. Работоспособность плоских круглых

пил.— М.: Лесн. пром-сть, 1989.— 384 с. [7]. Schajer G. Circular saw tensioning: what it is, why it matters // Forest Industries.— 1989.— Vol. 116, N 5.— P. 14—16.

Поступила 30 марта 1993 г.

УДК 674.815-41

## ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫЕ ПЛИТЫ С АСИММЕТРИЧНОЙ СТРУКТУРОЙ ДЛЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ НЕСУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ

С. М. ПЛОТНИКОВ

Сибирский технологический институт

Строительные конструкции и элементы мебели содержат до 30 % древесностружечных плит, работающих в горизонтальном положении (книжные полки — 75 %). Большинство таких плит являются несущими, т. е. постоянно подвергаются изгибающей нагрузке, при которой их верхняя половина работает на сжатие параллельно пласти, нижняя — на растяжение.

Многочисленными исследованиями [1, 5, 6] установлено, что предел прочности плит на сжатие в 1,6—2,0 раза превышает предел прочности на растяжение.

При условии изгибающей нагрузки излом однородной плиты начинается всегда на нижней стороне, испытывающей растяжение. Верхняя сторона, подвергающаяся сжатию, имеет как бы завышенную прочность. Следовательно, делая обе стороны плиты равнопрочными, можно либо экономить связующее в верхних слоях плиты, либо использовать в них низкокачественное сырье без ухудшения основного показателя — прочности при статическом изгибе. Плита при этом будет иметь асимметричную структуру перпендикулярно пласти.

Рассмотрим теоретические предпосылки экономии связующего при условии равнопрочности верхней и нижней сторон плиты.

Прочность древесностружечной плиты на сжатие и растяжение параллельно пласти, согласно [2, 6], возрастает линейно с увеличением количества связующего в плите. Примем

$$\sigma_p = af, \quad (1)$$

где  $\sigma_p$  — предел прочности на растяжение параллельно пласти, МПа;

$a \approx 0,75$  — коэффициент пропорциональности, МПа/%;

$f$  — массовая доля связующего по сухому остатку, % от массы абс. сухой стружки.

Тогда

$$\sigma_{сж} = b\sigma_p = abf. \quad (2)$$

Здесь коэффициент  $b$  определяет, во сколько раз предел прочности на сжатие  $\sigma_{сж}$  превышает  $\sigma_p$ .

При равной прочности верхнего и нижнего слоев плиты и действию на нее изгибающей нагрузки имеем

$$\sigma_p = \sigma_{сж}. \quad (3)$$

Чтобы выполнить это условие, необходимо  $\sigma_{сж}$  уменьшить на некоторую величину  $\Delta f$  за счет снижения количества связующего в слое, работающем на сжатие. Тогда условие (3), с учетом (1) и (2), примет вид

$$af = ab(f - \Delta f),$$

откуда

$$\Delta f = \left(1 - \frac{1}{b}\right) f. \quad (4)$$

Таким образом, коэффициент  $a$  не влияет на условие равнопрочности слоев. При среднем значении  $b = 1,6$  и массовой доле связующего в одном из слоев, например  $f = 14\%$ , имеем  $\Delta f = 5,25\%$ , т. е. для выполнения условия (3) другой наружный слой должен содержать  $8,75\%$  связующего.

Зависимость пределов прочности на сжатие  $\sigma_{сж}$  (1) и растяжение  $\sigma_p$  (2) параллельно плите однослойной плиты от массовой доли связующего в ней

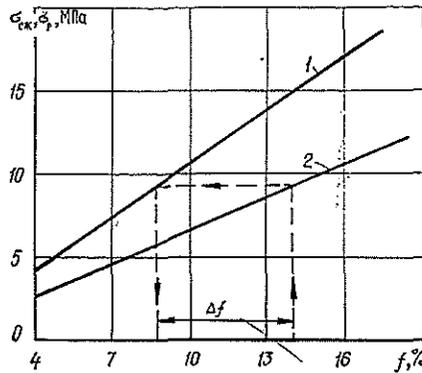


Иллюстрация данного примера представлена на рисунке. Значения  $\sigma_p(f)$  и  $\sigma_{сж}(f)$  взяты как среднестатистические из работы [6]. Естественно, что различие в количестве связующего верхнего и нижнего слоев плиты, так же как и применение в одном из слоев стружечного материала более низкого качества, делает ее конструкцию асимметричной относительно центральной горизонтальной плоскости, что вызывает внутренние механические напряжения в готовой плите и ее покорбленность. Для исключения этого можно использовать активные способы борьбы [3], предусматривающие создание в процессе изготовления таких влажностного и температурного режимов, которые в конечном итоге уравнивали бы конструкционную асимметрию плиты.

В лабораторных условиях были изготовлены два типа трехслойных плит (из сосновой стружки толщиной 20 мм) размером  $420 \times 420 \text{ мм}^2$ , средней плотностью  $660 \text{ кг/м}^3$  и с долей наружных слоев 40 % от общей массы плиты при массовой доле фенолформальдегидного связующего во внутреннем слое 8 %.

В первом (контрольном) типе плит верхний и нижний наружные слои содержали 14 % фенолформальдегидного связующего концентрацией 50 % (по сухому остатку). Во втором типе доля связующего в одном из наружных слоев была снижена до 8,7 % за счет уменьшения его концентрации до 31 %. При этом влажность стружечной смеси обоих наружных слоев оставалась одинаковой. Прессование проводили в электрообогреваемом лабораторном прессе в течение 6 мин при температуре прессующих поверхностей 160/160 °С (первый тип) и 174/146 °С (второй тип). Более высокую температуру имела поверхность, прилегающая к стружечному пакету с меньшим количеством связующего. Разность температур между прессующими поверхностями, равная 28 °С, найдена в результате расчета по данным работы [4] из условия наименьшей покорбленности готовых асимметричных плит.

Экспериментально получены значения (средние по 15 измерениям) предела прочности трехслойных плит при статическом изгибе, МПа:

Плита первого типа (контрольная) . . . . .	18,6
Плита второго типа с массовой долей связующего в верхнем и нижнем наружных слоях соответственно 14,0 и 8,7 % (неправильное положение) . . . . .	11,8
То же с массовой долей связующего в верхнем и нижнем наружных слоях соответственно 8,7 и 14,0 % (правильное положение) . . . . .	18,5

Покоробленность полученных плит лежала в пределах нормы и составляла 0,8 мм через 12 сут после прессования.

Таким образом, прочность на статический изгиб контрольной плиты и плиты, в которой количество связующего в одном из наружных слоев снижено более, чем в 1,5 раза, практически одинакова при правильном положении плиты, т. е. при расположении менее осмоленных слоев сверху. Экономия связующего в данном случае составляла около 10 %. При замене однослойных плит двухслойными экономия связующего может превышать 20 %.

Некоторое усложнение технологии производства асимметричных плит (создание трех стружечных потоков различной осмоленности вместо двух потоков для трехслойных плит или применение двух формирующих машин вместо одной для однослойных плит, создание асимметричного температурного или влажностного режимов в процессе прессования, а также необходимость маркировки одной из пластей плиты для ее правильного положения в дальнейшем) компенсируется экономией связующего или высококачественного стружечного сырья.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Иванов Ю. М. Ползучесть древесностружечной плиты // Строительство и архитектура.— 1960.— № 3.— С. 76—80. [2]. Кауфман Б. Н. и др. Производство и применение древесностружечных плит.— М.: Гослесбумиздат, 1958.— С. 150. [3]. Плотников С. М. Активные способы уменьшения покоробленности древесностружечных плит // Лесн. журн.— 1992.— № 3.— С. 76—80.— (Изв. высш. учеб. заведений). [4]. Плотников С. М. Исследование покоробленности древесностружечных плит с асимметричной структурой // Лесн. журн.— 1989.— № 1.— С. 49—53.— (Изв. высш. учеб. заведений). [5]. Hänsel A., Kühne G. Untersuchungen zur Mechanik der Spanplatten // Holzforschung und Holzverwertung.— 1988.— N 2.— S. 1—5. [6]. Niemz P., Schweitzer F. Einfluss ausgewählter Strukturparameter auf die Zug- und Druckfestigkeit von Spanplatten // Holz als Roh- und Werkstoff.— 1990.— S. 361—364.

Поступила 3 февраля 1993 г.

УДК 624.011.04.004.67

### ПРОЧНОСТЬ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ В ПАМЯТНИКАХ АРХИТЕКТУРЫ

Ю. А. ВАРФОЛОМЕЕВ, Л. Г. ШАПОВАЛОВА

ЦНИИМОД

Строительство и эксплуатация стросний из цельной или клееной древесины связаны с обеспечением их долговечности, которая определяется биостойкостью, вероятностью возгорания, изменением механических, прочностных и деформативных характеристик древесины и др.

Практика ремонтно-реставрационных работ показывает, что основной причиной разрушения длительно эксплуатируемых деревянных строений является их биоповреждение. В то же время известны многочисленные случаи хорошей сохранности деревянных зданий и соору-

жений. Например, Никольская церковь в с. Лявля Приморского района Архангельской области (1584 г.), Никольская церковь в с. Малошуйка Онежского района (1638 г.), Сретенская церковь в с. Красная Ляга Каргопольского района (1655 г.) имеют вполне удовлетворительное техническое состояние. Поэтому сведения о физико-механических свойствах древесины, эксплуатируемой в этих объектах, представляют большой научный и практический интерес.

В статье приведены результаты выполненных нами исследований прочности сосны памятников деревянного зодчества Архангельской области, эксплуатировавшей 85...350 лет в обычных для северных районов области температурно-влажностных условиях, на открытом воздухе или в проветриваемых подпольях и шатрах неотопливаемых зданий. Подготовку образцов и их испытание на прочность при статическом изгибе в тангенциальном направлении и сжатии вдоль волокон осуществляли по стандартным методикам в соответствии с ГОСТ 16483.10—79 и ГОСТ 16483.3—84. На сжатие испытано 10 партий по 6...17 образцов, на статический изгиб — 8 партий по 3...6 образцов в каждой. Небольшое число образцов в партиях объясняется сложностью их отбора и изготовления (особенно на изгиб) без нанесения прочностного и эстетического ущерба памятникам зодчества.

Результаты опытов по определению временного сопротивления  $R^3$  образцов старой древесины, а также их статистические характеристики представлены в таблице.

Анализируя приведенные данные, необходимо отметить, что между прочностью и плотностью древесины существует четко выраженная зависимость. Связь между этими показателями описывается степенной функцией, однако в большинстве случаев можно использовать линейные уравнения. Так, например, в работе [2] приведены следующие усредненные зависимости для древесины сосны, произрастающей на территории России (влажность 15 %):

$$\sigma_{сж} = 0,11\rho_{15} - 10,5; \quad (1)$$

$$\sigma_{изг} = 0,20\rho_{15} - 19,5, \quad (2)$$

где  $\sigma_{сж}$ ,  $\sigma_{изг}$  — пределы прочности при сжатии вдоль волокон и статическом изгибе, МПа.

По нашим экспериментальным данным с помощью регрессионного анализа зависимости между плотностью и прочностью древесины имеют следующий вид:

$$\sigma_{сж} = 0,19\rho_{12} - 36,84; \quad (3)$$

$$\sigma_{изг} = 0,30\rho_{12} - 57,83. \quad (4)$$

Эти уравнения аналогичны уравнениям (1) и (2). Отличия в коэффициентах и свободных членах можно объяснить тем, что в наших исследованиях испытания проведены при влажности 12, а не 15 %, а также различием климатических условий произрастания деревьев. В наших опытах изучены образцы древесины из северной части территории Архангельской области, а в работе [2] представлены усредненные данные по России.

Средняя плотность древесины образцов всех партий ( $N = 156$ ) составляет 505,8 кг/м<sup>3</sup>, что практически совпадает со стандартной для сосны, произрастающей на Кольском полуострове ( $\rho^{ст} = 505$  кг/м<sup>3</sup>). Поэтому для сопоставления результатов необходимо было все данные экспериментов привести к стандартной плотности. При этом значения  $R_{пр}^3$  оказались выше стандартных  $R^{ст}$  (при испытаниях на статический изгиб и сжатие вдоль волокон  $R_{пр}^3$  составляет соответст-

венно 89,6 и 55,6 МПа против 89,1 и 48,0 МПа). Разница между  $R_{пр}^a$  и  $R^{ст}$  для двух видов испытаний соответственно равна 1,01 и 15,83 %.

Рассматривая партии образцов со средней плотностью, близкой к стандартной (1—3, 8, 9 строки таблицы — испытания на сжатие, 1, 8, 9 — на изгиб), можно отметить, что средняя временная прочность  $R^a$  существенно больше определенной стандартом  $R^{ст}$  и составляет  $R_{сж}^a = 56,5$  МПа и  $R_{изг}^a = 93,2$  МПа против  $R_{сж}^{ст} = 48,0$  МПа и  $R_{изг}^{ст} = 89,1$  МПа. Разница между  $R^a$  и  $R^{ст}$  для двух видов испытаний соответственно равна 17,6 и 4,60 %.

Таким образом, при равной плотности прочность длительно эксплуатируемой древесины значительно выше стандартной, что свидетельствует о возможном упрочнении древесины при эксплуатации и тщательном индивидуальном ее отборе для строительства. Это также подтверждают экспериментальные данные. Минимальные значения прочности имеет партия образцов (строка 5) с продолжительностью эксплуатации 140 лет, отобранные из венцов хозяйственной части жилого дома. Расчетный срок эксплуатации этой части дома изначально закладывали меньше жилой из-за биопоражения нижних венцов, которые, как правило, перебирали 1—2 раза в течение срока службы дома. Вероятно, в данном случае тщательный отбор древесины не производился.

Для оценки прочности реальных конструкционных материалов необходимо знать их фактические расчетные сопротивления, которые определяют по результатам испытаний не малых чистых образцов древесины, а крупных образцов натуральных размеров.

При определении прочности сохраняемых существующих конструкций проводят кратковременные испытания малых чистых образцов, вырезанных из конструкций, и путем несложных расчетов получают искомые расчетные сопротивления [1].

Последовательность обработки результатов.

1. Определяют кратковременную прочность малых чистых образцов с обеспеченностью 95 % по нижней доверительной границе:

$$R_{вр, ч}^n = R^a (1 - tv),$$

где  $R^a$  — среднее арифметическое значение прочности малых чистых образцов или экспериментальное временное сопротивление древесины;

$t$  — показатель достоверности в зависимости от заданной вероятности (0,95) и числа образцов  $N$ ;

$v$  — коэффициент вариации.

2. Осуществляют переход от прочности малых чистых образцов к кратковременному сопротивлению древесины натуральных сечений:

$$R_{вр}^n = R_{вр, ч}^n k_n k_p,$$

где  $k_n$ ,  $k_p$  — коэффициенты, учитывающие изменение прочности за счет влияния пороков и увеличения размеров (В данном случае принято для сжатия вдоль волокон  $k_n = 0,75$  и  $k_p = 0,95$ ; для изгиба  $k_n = 0,54$ ;  $k_p = 0,85$ ).

3. Находят длительную нормативную прочность с учетом длительности воздействия нагрузок на конструкцию

$$R^n = R_{вр}^n m_{дл},$$

где  $m_{дл}$  — коэффициент длительности, для большинства силовых воздействий,  $m_{дл} = 0,66$ .

4. Определяют расчетное сопротивление древесины

$$R = R^n / K_s$$

Условия эксплуатации, вид конструкции	Продолжительность эксплуатации, лет	Плотность, $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Сопротивление временное, $R_{пр}^в$ , МПа	Число образцов $N$ , шт.	Среднее квадратичное отклонение $\sigma$ , МПа	Коэффициент вариации $v$ , %	Средняя плотность $m$ , МПа	Показатель точности $F$ , %	Сопротивление расчетное $R$ , МПа	Сопротивление приведенное, МПа		
										временное $R_{пр}^в$	расчетное $R_{пр}$	
Объект неотапливаемый, конструкция несущая: внутренняя	85	490	$\frac{59,2}{90,8}$	$\frac{17}{5}$	$\frac{5,87}{10,71}$	$\frac{9,92}{11,87}$	$\frac{1,42}{4,79}$	$\frac{2,40}{5,27}$	$\frac{19,9}{14,4}$	$\frac{60,8}{93,6}$	$\frac{20,4}{14,8}$	
	262	500	$\frac{57,0}{—}$	$\frac{10}{—}$	$\frac{4,48}{—}$	$\frac{7,86}{—}$	$\frac{1,42}{—}$	$\frac{2,49}{—}$	$\frac{20,4}{—}$	$\frac{57,8}{—}$	$\frac{20,1}{—}$	
	351	510	$\frac{60,8}{—}$	$\frac{8}{—}$	$\frac{1,85}{—}$	$\frac{3,05}{—}$	$\frac{0,65}{—}$	$\frac{1,08}{—}$	$\frac{24,2}{—}$	$\frac{60,0}{—}$	$\frac{23,8}{—}$	
	113	450	$\frac{79,2}{—}$	$\frac{4}{—}$	$\frac{6,11}{—}$	$\frac{7,80}{—}$	$\frac{3,06}{—}$	$\frac{3,86}{—}$	$\frac{15,4}{—}$	$\frac{88,9}{—}$	$\frac{17,3}{—}$	
	140	420	$\frac{42,3}{63,7}$	$\frac{9}{5}$	$\frac{2,61}{4,98}$	$\frac{6,16}{7,82}$	$\frac{0,87}{2,23}$	$\frac{2,06}{3,50}$	$\frac{15,5}{13,2}$	$\frac{50,9}{76,6}$	$\frac{18,7}{15,9}$	
	163	435	$\frac{44,0}{73,1}$	$\frac{15}{6}$	$\frac{3,24}{1,90}$	$\frac{7,36}{2,60}$	$\frac{0,84}{0,76}$	$\frac{1,90}{1,06}$	$\frac{15,9}{18,9}$	$\frac{51,1}{84,9}$	$\frac{18,4}{21,9}$	
	199	430	$\frac{46,4}{76,1}$	$\frac{9}{4}$	$\frac{3,42}{3,90}$	$\frac{7,37}{5,16}$	$\frac{1,14}{1,95}$	$\frac{2,45}{2,56}$	$\frac{16,5}{17,6}$	$\frac{54,5}{89,4}$	$\frac{19,4}{20,7}$	
	223	500	$\frac{52,7}{95,8}$	$\frac{17}{4}$	$\frac{4,79}{6,40}$	$\frac{9,08}{6,68}$	$\frac{1,16}{3,20}$	$\frac{2,20}{3,34}$	$\frac{18,2}{20,1}$	$\frac{53,2}{96,8}$	$\frac{18,4}{20,3}$	
	Объект неотапливаемый, конструкция самонесущая: внутренняя	191	490	$\frac{52,6}{84,7}$	$\frac{10}{3}$	$\frac{3,31}{6,16}$	$\frac{6,30}{7,90}$	$\frac{1,05}{3,56}$	$\frac{1,99}{4,20}$	$\frac{19,3}{14,7}$	$\frac{54,2}{87,3}$	$\frac{19,9}{15,2}$
		262	570	$\frac{64,1}{111,9}$	$\frac{11}{4}$	$\frac{6,37}{4,20}$	$\frac{9,94}{3,77}$	$\frac{1,92}{2,10}$	$\frac{2,99}{1,88}$	$\frac{18,5}{27,6}$	$\frac{56,8}{99,1}$	$\frac{20,8}{24,4}$
Объект отапливаемый, конструкция несущая внутренняя	124	445	$\frac{48,7}{—}$	$\frac{5}{—}$	$\frac{2,80}{—}$	$\frac{5,75}{—}$	$\frac{1,25}{—}$	$\frac{2,26}{—}$	$\frac{17,6}{—}$	$\frac{55,3}{—}$	$\frac{20,0}{—}$	

где  $K$  — коэффициент безопасности по материалу (с обеспеченностью 0,95),

$$K = \frac{1 - t_{0,95}v}{1 - t_{0,99}v}.$$

Значения расчетных сопротивлений  $R$  длительно эксплуатируемой древесины сосны при сжатии вдоль волокон (числитель) и статическом изгибе (знаменатель) приведены в таблице. Там же указаны временные  $R_{пр}^в$  и расчетные  $R_{пр}$  сопротивления, приведенные к стандартной плотности. Средние значения  $\bar{R}^в$ ,  $\bar{R}$ ,  $\bar{R}_{пр}^в$  и  $\bar{R}_{пр}$  соответственно равны 53,44/84,41; 18,6/17,7; 55,5/89,6 и 20,0/18,8 МПа.

Из данных таблицы видно, что практически все значения расчетных сопротивлений древесины при сжатии вдоль волокон и статическом изгибе, как абсолютные, так и приведенные к стандартной плотности, значительно выше определенного СНиП II-25—80. В среднем  $\bar{R}_{сж} = 18,6$  МПа;  $\bar{R}_{сж}^в = 20,0$  МПа и  $\bar{R}_{изг} = 17,7$  МПа;  $\bar{R}_{изг}^в = 18,8$  МПа, что выше стандартного  $R^{ст} = 16,0$  МПа соответственно на 16,25; 25,00 и 10,6; 17,5 %.

Таким образом, кратковременная прочность малых чистых образцов древесины длительно эксплуатируемых сооружений, приведенная к стандартной плотности, при испытании на сжатие вдоль волокон и статический изгиб несколько выше прочности, определенной стандартом. Абсолютные значения кратковременной прочности старой древесины при плотности, близкой к стандартной, существенно выше стандартных. Фактические расчетные сопротивления крупных сортиментов натуральных размеров, полученные путем пересчета от кратковременной прочности малых чистых образцов, также существенно больше стандартных значений.

По результатам испытаний можно сделать следующие выводы:

при строительстве ценных объектов деревянного зодчества осуществлялся тщательный отбор древесины;

эксплуатация обследованных объектов деревянного зодчества при условии выполнения текущих ремонтов возможна весьма длительное время.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Информационный листок / Архангельский ЦНТИ.— Архангельск, 1985.— № 196—85: Определение и оценка расчетных сопротивлений конструкционной древесины / Сост. Б. В. Лабудин, В. А. Катаев, С. А. Альбицкий.— 4 с. [2]. Уголев Б. Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения // Учебник для студентов лесотехн. спец. вузов — 2-е изд. перераб. и доп.— М.: Лесн. пром-сть, 1986.— 366 с.

Поступила 11 октября 1993 г.

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 674.815-41

ПОЛУЧЕНИЕ ДРЕВЕСНЫХ ПЛИТ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДИФИЦИРОВАННОГО  
РАСТВОРИМОГО СТЕКЛА

А. А. ЭЛЬБЕРТ, И. А. ГАМОВА, С. Н. ВЬЮНКОВ

С.-Петербургская лесотехническая академия

Плитные материалы выпускаются чаще всего на основе токсичных карбамидоформальдегидных и фенолоформальдегидных смол, кроме того, синтетические связующие дефицитны и дороги. В данной работе изучена возможность использования растворимого стекла (РС) в качестве связующего при производстве древесных плит.

На начальном этапе были получены образцы плит с массовой долей РС 25 % от абс. сухой стружки плотностью 900 кг/м<sup>3</sup>, которые имели предел прочности при статическом изгибе 17 МПа, но полностью разрушались при испытании в воде за 24 ч. Однако, как показали исследования, при использовании РС большую роль играет влажность прессмассы, и поэтому необходимо применять поддоны с рамкой по периметру для сохранения влажности внутри пакета (табл. 1).

Данные табл. 1 свидетельствуют о том, что увеличение влажности и температуры прессования отрицательно сказывается на прочности плит при статическом изгибе, но способствует снижению набухания.

Как видно из приведенных данных, использование немодифицированного РС не позволяет получить плиты с высокими физико-механическими свойствами по прочности и водостойкости одновременно. Поэтому, исходя из литературных источников [1, 2], был выбран модификатор, способствующий накоплению в РС нерастворимых веществ. Добавляли различное по отношению к РС количество модификатора и прогревали 30 мин при заданной температуре.

Как видно из табл. 2, повышение температуры увеличивает количество нерастворимых в воде веществ с 11,06 до 99,46 %. Подобная зависимость наблюдается и при добавлении модификатора к РС, причем наиболее существенно это сказывается при снижении температуры с 260 до 220 °С.

Таблица 1

Влияние влажности и температуры прессования на свойства плит

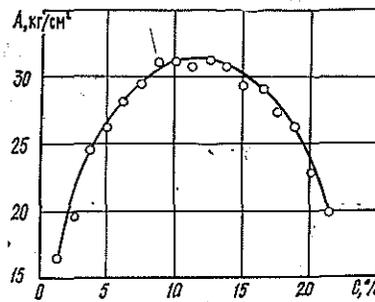
Влажность прессмассы, %	Температура прессования, °С	Плотность плит, кг/м <sup>3</sup>	Предел прочности при статическом изгибе, МПа	Набухание за 24 ч, %	Водопоглощение за 24 ч, %
15	180	850	24,8	135,0	142
	220	850	21,6	64,5	97
25	180	860	17,5	63,7	96
	220	830	9,8	25,5	64

Таблица 2  
Влияние количества модификатора на содержание нерастворимой фракции РС

Соотношение модификатор : РС	Массовая доля нерастворимых веществ, %, при температуре, °С		
	220	240	260
0 : 1	11,06	44,84	99,46
1 : 1	37,43	43,88	73,11
2 : 1	37,79	38,23	50,44

Чтобы выявить влияние модификатора на прочность склеивания с РС, определяли прочность адгезии [3]. Для этого полоски древесного шпона склеивали внахлест смесью РС с модификаторами и прессовали в горячем прессе по режиму изготовления плит. Данные рис. 1 свидетельствуют о том, что прочность склеивания монотонно повышается до определенного предела и при добавлении к РС от 10 до 12 % модификатора увеличивается в 2 раза. Дальнейшее увеличение количества модификатора ухудшает прочность склеивания.

Рис. 1. Влияние массовой доли С модификатора на адгезионную прочность А



Эта тенденция подтверждена в процессе изготовления плит с использованием модифицированного РС при различных условиях прессования.

Согласно данным табл. 3, плиты, полученные при температуре 220 °С, массовой доле введенного модификатора 3 %, продолжительности прессования 1 мин на 1 мм, имеют предел прочности при статическом изгибе в 2,5 раза больше, чем без модификатора, в то же время

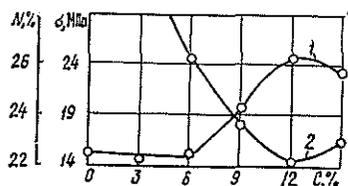
Таблица 3  
Влияние условий прессования и количества модификатора на свойства древесных плит

Температура прессования, °С	Продолжительность прессования, мин на 1 мм плиты	Массовая доля введенного модификатора, %	Плотность плит, кг/м³	Предел прочности при статическом изгибе, МПа	Набухание за 24 ч, %	Водопоглощение за 24 ч, %
180	1	1	830	22,6	135,1	169
	1	3	800	22,1	141,3	126
220	1	1	820	22,2	131,7	102
	1	3	810	23,2	31,0	56
	2	3	820	24,4	31,8	48
	4	3	820	22,7	28,7	48

набухание изменяется незначительно. Улучшения свойств древесных плит в зависимости от продолжительности прессования не происходит.

В проводимых опытах в РС добавляли модификатор и этой смесью обрабатывали стружку в шнековом смесителе. Следует отметить, что после введения модификатора РС превращалось в вязкий гель, и введение композиции методом пневматического распыления становилось невозможным. Поэтому было решено обрабатывать наполнитель модификатором и РС отдельно. Сначала в стружку добавляли модификатор и подсушивали её в сушильном шкафу до влажности 2...3 %, чтобы после введения РС влажность пресскомпозиции не превысила 25 %. Изготавливали образцы древесных плит с различным количеством модификатора (3...15 % в расчете на сухие вещества) и массовой долей РС 25 %. Прессование проводили с применением ограничителей толщины.

Рис. 2. Влияние массовой доли модификатора на физико-механические показатели древесных плит: 1 — предел прочности при статическом изгибе  $\sigma$ ; 2 — набухание  $N$  за 24 ч



Данные рис. 2 свидетельствуют о том, что при раздельном введении РС и модификатора значительно снижается набухание за 24 ч, и улучшается показатель предела прочности при статическом изгибе. Так, при введении 12 % модификатора прочность составляет 26,1 МПа, набухание — 22,6 %.

Проведенный анализ литературы показал, что переводу РС в нерастворимое состояние способствуют некоторые неорганические соединения [1]. В табл. 4 представлены результаты влияния одного из таких соединений (отвердителя) на массовую концентрацию нерастворимых в воде веществ после термообработки при температуре 220...260 °С. Добавляли 1, 3, 5 % отвердителя от веса РС.

Таблица 4  
Влияние количества отвердителя на содержание нерастворимой фракции РС

Массовая доля отвердителя, %	Массовая доля нерастворимых веществ, %, при температуре, °С		
	220	240	260
—	11,06	44,84	99,46
1	27,20	32,45	92,46
3	45,30	36,53	96,43
5	71,00	39,54	99,73

Как видно из табл. 4, особенно сильное влияние оказывает добавка отвердителя при температуре 220 °С. Если в чистом РС массовая доля нерастворимых в воде веществ составляет 11,06 %, то при введении 1 % отвердителя она увеличивается в 2 раза, при 3 % — в 4 раза, при 5 % — в 6,5 раза.

На основании этих данных методом трехфакторного планированного эксперимента изучено влияние количества модификатора в композиции (нижний уровень — 6 %, верхний — 12 %) и отвердителя (1 и 5 %). Температура прессования 180 и 220 °С (табл. 5).

Таблица 5

Влияние состава композиции и температуры прессования на свойства древесных плит

Массовая доля, %		Температура прессования, °С	Плотность плит, кг/м <sup>3</sup>	Предел прочности при статическом изгибе, МПа	Водопоглощение за 24 ч, %	Набухание за 24 ч, %
модификатора	отвердителя					
6	5	220	890	23,6	66,6	50,3
	1	220	890	25,4	49,3	29,4
	5	180	880	28,8	84,2	69,2
	1	180	890	37,0	63,2	50,2
12	5	220	910	30,6	79,9	33,9
	1	220	890	25,8	59,4	118,6
	5	180	890	28,7	57,4	22,7
	1	180	880	26,1	66,6	58,2

Анализ данных табл. 5 свидетельствует о том, что увеличение массовой доли отвердителя способствует снижению набухания, а уменьшение температуры прессования от 220 до 180 °С отрицательно сказывается на набухании. Повышение температуры прессования и количества модификатора способствует снижению набухания за 24 ч.

Таким образом, при использовании композиции, содержащей 25 % РС от веса абс. сухой стружки, 12 % модификатора от веса абс. сухой стружки и 5 % отвердителя от веса абс. сухого РС могут быть получены древесностружечные плиты удовлетворительного качества.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Власенко Р. И., Кулик В. М. Минеральное связующее для отделочных материалов по древесине / Деревообработка: Информ. сб.— 1989.— Вып. 12.— С. 1—28.  
 [2]. Григорьев А. Н., Матвеев М. А. Растворимое стекло.— М.: Химия, 1956.— 444 с. [3]. Фрейдин А. С. Прочность и долговечность клеевых соединений.— М.: Химия, 1981.— 158 с.

Поступила 15 ноября 1993 г.

УДК 676.084.2.693.542.4

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДУХОВОВЛЕКАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ КОМПЛЕКСНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ДОБАВОК НА ОСНОВЕ ЛСТ В ЦЕМЕНТНЫХ СИСТЕМАХ

О. В. ГИНТЕР, О. М. СОКОЛОВ, Т. Г. ШЕСТАКОВА,  
О. П. ЯЦЕНКО

Архангельский лесотехнический институт

Для получения плотных и высокопрочных марок бетона, обладающего высокой подвижностью, т. е. удобоукладываемостью, на начальном этапе твердения бетонной смеси необходимо использовать пластификаторы с невысокой воздухововлекающей способностью, которая оказывает заметное влияние на прочность цемента при тепловой обработке.

Одной из основных причин, снижающих свойства технических лигносульфонатов (ЛСТ), как пластификаторов, является их способность вовлекать воздух в бетонную смесь. Снизить этот показатель и увеличить дозировку ЛСТ в бетон для повышения пластифицирующего действия можно путем модифицирования.

Существующие в настоящее время способы модифицирования ЛСТ, связанные с удалением активно вовлекающих воздух компонентов, до-

статочны сложны, трудоемки, дороги и требуют больших расходов дополнительных материалов. К тому же они приводят к потере значительной части пластификатора. Наиболее рационально использовать в качестве модификаторов ЛСТ массовые и дешевые производственные отходы целлюлозно-бумажных предприятий. Для получения бетона с комплексом разнообразных свойств целесообразно применять композиции из двух и более модифицирующих добавок. Правильное сочетание различных эффектов действия добавок существенно улучшает свойства цементных систем.

Ранее нами были разработаны комплексные добавки ЛСТ-МЩ1 [3], И-5 [2] и И-10 [4], обладающие невысокой воздухововлекающей способностью в бетонных смесях. В качестве пеногасителей ЛСТ использовали отработанный нейтрально-сульфитный щелок (для пластификаторов ЛСТ-МЩ1, И-5), фракцию нейтрально-сульфитного щелока, обогащенную мылами (И-10), отходы сульфит-спиртового и гидролизного производств — сивушные масла (И-5). Однако эффективность действия используемых пеногасителей изучена недостаточно полно, поэтому представляет интерес проведение дальнейших исследований в этом направлении.

Объектом изучения служили ЛСТ, отработанный нейтрально-сульфитный щелок (НСЩ) Архангельского ЦБЖ и сивушные масла (СМ) Архангельского гидролизного завода. Характеристика используемых материалов и полученных на их основе продуктов представлена в табл. 1, 2.

Таблица 1  
Физико-химические характеристики добавок

Добавка	Массовая доля, %		рН*	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Массовая концентрация экстрактивных веществ, г/л
	сухих веществ	зола от сухих веществ			
ВФ	18,1	9,2	11,5	1093	5,4
НСЩ	8,9	3,3	11,9	1043	2,3
СМ	0,9	—	—	427	—
ЛСТ	49,5	9,5	4,9	1232	—
ЛСТ-МЩ1	36,8	6,7	8,9	1153	—
И-10	45,8	6,7	6,8	1203	—

\* Определяли рН 20 %-х растворов ЛСТ, ЛСТ-МЩ1, И-10.

Результаты исследований показывают, что увеличение содержания отработанного НСЩ в ЛСТ приводит к повышению вязкости получаемых продуктов. Это происходит за счет повышения доли гемиллюлоз щелока, имеющих сравнительно высокую степень полимеризации (около 100). Использование СМ и фракции НСЩ, обогащенной мылом (ВФ), позволяет снизить вязкость модифицированных лигносульфонатов. Для модифицирования использовали неупаренный НСЩ с массовой долей сухих веществ 8,9 %, поэтому полученные продукты имеют невысокое содержание их. ВФ нейтрально-сульфитного щелока подвергали упариванию до концентрации сухих веществ 18,1 %.

Воздухововлекающую способность полученных продуктов оценивали путем исследования пенообразования 20 %-х растворов пластификаторов и их воздухововлечения в цементно-водных системах. Результаты исследований представлены на рис. 1—3.

Таблица 2  
Физико-химические характеристики пластификаторов

Состав пластификатора	Массовая доля модифицирующей добавки, % по сухому веществу	Массовая доля сухих веществ, %	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Динамическая вязкость 20 %-го раствора, Па·с
ЛСТ	—	49,5	1232	4,1
ЛСТ+НСЩ	5,0	45,4	1204	2,9
	10,0	34,8	1164	3,9
	20,0	26,4	1124	4,0
	30,0	21,5	1099	5,0
ЛСТ+ВФ	5,0	47,1	1227	3,5
	10,0	43,5	1208	3,2
	20,0	37,7	1182	3,2
	30,0	33,8	1162	27,0
ЛСТ-МЩ 1 + +СМ	0,2	33,4	1157	3,6
	0,4	33,6	1156	—
	0,6	33,8	1154	3,8
	0,8	33,7	1155	3,8
	1,0	33,5	1153	3,9
И-10+СМ	0,2	43,2	1207	3,6
	0,4	43,2	1207	3,5
	0,6	43,2	1206	3,4
	0,8	44,7	1204	3,2
	1,0	44,7	1203	3,1

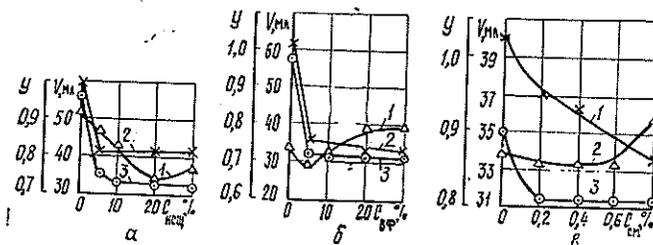


Рис. 1. Влияние массовой доли  $C$  добавок НСЩ (а), ВФ (б) и СМ (в) на воздухововлекающую способность ЛСТ (а, б) и пластификатора ЛСТ-МЩ 1 (в): 1 — устойчивость пены; 2 — объем пены в начальный момент после встряхивания; 3 — объем пены через 5 мин стояния

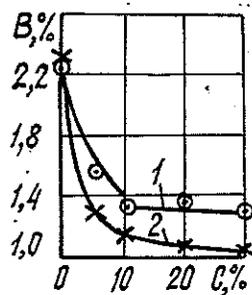
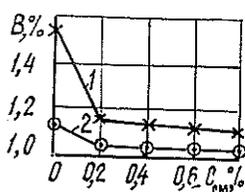


Рис. 2. Влияние массовой доли  $C$  НСЩ (1) и ВФ (2) на воздухововлечение  $B$  ЛСТ

Увеличение массовой концентрации ВФ в ЛСТ позволяет снизить объем пены в начальный момент времени после встряхивания ( $V_0$ ) и через 5 мин стояния ( $V_5$ ), причем  $V_5$  достигает минимального значения

Рис. 3. Влияние массовой доли СМ на воздухововлечение  $V$  пластификаторов ЛСТ-МЩ1 (1) и И-10 (2)



уже при введении 5 % ВФ (рис. 1, а). Следовательно, доля ВФ в ЛСТ не должна превышать 10 % (пластификатор И-10), т. к. уже данное количество модификатора позволяет достичь желаемого результата. При введении ВФ пена гасится практически полностью сразу же после окончания встряхивания раствора ЛСТ, поэтому отношение  $V_5/V_0 \approx 1$ . Аналогичные результаты получены и для растворов ЛСТ, модифицированных НСЩ (рис. 1, а). Однако значения  $V_0$  и  $V_5$  у них значительно выше. Заметное уменьшение объема пены наступает только после введения в ЛСТ 30 % НСЩ.

Обработка сивушными маслами пластификаторов ЛСТ-МЩ1 и И-10 позволяет эффективнее снижать пенообразование. Это связано с тем, что эти пластификаторы содержат в своем составе пеногаситель. СМ, введенные в пластификатор И-10 в количестве 0,2...1,0 %, полностью гасят пену даже в начальный момент времени после встряхивания. Добавка ЛСТ-МЩ1 снижает  $V_0$  и  $V_5$  не столь резко (рис. 1, в).

Исследование воздухововлекающей способности модифицированных продуктов подтвердило полученные выше результаты. У комплексных добавок ЛСТ + НСЩ и ЛСТ + ВФ происходит снижение способности вовлекать воздух в цементные системы с увеличением в них доли НСЩ и его фракции ВФ, обогащенной мылом. Но у последней добавки воздухововлекающая способность значительно меньше. Для снижения воздухововлекающего эффекта достаточно вводить в ЛСТ 10 % ВФ (пластификатор И-10). Дальнейшее увеличение доли ВФ сказывается незначительно на вовлекающей способности ЛСТ. Полученные результаты подтверждаются физико-механическими испытаниями пластифицированных бетонов [1].

Экспериментально доказано, что все исследованные модификаторы позволяют снизить воздухововлекающий эффект в цементных системах. Наиболее существенна добавка пластификатора И-10, модифицированного СМ. Он практически не вовлекает воздух. Комплексная добавка ЛСТ-МЩ1 + СМ по эффективности снижения воздухововлечения аналогична пластификатору И-10 (рис. 2, 3).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Гинтер О. В., Соколов О. М. Лигносульфонаты — пластификаторы бетонных смесей // Проблемы экологии на Европейском Севере: Сб. науч. тр.—Архангельск: АЛТИ, 1992.— С. 82—85. [2]. Изменение физико-химических свойств лигносульфонатов с целью направленного улучшения их свойств как пластифицирующей добавки в бетонные смеси / О. М. Соколов, О. В. Гинтер, Б. Д. Богомолов, А. Б. Сергеев // Тез. докл. 7-й Всесоюз. конф. по химии и использованию лигнина.— Рига, 1987.— С. 176—177. [3]. Пластифицирующая добавка в бетон ЛСТ-П / О. М. Соколов, Г. А. Евсеев, А. Б. Сергеев, Т. А. Курина // Бетон и железобетон.— 1986.— № 6.— С. 11—12. [4]. Соколов О. М., Гинтер О. В., Кочергина Г. Г. Свойства ЛСТ, модифицированных мылом нейтрально-сульфитного щелока, их влияние на физико-механические свойства бетонов // Гидролиз. и лесохим. пром-сть.— 1992.— № 2.— С. 12—13.

УДК 676.1.023.1 : 630\*861.14

## ВЛИЯНИЕ ВВЕДЕНИЯ ДИОКСИДА ХЛОРА ПРИ ХЛОРИРОВАНИИ НА ПОКАЗАТЕЛИ СУЛЬФАТНОЙ ЛИСТВЕННОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Л. А. МИЛОВИДОВА, Г. В. КОМАРОВА, Г. А. ИВАНОВА,  
Л. А. СМИРНОВА

Архангельский лесотехнический институт

Сокращение расхода белящих реагентов и исключение из процесса отбели молекулярного хлора приводят к снижению содержания хлорированной органики, в том числе — хлорированных диоксинов и дибензофуранов в стоках отбельных цехов и целлюлозе.

В работе [1] показано влияние введения диоксида хлора на ступени хлорирования при отбелике сульфитной целлюлозы. Несомненно, что большой интерес представляет исследование данного процесса при отбелике сульфатной целлюлозы. Достаточно полно этот вопрос рассмотрен для схем, включающих делигнифицирующую кислородно-щелочную ступень отбелики (КЩО) [2, 5]. Авторы всех работ отмечают затруднения при отбелике сульфатных целлюлоз после КЩО.

Некоторой альтернативой использования ступени КЩО в производстве лиственной беленой целлюлозы является технология продленной делигнификации. По имеющимся данным, при варке лиственной древесины в этом случае достигается число Каппа, равное 13...14 п. ед., что примерно соответствует сочетанию обычной варки и ступени КЩО [3, 4]. Добелка этой целлюлозы, прошедшей хлорирование смесью хлора с диоксидом хлора, и целлюлозы после КЩО существенно отличается.

Для проведения эксперимента взяты образцы лиственной сульфатной целлюлозы с показателями, соответствующими условиям продленной делигнификации: жесткостью 65 п. ед., разрывной длиной 10 000 м, сопротивлением излому 2 500 ч. дв. п.

Параметры процессов хлорирования и щелочения лиственной сульфатной целлюлозы приведены в табл. 1, изменение основных показателей сульфатной целлюлозы после ступеней хлорирования, а также хлорирования и щелочения — на рис. 1. Степень замещения хлора на диоксид хлора составляла 0...100 % от общего расхода хлора. Хлор и диоксид хлора вводили в целлюлозу одновременно.

Таблица 1

Условия отбелики	Значения показателей на ступени				
	хлорирования	щелочения	отбелики диоксидом хлора	щелочения	отбелики диоксидом хлора
Концентрация массы, %	4,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Продолжительность обработки, мин	60	120	210	120	210
Температура, °С	20; 40; 60	60	70	60	70
Расход NaOH, кг/т	—	20,0	—	15,0	—
Расход хлорреагентов, кг акт. хлора/т	36,4	—	11,0	—	7,0

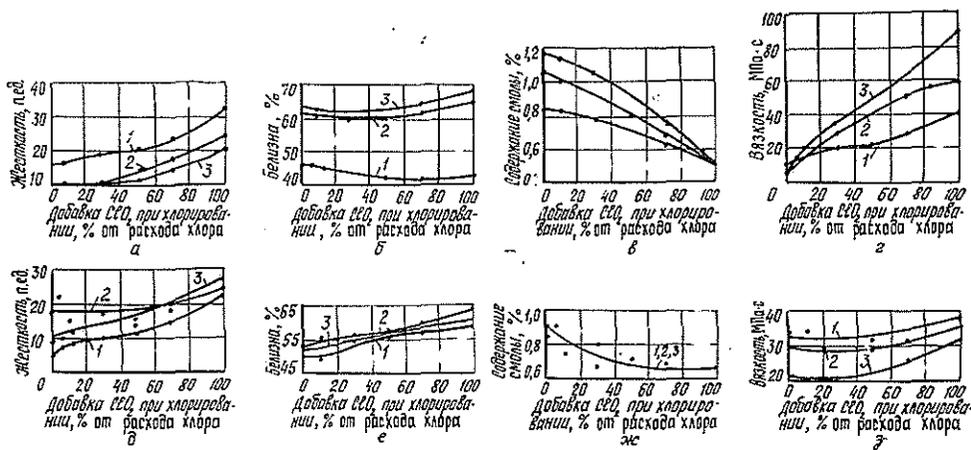


Рис. 1. Влияние добавки диоксида хлора при хлорировании на показатели лиственной сульфатной целлюлозы после ступеней хлорирования (а, б, в, г), хлорирования и щелочения (д, е, ж, з) при различной температуре хлорирования: 1 — 20; 2 — 40; 3 — 60 °С

При замещении хлора на диоксид хлора жесткость целлюлозы (рис. 1, а, д) возрастала как после хлорирования, так и после щелочения по сравнению с хлорированием только хлором. Повышение температуры хлорирования сопровождалось некоторым снижением жесткости хлорированной целлюлозы. По-видимому, развиваются процессы окисления, имеющие несколько иной характер, чем при обработке сульфитной целлюлозы [1]. После проведения щелочения характер зависимости менялся, наименьшую жесткость имела целлюлоза, хлорирование которой проводилось при низкой температуре (20 °С). Можно предположить, что в этом случае, как и при хлорировании сульфитной целлюлозы, максимальную растворимость в щелочи имеют продукты низкотемпературных обработок хлором.

На белизну целлюлозы после хлорирования наибольшее влияние оказывает температура, причем практически весь прирост белизны достигается при повышении температуры до 40 °С. Проведение щелочения нивелирует эту зависимость, и белизна целлюлозы не зависит от температуры хлорирования (рис. 1, б, е).

Введение диоксида хлора при хлорировании сопровождается ростом белизны целлюлозы как после хлорирования, так и после щелочения, что не согласуется с характером изменения жесткости хлорированной массы. Таким образом, на стадии хлорирования с увеличением степени замещения хлора на диоксид хлора проявляется эффект отбеливания лиственной сульфатной целлюлозы, который сохраняется и после щелочения.

Как при хлорировании, так и при щелочении сокращение доли молекулярного хлора сопровождается снижением содержания смолы в сульфатной целлюлозе. Однако после щелочения положительное влияние повышенной температуры хлорирования, отмеченное ранее для сульфитной целлюлозы, отсутствует. Снижение содержания смолы в лиственной сульфатной целлюлозе невелико: от 0,9 % при хлорировании хлором до 0,7 % при обработке диоксидом хлора (рис. 1, в, ж).

При хлорировании лиственной сульфатной целлюлозы защитное воздействие добавок диоксида хлора проявляется в большей степени, чем для сульфитной; вязкость целлюлозы после ступеней хлорирования и щелочения тем выше, чем выше степень замещения хлора. Этот эффект отмечается для всего исследованного интервала температур хло-

рирования (20...60 °С), хотя снижение вязкости целлюлозы, обусловленное повышением температуры, компенсируется только при высоких степенях замещения (более 60 %).

Отмечается повышение вязкости хлорированной сульфатной целлюлозы, как и сульфитной целлюлозы, не только с увеличением степени замещения хлора, но и с повышением температуры (рис. 1, 2, 3), что обусловлено преимущественным развитием окислительных процессов.

На рис. 2 приведены кривые, характеризующие потребление активного хлора на стадии хлорирования лиственной сульфатной целлюлозы при различных степенях замещения хлора. Наблюдаются практически полное поглощение его при температуре 60 °С, незначительные остатки при 40 °С (поглощение более 99 %) и высокое содержание при 20 °С и степени замещения хлора свыше 50 %, что аналогично характеру изменения остаточного хлора при хлорировании сульфатной целлюлозы.

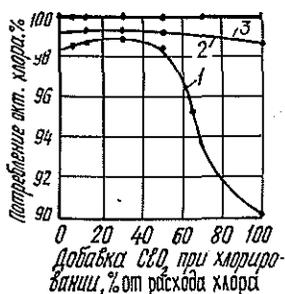


Рис. 2. Влияние добавки диоксида хлора на потребление активного хлора в процессе хлорирования лиственной сульфатной целлюлозы при различной температуре хлорирования: 1 — 20; 2 — 40; 3 — 60 °С

Таблица 2

Схема отбелики	Белизна, %	Сорность, число сор./м <sup>2</sup>	Разрывная длина, м	Сопровождающее излому, ч.д.п.
X—Щ—Д—Щ—Д	86,6	223	8 900	2 000
Д/X—Щ—Д—Щ—Д (40:60)	87,0	191	8 800	2 080
Д—Щ—Д—Щ—Д	87,1	98	9 800	2 000

Примечание. Хлорирование проводили при температуре 40 °С.

Отделка образцов целлюлозы по полной схеме X—Щ—Д—Щ—Д (табл. 2) показала, что замена молекулярного хлора на диоксид хлора при хлорировании приводит к некоторому повышению белизны и снижению сорности. В случае полной замены молекулярного хлора на диоксид обеспечивается довольно значительное повышение разрывной длины.

### Выводы

1. Повышение температуры хлорирования от 20 до 60 °С сопровождается снижением жесткости целлюлозы после ступени хлорирования и ее повышением после ступеней хлорирования и щелочения. Наиболее существенное влияние оказывает повышение температуры от 20 до 40 °С.

2. С увеличением температуры до 40 °С прирост белизны после хлорирования составляет более 10 %, после щелочения — менее 2...3 %.

3. Замещение молекулярного хлора на диоксид хлора от 0 до 100 % в процессе хлорирования лиственной сульфатной целлюлозы сопровождается следующими изменениями ее показателей:

жесткость целлюлозы повышается на 5...10 п. ед. и одновременно возрастает белизна на 2...5 % после хлорирования и на 5...10 % после щелочения. Повышение белизны целлюлозы при отбелке по полной схеме составляет не более 0,5 %;

вязкость целлюлозы повышается для всего исследованного интервала температур (20...60 °С). При отбелке по полной схеме увеличение разрывной длины имеет место только при высоких (близких к 100 %) степенях замещения хлора;

смолистость целлюлозы понижается, но температура хлорирования не оказывает влияния на этот показатель;

сорность беленой целлюлозы существенно снижается при температуре хлорирования 40 °С.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Влияние введения диоксида хлора при хлорировании на показатели сульфитной целлюлозы / Л. А. Милонидова, Г. В. Комарова, Г. А. Иванова и др. // Лесн. журн.—1993.—№ 4.—С. 117—121.—(Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Berri R. M., Fleming B. I. Using oxyden-alkali extraction to simplify the chlorination stage // J. Pulp and Paper Science.—1986.—V. 12, N 5.—P. 152—155. [3]. Bowen J. J., J. C. L. Hsu Overview—of emerging technologies in pulping and bleaching // TAPPI J.—1990.—V. 73, N 9.—P. 205—217. [4]. Diller B. Modified continuous cooking // J. Pulp and Paper.—1989.—N 3.—P. 1—7. [5]. Germgard U., Karlsson R. M. Prebleaching of oxygen-bleached softwood kraft Pulp with different fractions of chlorine and chlorine dioxide // Svensk Papperstidning.—1985.—V. 87, N 15.—P. 133—139.

Поступила 2 июля 1992 г.

УДК 676.16.022.6.031 : 676.031.22

### ОЛЬХА ЧЕРНАЯ И ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЕЕ ДРЕВЕСИНЫ В ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

И. С. ГЕЛЕС, И. В. ЕРМАКОВ, Г. М. ЛЕВКИНА,  
Т. Е. КРУТОВА

Институт леса КарНЦ РАН

Ольху черную относят к наиболее важному в хозяйственном отношении виду рода *Alnus*, широко распространенному на европейской территории России, а также на Украине, в Белоруссии и Прибалтике. Все основные части биомассы могут быть использованы для получения целого ряда ценных продуктов. Так, из коры извлекают красящие и дубильные вещества, из шишек — лекарственные. Листья ее исключительно богаты каротином, который служит ценной кормовой добавкой. Древесину с успехом применяют для производства фанеры, мебели и др., так как она хорошо шлифуется и легко обрабатывается под красное дерево. Однако в литературе практически отсутствуют данные о свойствах ольхи черной на границе ее ареала. Проведенные в последние годы биоэкологические исследования на северном пределе ее естественного произрастания (Карелия) наглядно показывают, что она сохраняет свои видоспецифические признаки и в соответствующих ее природе экотипах проявляет высокую интенсивность роста [2, 3]. В южной части Карелии черноольховые древостой в возрасте 50—60 лет имеют в среднем высоту 20 м и 50 см в диаметре на высоте 1,3 м, лишь немногим уступая по продуктивности аналогичным массивам в более благоприятных климатических условиях. В указанном регионе ольха черная успешно размножается как порослевым способом, так и

с помощью семян. Благодаря способности усваивать свободный азот воздуха за счет присутствия в корнях азотфиксирующих бактерий она повышает плодородие бедных почв, характерных для северо-запада

Таблица 1  
Дендрометрическая характеристика пробных деревьев

Порода	Высота дерева, м	Длина кльмста, м	Масса в свежем состоянии, кг		Масса кроны, % от массы ствола	Диаметр, см, на высоте 1,3 м				Число годичных слоев			Среднее значение содержание коры, %	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	
			кроны	ствола		в коре	без коры	в коре	без коры	на высоте 1,3 м	в 1 см на высоте 1,3 м	на высоте 1,3 м		среднее значение по дереву	
Ольха: Д.1	18,5	16,0	33,6	356,0	9,5	26,9	25,4	22,7	21,7	46	41	3,8	—	370	—
	20,9	18,6	22,2	338,0	6,6	24,7	23,7	21,7	20,4	82	71	7,0	13,8 16,5	380	410
	16,0	14,5	31,5	188,4	16,7	24,8	23,9	19,7	18,8	38	31	3,3	15,5 18,1	370	367
Осина	27,5	25,0	66,5	699,0	9,5	31,3	29,6	26,2	25,2	63	57	4,5	12,9 14,8	383	386
	23,2	20,6	18,4	180,4	10,7	19,5	17,9	17,0	15,9	72	64	8,0	13,8 16,2	531	613

\* В числителе приведены данные от массы древесины и коры, в знаменателе — от массы древесины.

России. В настоящее время в Карелии остаются неосвоенными десятки тысяч гектаров ранее осушенных заболоченных земель, на которых возможно создание как чистых, так и смешанных по породному составу лесных культур и плантаций ольхи черной. Таким образом, в этом районе имеются предпосылки ее размножения с использованием местного генетического фонда. Очевидно, ольху черную можно рассматривать также как потенциальное сырье для производства волокнистых полуфабрикатов. Это обстоятельство приобретает особое значение, так как функционирующие в Карелии целлюлозно-бумажные предприятия испытывают существенный недостаток в традиционном древесном сырье хвойных пород. В литературе имеется крайне ограниченная информация об использовании древесины ольхи для производства целлюлозных материалов. В основном она касается опытов по химической переработке ольхи серой. Например, согласно данным [4], ольха совместно с другими породами оказалась пригодной для получения сульфатной целлюлозы и полуцеллюлозы при выработке различных видов бумаги и картона. Американские специалисты считают местную ольху наиболее приемлемой среди лиственных пород при производстве целлюлозы. Благодаря быстрому росту в молодом возрасте ее плантации имеют короткие обороты рубок. В работе грузинских исследователей [5] установлена возможность применения ольхи, в том числе тонкомерной, произрастающей в Западной Грузии, как сырья при различных вариантах сульфитного способа варки. Авторы отмечают высокие механические показатели опытных видов бумаги.

Цель данной работы — получить ориентировочные данные о свойствах целлюлозы из ольхи черной на северной границе ее распространения и сравнить их с аналогичными показателями целлюлозы из березы и осины, произрастающих в одинаковых природных условиях.

Деревья ольхи черной, березы и осины отбирали в типичном для них древостое на юге Карелии. Дендрометрическая характеристика всех отобранных экземпляров приведена в табл. 1. Из полученных данных следует, что деревья ольхи Д.1 и Д.3 при значительно меньшем возрасте по сравнению с Д.2 имеют примерно такой же диаметр. Следовательно, указанные два дерева можно отнести к более быстрорастущим, о чем свидетельствует и такой показатель, как число годичных слоев в 1 см. Все это указывает на повышенную плотность древесины образца Д.2. Деревья ольхи по массе кроны и коры в свежесрубленном состоянии не отличаются от осины и березы, но по плотности древесины существенно уступают последней.

Из древесины каждого образца пробных деревьев была получена технологическая щепка на промышленной рубительной машине. После сортирования на анализаторе АЛТ-М использовали для проведения сульфитных и натронных варок. При сульфитной варке применяли варочную кислоту ПО Кондопогабумпром, при натронной — варочный раствор готовили в лабораторных условиях. В первоначальных опытах щепу ольхи черной варили сульфитным способом при конечной температуре 135 °С, однако, несмотря на значительную продолжительность стоянки при указанной температуре (более 1,5 ч), показатель степени делигнификации оставался высоким (более 40). Поэтому для ольхи пришлось увеличить конечную температуру до 140 °С. Для остальных лиственных пород конечная температура варки и продолжительность стоянки на ней указаны в табл. 2. Как следует из данных эксперимента, каких-либо трудностей при получении сульфитной небеленой целлюлозы обнаружено не было. Несмотря на присутствие в древесине ольхи заметного количества красящих веществ фенольной природы при варке не наблюдалось образования непровара, но целлюлоза имела специфический красноватый оттенок. Следует отметить, что ни повы-

Таблица 2  
Основные показатели варок и характеристика небеленой целлюлозы

Номер варки	Порода	Конечная температура варки, °С	Продолжительность стоянки на конечной температуре, мин	Выход, % от исх. абс. сухой древесины			Степень делигнификации	Массовая концентрация остаточного лигнина, %	Белизна, %	Массовая концентрация экстрактивных веществ, %	Массовая концентрация спиртового бензол, %
				Сортировочная масса	Непровар	Общий					
Сульфитная варка											
317	Ольха:	140	43	51,5	0,2	51,7	36,8	—	—	—	—
320	Д. 1	140	65	48,7	—	48,7	32,3	—	—	—	—
356-1	Д. 3	140	73	51,8	1,0	52,8	27,8	4,63	45,8	0,82	0,82
356-2	Д. 3	140	73	47,9	0,9	48,8	31,7	5,37	40,9	0,81	0,81
357	Осина	135	60	53,3	0,2	53,5	12,4	2,11	56,9	1,25	1,25
312	Береза	135	87	50,7	—	50,7	20,2	3,54	45,5	1,61	1,61
Натронная варка											
365	Ольха (Д. 3)	170	100	49,2	—	49,2	31,3	4,70	—	—	0,47
398	Береза	170	100	52,1	1,0	53,1	31,1	4,70	—	—	—

шение конечной температуры, ни увеличение продолжительности стоянки на ней не приводят к существенному снижению степени делигнификации. Так, продление выдержки при 140 °С на 22 мин (варка № 320 против № 317) снизило этот указанный показатель всего на 4,5 единицы, одновременно выход упал на 3 %. Степень делигнификации 27,8 достигнута только для древесины молодой ольхи черной. При варке в тех же условиях щепы дерева более старшего возраста получена целлюлоза с повышенным содержанием остаточного лигнина (№ 356-2). Береза и, особенно, осина провариваются лучше ольхи и дают целлюлозу большего выхода с повышенной белизной. Заслуживает внимания то обстоятельство, что небеленая целлюлоза из ольхи содержит значительно меньше экстрактивных веществ, чем из осины и, тем более, березы. На основании этого можно предположить, что при переработке ольховой целлюлозы вероятность проникновения «смоляных» затруднений не будет столь высокой, как у других лиственных пород. Очевидно, спецификой варки древесины ольхи черной по сравнению с

березой и осиною является трудность получения сульфитной целлюлозы с низким содержанием остаточного лигнина и приемлемыми значениями механических показателей.

Натронная варка подтвердила хорошую провариваемость древесины ольхи. По выходу целлюлозы (49,2 %) она несколько уступает березовой.

Анализ физико-механических показателей (табл. 3) выявил, что разрывная длина небеленой целлюлозы из осины, березы и ольхи более старшего возраста (Д.1 и Д.2) находится в одних и тех же пределах. Из относительно молодой древесины ольхи получена целлюлоза с пониженными значениями показателей, особенно сопротивления излому. По-видимому, это связано с меньшими размерами волокон либриформа и толщиной их стенок. Как следует из табл. 3, ольховая небеленая сульфитная целлюлоза уступает по сопротивлению излому, раздиранию и продавливанию целлюлозе из березы и осины. Очевидно, это можно объяснить тем, что конечная температура при варке древесины ольхи составляет 140 °С, других лиственных — 135 °С.

Таблица 3  
Показатели физико-механических свойств небеленой целлюлозы

Номер варки	Порода	Продолжительность размола до стеньги похода 60 °ЦПР, мин	Объемная масса, т/см³	Разрывная длина, м	Удлинение, мм	Сопротивление			
						излому, ч. д. п.	Г	МН	продавливанию
						г	МН	кг/см²	кПа
Сульфитные варки									
317	Ольха: Д. 1	17	0,716	7330	3,2	397	353	2,76	271
356-1	Д. 3	13	0,598	6300	2,9	56	294	1,93	189
356-2	Д. 2	15	0,619	6860	3,1	302	304	2,15	211
357	Осина	27	0,632	7080	3,6	719	501	2,55	250
312	Береза	20	0,736	6960	3,1	706	480	2,91	285
Натронные варки									
365	Ольха (Д. 3)	64	0,630	7800	3,3	1279	608	2,59	254
398	Береза	—	0,647	7370	3,9	1200	738	3,27	321

Из анализа показателей физико-механических свойств небеленой натронной целлюлозы следует, что ольха в относительно молодом возрасте (Д.2) дает волокнистый материал, разрывная длина и сопротивление излому которого не уступают целлюлозе из березы. Пониженные значения сопротивления раздиранию и продавливанию связаны, очевидно, с особенностями биометрических показателей волокон либриформа ольхи и березы, существенно различающихся между собой по возрасту. Аналогичные данные были получены ранее для целлюлозы из ольхи серой [1], 24-летняя древесина которой содержит значительно больше коротких волокон, чем береза примерно такого же возраста.

Таким образом, проведенные эксперименты показали возможность переработки ольхи черной обычными способами без каких-либо затруднений с получением волокнистых материалов, физико-механические свойства которых аналогичны соответствующим полуфабрикатам из осины и березы. Следует отметить пониженную «смолистость» небеленой сульфитной ольховой целлюлозы, что является одной из предпосылок для ее промышленной переработки. Принимая во внимание высокую энергию роста ольхи черной, ее можно рассматривать как перспективную древесную породу, расширяющую сырьевую базу целлюлозно-бумажной промышленности и занимающую экологическую нишу, которая недоступна другим видам древесных растений.

Однако для оптимизации режимов варки и улучшения свойств целлюлозы из древесины ольхи черной необходимо проводить дальнейшие исследования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Демченков П. А., Горбачева Г. Н., Бушмелева В. Н. Бумагообразующие свойства целлюлозы из серой ольхи // Химия и технология бумаги: Межвуз. сб.—Л., 1973.— Вып. 1.— С. 3—6. [2]. Ермаков И. В. Отличительные особенности ольхи черной на северном пределе распространения // Анатомия, физиология и экология лесных растений.—Петрозаводск: Кар. НИЦ РАН, 1992.— С. 46—49. [3]. Ермаков И. В. Перспективы искусственного разведения ольхи черной в условиях Карелии // Селекционно-генетические исследования древесных пород Карелии.—Петрозаводск: Кар филиал АН СССР, 1987.— С. 94—99. [4]. Опыт промышленного использования тонкомерной древесины на Украине / Ф. А. Павленко, В. А. Поляков, В. Н. Бебега и др.—М.: Лесн. пром-сть, 1974.— 136 с. [5]. Поцхверашвили Б. С., Мургулия Л. С., Панозишвили К. П. Выработка целлюлозы высокого выхода и полуцеллюлозы из древесины ольхи // Химическая переработка древесины: Реф. информ.— 1969.— № 34.— С. 11—12.

Поступила 19 сентября 1993 г.

УДК 676.017

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ РЕЛАКСАЦИИ НАПРЯЖЕНИЯ В ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНЫХ МАТЕРИАЛАХ ИЗ СТАТИЧЕСКИХ КРИВЫХ $\sigma$ — $\epsilon$ ПРИ ДЕФОРМИРОВАНИИ И НАГРУЖЕНИИ С ПОСТОЯННОЙ СКОРОСТЬЮ

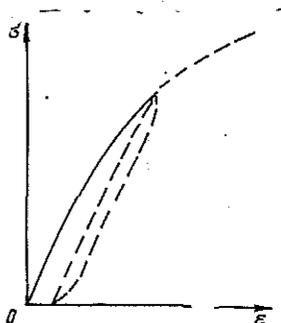
В. И. КОМАРОВ, Я. В. КАЗАКОВ

Архангельский лесотехнический институт

Релаксационные процессы имеют большое практическое значение, так как в условиях эксплуатации материал часто претерпевает многократные деформации при больших частотах воздействия [8]. Можно предположить, что у целлюлозно-бумажных материалов релаксационные процессы обуславливают в определенной степени гистерезисные явления, которые проявляются в несовпадении деформационных кривых

напряжение — деформация ( $\sigma - \epsilon$ ), полученных при постепенном увеличении и уменьшении напряжения. После полной разгрузки образец не возвращается к своей первоначальной длине, т. е. в нем сохраняется остаточная деформация (рис. 1). Наличие гистерезисной петли часто связывают с процессом пластической деформации [1, 9], однако это может быть и следствием релаксационного характера развивающейся деформации. В связи с этим важнейшей характеристикой служит время релаксации напряжения  $n$ , величина которого обусловлена перегруппировками элементов структуры целлюлозно-бумажного материала и кинетикой деформации.

Рис. 1. Зависимость напряжения  $\sigma$  от деформации  $\epsilon$  целлюлозного материала



Одними из основных эксплуатационных свойств целлюлозно-бумажных материалов являются жесткость и прочность при приложении растягивающих нагрузок. Кривая зависимости  $\sigma - \epsilon$  представляет собой интегральную характеристику механических свойств материала и широко применяется в материаловедении, в гораздо меньшей степени — при оценке качества целлюлозно-бумажных материалов [3]. В работах [2, 4, 5, 6] показано, что для материалов с выраженными неупругими свойствами при изучении физических основ процессов деформирования и разрушения, а также решении многих технологических задач требуется уточнение закона Гука. В этом случае рекомендуется применять закон деформирования типичного тела — линейное дифференциальное уравнение с постоянными коэффициентами:

$$Hn\dot{\epsilon} + E\epsilon = \sigma + n\dot{\sigma}, \quad (1)$$

где  $H$  — мгновенный модуль упругости;  
 $E$  — длительный модуль упругости;  
 $\sigma, \epsilon$  — напряжение и относительная деформация;  
 $\dot{\sigma}, \dot{\epsilon}$  — скорости роста напряжения и деформации.

Этот закон можно трактовать не только как феноменологический, но и, в первом приближении, как физико-статистический. Преимущества его заключаются в том, что создается возможность определения деформативных свойств различных материалов по единой методике. В зависимости от величины отдельных характеристик структуры материалов или для разных их состояний этот закон преобразуется в законы Максвелла (при  $E = 0$ ) или Гука (при  $n = 0$ ).

При нагружении и деформировании образца с постоянной скоростью, т. е. при стандартном испытании на растяжение, решение уравнения типичного тела при  $\epsilon = vt$  ( $v$  — скорость;  $t$  — время) и начальном условии ( $\sigma_0 = 0$ ) имеет вид [3]

$$\sigma(\epsilon) = E\epsilon + nv(H - E)\left(1 - e^{-\frac{\epsilon}{nv}}\right), \quad (2)$$

Для обработки кривых зависимости  $\sigma - \epsilon$  при испытании целлюлозно-бумажных материалов на растяжение была разработана программа [10], позволяющая рассчитать с помощью ЭВМ целый ряд характеристик деформативности и прочности, в том числе начальный модуль упругости  $E_1$  и модуль упругости в зоне предразрушения  $E_2$ . Используя коэффициенты  $E_1$  и  $E_2$ , перепишем уравнение (2):

$$\sigma(\epsilon) = E_2 \epsilon + n\nu(E_1 - E_2) \left(1 - e^{-\frac{\epsilon}{n\nu}}\right). \quad (3)$$

При исследовании возможности применения уравнения (3) для определения времени релаксации напряжения в целлюлозно-бумажном материале были использованы образцы сульфатной небеленой целлюлозы со степенью делигнификации 20, 30, 40, 50 ед. Каппа. Целлюлозу размалывали до 30 °ШР, масса 1 м<sup>2</sup> образцов составляла 75 г. Испытания проводили на разрывной машине Р-50, скорость приложения нагрузки 50 мм/мин. Расчет времени релаксации напряжения производили при  $\epsilon \approx 0,5$   $\epsilon_p$  ( $\epsilon_p$  — деформация разрушения). Для проверки полученных результатов проведены испытания тех же образцов на релаксметре напряжения, конструкция которого разработана в С.-Петербургском государственном технологическом университете растительных полимеров [7]. Результаты эксперимента представлены в таблице.

№ образца	Число Каппа	Обработка кривой $\sigma - \epsilon$					Испытание на релаксметре напряжения		
		$E_1$ , МПа	$E_2$ , МПа	$\sigma$ , МПа	$\epsilon$ , %	$n$ , с	$\sigma$ , МПа	$\epsilon$ , %	$n$ , с
1	20	9080	1340	53,3	1,5	5,2	51,3	1,5	11,7
2	30	9880	1260	58,2	1,5	5,9	53,9	1,5	10,2
3	40	7780	1330	51,2	1,5	5,9	49,2	1,5	11,2
4	50	8560	1130	57,0	1,5	6,8	56,7	1,5	9,4

Как видно из таблицы, величины времени релаксации, полученные расчетным путем по уравнению (3) и при испытании на релаксметре напряжения, имеют один порядок. Различия можно объяснить различным режимом приложения нагрузки.

Таким образом, с помощью ЭВМ [10] можно получить коэффициенты уравнения (3) и использовать его для получения дополнительной характеристики — времени релаксации напряжения. Зная  $E_1$ ,  $E_2$ ,  $n$  и задаваясь значениями  $\epsilon$  в пределах от 0 до  $\epsilon_p$ , можно рассчитать значения  $\sigma$  и построить расчетную кривую  $\sigma - \epsilon$ .

На рис. 2 представлена зависимость  $\sigma - \epsilon$  образца № 3 сульфатной небеленой целлюлозы. Практическое совпадение экспериментальных и

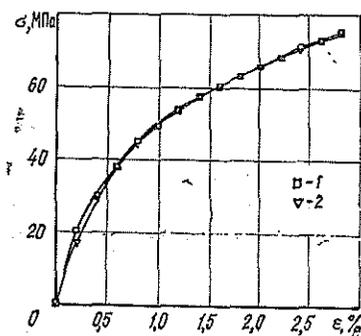


Рис. 2. Зависимость  $\sigma - \epsilon$  образца целлюлозы № 3: 1 — экспериментальные точки; 2 — точки, вычисленные по уравнению (3)

рассчитанных по уравнению (3) данных подтверждает правильность подхода к применению уравнения типичного тела для описания процесса деформирования целлюлозно-бумажных материалов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Бабурин С. В., Киприанов А. И. Реологические основы процесса целлюлозно-бумажного производства.— М.: Лесн. пром-сть, 1983.— 142 с. [2]. Гермелис А. А., Латишенко В. А. Определение реологических характеристик полимерных материалов из статических кривых « $\sigma$ — $\varepsilon$ », кривых ползучести и релаксации // *Механика полимеров*.— 1967.— № 6.— С. 977—988. [3]. Комаров В. И. Анализ зависимости напряжение—деформация при испытании на растяжение целлюлозно-бумажных материалов // *Лесн. журн.*— 1993.— № 2—3.— С. 124... 131.— (Изв. высш. учеб. заведений). [4]. Малмейстер А. К. Статистическая интерпретация реологических уравнений // *Механика полимеров*.— 1966.— № 2.— С. 151—158. [5]. Малмейстер А. К., Тамуж В. П., Тегерс Г. А. Сопротивление жестких полимерных материалов.— Рига: Зинатне, 1972.— 500 с. [6]. Ржаницын А. Р. Теория ползучести.— М.: Стройиздат, 1968.— 418 с. [7]. Романов В. А. Методики оценки упруго-релаксационных и деформационных свойств бумаги.— Л.: ЛТИ ЦБП, 1988.— 70 с. [8]. Тагер А. А. Физико-химия полимеров.— М.: Химия, 1978.— 544 с. [9]. Фляте Д. М. Свойства бумаги.— М.: Лесн. пром-сть, 1986.— 680 с. [10]. Хабаров Ю. Г., Комаров В. И. Оценка последовательности разрушения целлюлозных волокнистых материалов // *Бум. пром-сть*.— 1986.— С. 16—17.

Поступила 20 декабря 1993 г.

УДК 676.017

## РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТА ПУАССОНА ПРИ ИСПЫТАНИИ НА РАСТЯЖЕНИЕ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В. И. КОМАРОВ, Я. В. КАЗАКОВ

Архангельский лесотехнический институт

Коэффициент Пуассона  $\nu$  является одной из основных характеристик материала, которая необходима во многих расчетах. При испытаниях целлюлозно-бумажных материалов определение этого коэффициента затруднено. В работе [2] предложена методика, позволяющая рассчитывать коэффициент Пуассона для полимерных материалов.

Нами проведена оценка возможности использования вышеуказанной методики при испытаниях на растяжение целлюлозно-бумажных материалов. В первую очередь необходимо было установить правильность подхода к решению данной задачи [3].

Известно, что под воздействием одноосного растяжения при разрушении полимерного материала одновременно происходят крейзование и образование полосы сдвига [1]. При деформировании целлюлозно-бумажных материалов в определенной степени наблюдается и пластическая деформация, которая, как можно предположить, также определяется этими механизмами разрушения структуры. Поэтому качественная оценка их вкладов в пластическую составляющую деформации, а значит, и в прочность вообще, представляется важной для интерпретации процессов деформации и разрушения.

Исходным уравнением предлагаемой методики является соотношение [4]

$$\frac{\Delta V}{V} / \left( \frac{\Delta L}{L} \right) = 1 - 2\nu, \quad (1)$$

где  $\Delta V$  — объемная деформация;  
 $V$  — исходный объем деформируемой части образца;

$\Delta L$  — продольная деформация;  
 $L$  — исходная длина рабочей части образца;  
 $\nu$  — коэффициент Пуассона.

Известно, что левая часть уравнения (1) определяет вклад крейзования в пластическую деформацию образца [1]. Если левая часть равна 1, то единственным механизмом является крейзование ( $\nu = 0$ ), а при ее равенстве 0 вся пластическая деформация обусловлена сдвиговой вынужденной эластичностью (СВЭ),  $\nu = 0,5$ . При промежуточных значениях отношение, стоящее в левой части уравнения (1), равно относительной доле крейзования в пластической деформации. Таким образом, это уравнение позволяет однозначно дифференцировать вклады крейзования и СВЭ при условии известности  $\nu$ .

По мере увеличения длины надреза  $a$  [1] в образцах происходит изменение напряженного состояния от плосконапряженного к плоскодеформированному, для которого нормальное напряжение в поперечном направлении не равно 0 (рис. 1). Важной характеристикой такого перехода является отношение  $a/b$ , которое в случае полимерного материала равно 0,1. Возрастание  $a/b$  вызывает значительное снижение прочности материала. Это связывается с подавлением механизма СВЭ по мере увеличения относительной длины надреза.

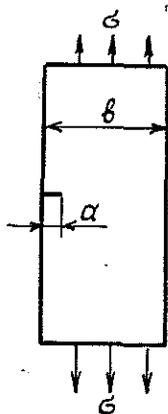


Рис. 1. Образец для испытаний  
 ( $a$  — длина надреза;  $b$  — ширина образца)

Необходимый для дальнейших расчетов коэффициент Пуассона определяется из соотношения [2]

$$\frac{w_{p1}}{w_{p2}} = \left( \frac{1 - \nu}{1 - 2\nu} \right)^2, \quad (2)$$

где  $w_{p1}$  и  $w_{p2}$  — плотности энергии деформации соответственно в плосконапряженном и плоскодеформированном состояниях.

Величины  $w_{p1}$  и  $w_{p2}$  определяются следующим образом:

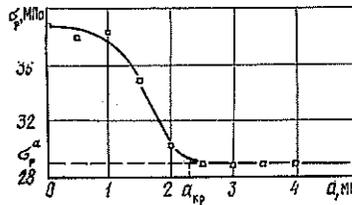
$$w_{p1} = \frac{\sigma_1^2}{2E}; \quad (3)$$

$$w_{p2} = \frac{\sigma_2^2}{2E}, \quad (4)$$

где  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$  — напряжение разрушения соответственно при плосконапряженном и плоскодеформированном состояниях;  
 $E$  — модуль Юнга.

Испытаниям подвергали образцы, форма которых показана на рис. 1. На рис. 2 дана зависимость напряжения разрушения  $\sigma_p$  от  $a$  для исследуемых материалов. Эта зависимость имеет характерные особенности: 1) по мере увеличения  $a$  напряжение разрушения стремится к асимптотическим значениям; 2) длина надреза  $a_{кр}$ , соответствующая переходу к асимптотическим значениям, у целлюлозно-бумажных материалов соразмерна изменению  $a/b$  от 0,1 для размолотых образцов до 0,27 для неразмолотых, т. е. возрастает с увеличением степени дефектности материала; 3) при малых значениях  $a$  падение напряжения не наблюдается, встречаются случаи разрушения образцов не в области надреза, что не характерно для полимеров и говорит о наличии в структуре целлюлозного материала дефектов, сравнимых с острым надрезом малой длины.

Рис. 2. Зависимость разрушающего напряжения от длины надреза ( $a_{кр}$  — длина надреза, соответствующая переходу к асимптотическим значениям;  $\sigma_p^a = \sigma_2$ )



Из уравнений (2) — (4) при условии  $E = \text{const}$  можно получить зависимость

$$\frac{a_1^2}{a_2^2} = \left( \frac{1 - \nu}{1 - 2\nu} \right)^2 \quad (5)$$

Величина  $\sigma_2 = \text{const}$  и равна асимптотическим значениям  $\sigma_p^a$ . Тогда, определив  $\sigma_p$  при  $a = 0$  (т. е.  $\sigma_1$ ), можно по уравнению (5) вычислить  $\nu$ , а по уравнению (1) — соответствующий относительный вклад механизма крейзования  $\eta^{кр}$ . Относительный вклад механизма СВЭ  $\eta^{СВЭ} = 1 - \eta^{кр}$ .

В таблице представлены результаты экспериментального определения  $\nu$ ,  $\eta^{кр}$ ,  $\eta^{СВЭ}$  у образцов лабораторного изготовления сульфатной небеленой целлюлозы с различной степенью помола (масса  $1 \text{ м}^2$  равна 75 г) и картона типа крафт-лайнера с различной массой  $1 \text{ м}^2$ , испытанного в машинном направлении. Полученные значения  $\nu$  согласуются с литературными данными, что говорит о возможности применения данной методики для целлюлозно-бумажных материалов при испытании на растяжение (скорость приложения нагрузки 50 мм/мин).

Материал	Масса $1 \text{ м}^2$ , г	Степень помола, °ШР	Коэффициент Пуассона	Вклад в прочность, %	
				крейзования	СВЭ
Сульфатная целлюлоза	75	16	0,20	40	60
	75	25	0,28	56	44
	75	40	0,31	62	38
	75	60	0,32	64	36
Картон типа крафт-лайнера	125	—	0,23	46	54
	150	—	0,21	42	58
	175	—	0,21	42	58
	200	—	0,22	44	56

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Бакнелл К. Б. Ударопрочные пластики.—Л.: Химия, 1981.—328 с. [2]. Козлов Г. В., Белоусов В. Н., Микитаев А. К. Оценка вкладов механизмов пластической деформации в ударную прочность полимеров // Докл. АН СССР.—1984.— № 2.— С. 338—342. [3]. Комаров В. И. Применение статистической теории прочности при испытании целлюлозных материалов // Бум. пром-сть.—1987.— № 3.— С. 13—14. [4]. Polymer.—1980.— Vol. 21. N 1.— P. 103—108.

Поступила 20 декабря 1993 г.

УДК 547.992.3 : 630\*86

## ДИФфуЗИОННАЯ МОДЕЛЬ КИНЕТИКИ ОРГАНСОЛЬВЕНТНОЙ ВАРКИ\*

В. А. ДИЕВСКИЙ, А. В. БУРОВ

С.-Петербургский государственный технологический  
университет растительных полимеров

Способы получения целлюлозных волокнистых материалов с использованием органических растворителей в качестве варочной среды, еще не имеют физически строгого описания кинетики делигнификации, что затрудняет разработку приемлемых вариантов их интенсификации. При обработке кинетических данных часто используют уравнения, характерные для толахимических реакций [1]. Например, при варке в концентрированных растворах уксусной кислоты применимо модифицированное уравнение Праута — Томкинса [4], что соответствует представлению об инактивации лигнина в процессе гидролитической деструкции [5]. Однако при использовании других варочных растворов замедление делигнификации может быть обусловлено их низкой растворяющей способностью по отношению к деструктивному лигнину, что требует уточнения роли диффузионных факторов.

В настоящей работе предлагается для описания кинетики органосольвентной делигнификации использовать модель, учитывающую влияние на скорость процесса концентрации лигнина в растворе и опирающуюся на основные положения, так называемой, «модели частицы с невзаимодействующим ядром» [2].

В указанной модели предполагается, что в течение всего процесса в центре твердого тела сохраняется «ядро», имеющее свойства исходного материала, а реакция протекает на границе этого ядра. Соответственно, ядро окружено прореагировавшим материалом, представляющим для изучаемого процесса делигнифицированный продукт. Диффузия деструктированного лигнина протекает на двух участках: внешний — через диффузный слой в окружающее пространство; внутренний — при движении молекул по порам древесины к внешней поверхности. Скорость делигнификации в целом определяется скоростью наиболее медленного этапа. Следует учитывать, что при определенных условиях диффузионные затруднения могут быть устранены, и наиболее медленным этапом становится химическая реакция.

При внешней диффузии скорость делигнификации пропорциональна разности концентраций лигнина на внешней и внутренней границах диффузного слоя  $C_R - C_L$  и коэффициенту массопередачи  $K_m$  через этот слой:

$$-\frac{1}{S} \frac{dN}{d\tau} = K_m (C_R - C_L). \quad (1)$$

\* Работа выполнена по государственной научно-технической программе России «Комплексное использование и воспроизводство древесного сырья».

Здесь  $N$  — число молей лигнина, продиффундировавших за время  $\tau$  через внешнюю поверхность  $S$  частицы древесины радиуса  $R$ .

Можно принять, что концентрация лигнина на внешней поверхности в любой момент времени определяется отношением массы остаточного лигнина к исходному объему древесины, поскольку на этом этапе внутреннего диффузия протекает с большой скоростью:

$$C_R = C_0 \frac{r^3}{R^3} = C_0 (1 - \alpha), \quad (2)$$

где  $C_0$  — концентрация лигнина в исходной древесине;  
 $r$  — радиус не взаимодействующего ядра;  
 $\alpha$  — степень превращения (делигнификации).

Преобразуя уравнение (1) и принимая  $C_R \gg C_L$ , когда процесс далек от состояния равновесия, можно получить уравнение

$$\ln [(1 - \alpha)^{1/3}] = - \frac{K_M \tau}{R}. \quad (3)$$

Коэффициент массопередачи зависит от скорости движения жидкой фазы, что позволяет регулировать ход варки на этапе, контролируемом внешнедиффузионным массопереносом.

В большинстве случаев вероятно внутреннее торможение, определяемое скоростью диффузии по порам древесины:

$$- \frac{1}{S} \frac{dN}{d\tau} = D \frac{dC}{dr}. \quad (4)$$

Здесь  $S$  — поверхность не взаимодействующего ядра;  
 $D$  — эффективный коэффициент диффузии.

Следует учитывать, что коэффициент диффузии в ходе варки не будет строго постоянным, так как зависит от состояния капиллярно-пористой структуры и изменения молекулярной массы продуктов реакции.

При решении уравнения (4) можно рассматривать несколько вариантов, основываясь на некоторых допущениях. Рассмотрим, в частности, два из них.

1. При предположении квазистационарности процесса делигнификации, когда  $dN/d\tau = \text{const}$ , интегрирование уравнения (4) дает выражение

$$\frac{R^2}{6} \left( 1 - 3 \frac{r^2}{R^2} + 2 \frac{r^3}{R^3} \right) = D \frac{C_r - C_R}{C_0} \tau. \quad (5)$$

Концентрациям лигнина  $C_r$  и  $C_R$  можно дать несколько толкований в зависимости от принимаемых допущений и избираемой степени приближения модели к реальному процессу. Для концентрации лигнина на радиусе  $r$  можно принять  $C_r = C_0$  в строгом соответствии с моделью. С другой стороны, если принять равномерное распределение остаточного лигнина по всему образцу, что достаточно близко к реальности, можно считать  $C_r = C_0 (1 - \alpha)$ . Концентрацией лигнина на внешней поверхности можно пренебречь ( $C_p = 0$ ), когда модуль варки высок и реакция далека от завершения. В противном случае нужно учитывать появление лигнина в растворе:

$$C_R = C_0 \alpha (V_{др}/V_{ж}). \quad (6)$$

Здесь  $V_{др}$ ;  $V_{ж}$  — объемы соответственно древесины и варочного раствора.

Представим модуль варки безразмерной величиной

$$M = \frac{V_{ж}\rho_{ж}}{V_{др}\rho_{др}}. \quad (7)$$

Здесь  $\rho_{ж}$ ,  $\rho_{др}$  — плотность соответственно варочного раствора и древесины.

Используя выражения (2), (6), (7), проводим уравнение (5) к прямолинейной зависимости

$$\ln [f(\alpha)] = \ln (6D/R^2) + \ln \tau, \quad (8)$$

где  $f(\alpha)$  — функция степени превращения квазистационарного процесса, полученная при различных представлениях концентраций  $C_R$  и  $C_r$  (табл. 1).

Таблица 1

Вид функции  $f(\alpha)$  уравнения (8) при различных представлениях действующих концентраций

Вариант	Действующие концентрации	Функция	Конечная степень превращения
I—1	$C_r = C_0$ ; $C_R = C_0 \alpha (V_{др}/V_{ж})$	$f(\alpha) = \frac{1 - 3(1 - \alpha)^{2/3} + 2(1 - \alpha)}{1 - \alpha \frac{\rho_{ж}/\rho_{др}}{M}}$	$1 \geq \alpha_k \frac{M}{\rho_{ж}/\rho_{др}}$
I—2	$C_r = C_0$ ; $C_R = 0$	$f(\alpha) = 1 - 3(1 - \alpha)^{2/3} + 2(1 - \alpha)$	—
I—3	$C_r = C_0(1 - \alpha)$ ; $C_R = C_0 \alpha (V_{др}/V_{ж})$	$f(\alpha) = \frac{1 - 3(1 - \alpha)^{2/3} + 2(1 - \alpha)}{1 - \alpha \frac{M + \rho_{ж}/\rho_{др}}{M}}$	$\frac{1}{1 + (V_{др}/V_{ж})}$
I—4	$C_r = C_0(1 - \alpha)$ ; $C_R = 0$	$f(\alpha) = \frac{1 - 3(1 - \alpha)^{2/3} + 2(1 - \alpha)}{1 - \alpha}$	1
II—1	$C_r = C_0$ ; $C_R = C_0 \alpha (V_{др}/V_{ж})$	$f(\alpha) = \int_1^p \frac{p-1}{a^3 + p^3} dp$	$1 \geq \alpha_k < \frac{V_{ж}}{V_{др}}$
II—2	$C_r = C_0$ ; $C_R = 0$	$f(\alpha) = [1 - (1 - \alpha)^{1/3}]^2$	—
II—3	$C_r = C_0(1 - \alpha)$ ; $C_R + C_0 \alpha (V_{др}/V_{ж})$	$f(\alpha) = \int_1^p \frac{p^3(p-1)}{b^3 + p^3} dp$	$\frac{1}{1 + (V_{др}/V_{ж})}$
II—4	$C_r = C_0(1 - \alpha)$ ; $C_R = 0$	$f(\alpha) = \frac{[1 - (1 - \alpha)^{1/3}]^2}{(1 - \alpha)^{2/3}}$	1

Некоторые уравнения предсказывают существование конечной степени превращения  $\alpha_k$ , отличной от единицы, другие определяют ограниченность времени варки. Например, при соответствии модели I—3 (табл. 1) реальной кинетике процесс делигнификации должен останавливаться (если пренебречь разницей в плотности между древесиной и жидкостью), когда  $\alpha_k \approx M/(M+1)$  или  $\alpha_k = 0,83$  при  $M = 5$  и  $\alpha_k = 0,91$  при  $M = 10$ . Во всех случаях можно, рассчитав характеристический размер образца, найти  $D$ . При  $C_R = 0$  и  $C_r = C_0$  уравнение (8) соответствует уравнению Гистлинга — Броунштейна [1].

II. Уравнение (4) можно решить, заменив градиент концентрации приращением

$$\frac{dC}{dr} = \frac{C_r - C_R}{R - r}.$$

Используя полученные выше представления для  $C_R$  и  $C_r$ , из уравнения (4) можно получить еще четыре решения, два из которых при  $C_R = 0$  достаточно просты и представлены в табл. 1 в конечном виде. Для двух других моделей, учитывающих появление лигнина в растворе, в соответствии с выражением (6) получаем: при  $C_r = C_0$

$$\int_1^p \frac{p-1}{a^3+p^3} dp = \int_0^{\tau} \frac{a_1 D}{R^2} d\tau; \quad (9)$$

при  $C_r = C_0 (1 - \alpha)$

$$\int_1^p \frac{p^3(p-1)}{b^3+p^3} dp = \int_0^{\tau} \frac{1+a_1}{R^2} D d\tau, \quad (10)$$

где  $p = (1 - \alpha)^{\frac{1}{3}}$ ;  
 $a^3 = \frac{1 - a_1}{1 + a_1}$ ;  
 $a_1 = V_{др}/V_{ж}$ ;  
 $b^3 = -\frac{a_1}{1 + a_1}$ .

Интегрирование уравнений (9) и (10) дает неудобные для практического использования решения, поэтому обработку полученных экспериментальных данных проводят в этих случаях приближенным методом Симпсона.

Кинетику одноступенчатой делигнификации древесины осины и сосны изучали в среде уксусная кислота — этанол — вода в соотношении 30 : 35 : 35 (объемные %) по методике, изложенной в работе [3]. Экспериментальные данные обрабатывали в соответствии с приведенными выше моделями по уравнению прямой общего вида:

$$\ln [f(\alpha)] = Q + E \ln \tau. \quad (11)$$

Здесь  $Q, E$  — коэффициенты уравнения.

Таблица 2

Коэффициенты уравнения (11) диффузионных моделей, адекватных процессу делигнификации

Древесина	Температура обработки, °С	Математическая модель		Коэффициенты уравнения		Статистические параметры уравнений			
		Вариант	Действующие концентрации		Q	E	Остаточная дисперсия	Выборочный коэффициент корреляции	Критерий Фишера
			$C_r$	$C_R$					
Осина: щепка	175	II-3	$C_0(1-\alpha)$	$C_0 \alpha \frac{V_{др}}{V_{ж}}$	-6,26	1,03	0,067	0,96	159,1
	165	II-3	»	»	-6,47	0,98	0,040	0,90	94,0
	165	II-4	»	0	-5,26	1,04	0,006	0,99	230,2
	165	I-4	»	0	-4,33	1,13	0,007	0,99	217,5
Сосна (щепка)	180	II-3	»	$C_0 \alpha \frac{V_{др}}{V_{ж}}$	-7,84	1,05	0,292	0,88	20,4
	180	II-1	$C_0$	»	-7,69	1,00	0,290	0,87	18,2
	180	II-2	»	0	-7,74	1,12	0,421	0,86	16,4
	180	I-1	»	$C_0 \alpha \frac{V_{др}}{V_{ж}}$	-6,48	1,05	0,397	0,85	15,3
	180	I-2	»	0	-6,64	1,04	1,890	0,59	3,2

Для квазистационарного процесса (вариант I)  $Q = \ln(6D/R^2)$ , а при замене градиента концентрации приращением (вариант II)  $Q = \ln(2D/R^2)$ .

В табл. 2 представлены значения коэффициентов уравнения (11) для моделей, отвечающих условию  $E \approx 1$ .

Как видно из табл. 2, кинетика варки осинового щепы до степени делигнификации 0,93 может быть адекватно описана моделью, получаемой заменой градиента концентраций приращением и учитывающей как появление лигнина в растворе, так и равномерное распределение остаточного лигнина в образце древесины. При делигнификации древесины в виде опилок ( $R \leq 1,2$  мм) значение внутридиффузионного массопереноса снижается и, возможно, процесс переходит в область внешней диффузии.

Кинетика одноступенчатой варки сосновой щепы до достигнутой нами в использованной среде степени делигнификации 0,78 описывается обеими моделями и не зависит от метода расчета действующих концентраций, поскольку реакция далека от завершения. Учитывая характеристический размер образцов древесины, можно оценить величину эффективного коэффициента диффузии фрагментов лигнина, который составляет для осинового щепы при 165 и 175 °С соответственно  $0,95 \cdot 10^{-6}$  и  $1,15 \cdot 10^{-6}$  см<sup>2</sup>/с, для сосновой щепы при 180 °С —  $1,8 \cdot 10^{-7}$  см<sup>2</sup>/с.

Таким образом, анализ органосольвентной делигнификации с помощью предложенных диффузионных моделей указывает на возможность интенсификации процесса предварительной обработкой древесины (механической, химико-механической и т. п.), облегчающей внутренний массоперенос.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Браун М., Доллимор Д., Галвей А. Реакции твердых тел / Под ред. В. В. Болдырева.—М.: Мир, 1983.—360 с. [2]. Бретшнейдер С. и др. Общие основы химической технологии / Пер. с польск.—Л.: Химия, Ленингр. отд-ние, 1977.—503 с. [3]. Буров А. В., Луканина Т. Л., Кизима Н. М. Исследование делигнифицирующей способности системы вода—этанол в присутствии уксусной кислоты // Химия и технология волокнистых полуфабрикатов различного назначения: Межвуз. сб. научн. тр.—Л.: ЛТА, 1990.—С. 23. [4]. Зильбергейт М. А., Симхович Б. С., Резников В. М. Исследование процесса делигнификации древесины водными растворами уксусной кислоты (Кинетика процесса) // Химия древесины.—1987.—№ 6.—С. 28—34. [5]. Резников В. М. Полимолекула протолигнина и ее превращения в нуклеофильных реакциях // Химия древесины.—1969.—№ 4.—С. 9.

Поступила 29 сентября 1993 г.

УДК 547.913 : 674.032.475.449

### О ВЛИЯНИИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ СОСНЫ ЧЕРНОЙ АВСТРИЙСКОЙ НА СОСТАВ ЭФИРНОГО МАСЛА

В. Г. ЛАТЫШ, А. И. ЧЕРНОДУБОВ

Воронежский лесотехнический институт

Изучению состава и свойств эфирного масла различных видов рода *Pinus* L. в последнее время уделяется большое внимание [1—7]. Это обусловлено необходимостью вовлечения в сферу производства новых видов сырья, возрастающими потребностями в ценных природных химических продуктах, а также стремлением познать процессы образования эфирных масел, выявить их роль в жизни растений и возможности

использования полученных данных при разработке других актуальных вопросов биологии.

Однако в опубликованных работах отсутствуют сведения о составе эфирного масла из различных видов сырья (почки, кора, древесина, хвоя), а также о составе высококипящей фракции эфирного масла. Тем не менее изучение этих вопросов представляет определенный научный и практический интерес.

Нами было исследовано эфирное масло 95-летних деревьев сосны черной австрийской, произрастающей в Лискинском лесничестве Давыдовского лесхоза Воронежской области (район станции Средний Икорец).

Пробы отбирали в 3-кратной повторности от 50 деревьев с южного сектора средней части кроны.

Анализы эфирного масла выполнены на хроматографе «Цвет-3» в режиме линейного программирования колонок от 120 до 200 °С со скоростью программирования 3 °С/мин. Неподвижная фаза — полиэтиленгликольадипинат, нанесенный на диатомитовый кирпич, зернением 0,25... 0,50 мм в количестве 12 вес. %; чувствительность  $10^{-8}$  а, объем пробы 3 мкл; скорость газа-носителя (гелий) 35 мл/мин; температура колонки и испарителя соответственно 120 и 150 °С.

Фракционный состав терпеноидов эфирного масла сосны черной австрийской представлен в табл. 1.

Таблица 1

Вид сырья	Распределение эфирного масла, % по группам		
	Моно-терпеноиды	Кислород-содержащие терпеноиды	Сеск-виртерпеноиды
Почки	97,0	0,7	2,3
Хвоя 1- и 2-годичных побегов	88,5	2,7	8,8
Древесина побегов:			
1-годичных	95,9	1,5	2,6
2-годичных	94,7	1,7	3,6
Кора побегов:			
1-годичных	94,7	1,8	3,5
2-годичных	94,2	2,1	3,7

Наибольшее количество монотерпеноидов содержится в эфирном масле из почек (97 %), кислородсодержащих и сесквиртерпеновых углеводородов — в эфирном масле из хвои (соответственно 2,7 и 8,8 %). Наоборот, в состав эфирного масла из почек этих соединений входит меньше, чем в масло из хвои, коры и древесины.

В табл. 2 приведены данные по выходу эфирного масла и распределению компонентов монотерпеновой фракции в эфирном масле, полученном из разных видов сырья.

Следует отметить, что процент выхода эфирного масла для сосны черной австрийской довольно высокий (1,2... 4,0 %), тогда как у сосны обыкновенной он редко достигает 1,5 %.

Больше всего (4 %) эфирного масла содержится в почках — самых молодых частях дерева. Для других его частей (кора, древесина, хвоя) этот показатель существенно ниже. Для коры и древесины с 1-годичных побегов выход эфирного масла выше, чем с 2-годичных.

Проведенный дисперсионный анализ показал, что вид сырья оказывает влияние на выход эфирного масла и состав доминирующих в нем компонентов (показатель силы влияния этого фактора составляет до 89 %). Из данных табл. 2, где приведена наименьшая существенная

Таблица 2

Вид сырья	Выход эфирного масла, %	Массовая доля монотерпеноидов, %												
		$\alpha$ -пинен	Фенхен	Камфен	$\beta$ -пинен	Мирцен	$\Delta^3$ -карен	$\alpha$ -терпинен	Лимонен	$\beta$ -феландрен	Цинеол	$\gamma$ -терпинен	$\mu$ -цимол	Терпенолен
Почки	4,00	68,0	1,1	2,6	8,7	2,2	0,7	0,4	14,0	1,0	0,6	0,2	0,2	0,3
Хвоя побегов:														
1-годичных	1,43	52,7	0,9	3,5	25,6	3,7	0,3	0,2	4,2	1,5	4,5	0,5	0,4	2,0
2-годичных	1,30	70,4	0,6	2,2	6,3	1,9	0,3	0,2	2,6	1,4	2,2	0,9	0,2	0,8
Древесина побегов:														
1-годичных	1,32	79,2	0,6	2,5	5,2	2,6	0,2	0,1	8,5	0,5	0,2	0,1	0,1	0,2
2-годичных	1,21	84,5	0,7	2,8	4,3	1,8	0,2	0,2	4,3	0,5	0,2	0,1	0,2	0,2
Кора побегов:														
1-годичных	2,44	60,0	0,8	2,2	12,2	3,4	0,4	0,3	17,3	1,9	0,6	0,3	0,2	0,4
2-годичных	1,90	63,1	0,8	2,8	10,2	3,3	0,4	0,2	16,3	1,6	0,5	0,2	0,2	0,4

Примечание. Наименьшая существенная разность между средними значениями выхода эфирного масла, доли  $\alpha$ - и  $\beta$ -пинена, мирцена, лимонена при вероятности  $B = 0,95$  и  $B = 0,99$  составляет соответственно 0,15; 3,17; 1,78; 0,67, 1,37 и 0,24; 4,88; 2,74; 1,04; 2,11 %.

разность для двух порогов вероятности безошибочного суждения, видно, что различия между средними значениями показателей для разных видов сырья в большинстве случаев достоверны.

В табл. 3 представлено распределение кислородсодержащих и секвитерпеновых углеводов в эфирном масле из отдельных видов сырья. Полученные данные свидетельствуют о том, что качественный состав эфирного масла из всех изученных видов сырья одинаков. Различия наблюдаются лишь в количественном участии отдельных компонентов.

Таблица 3

Вид сырья	Массовая доля кислородсодержащих терпеноидов и сесквитерпеноидов, %											
	Карио-фил-лен + лонги-фолен	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Гуму-лен	X <sub>3</sub>	α-му-ролен	σ-ка-динен	γ-ка-динен	Хама-зулен	β-би-забо-лен	α-кур-кумен	Элема-зулен
Почки	41,4	0,9	12,0	1,8	1,8	6,0	3,6	9,6	0,9	0,7	16,8	4,5
Хвоя	43,5	1,5	5,7	4,8	9,5	9,5	11,3	8,1	4,2	0,2	1,4	0,3
Древесина побегов:												
1-годичных	42,9	8,2	8,8	0,5	7,5	4,7	20,2	1,9	2,2	0,9	1,0	1,2
2-годичных	29,6	7,4	10,4	5,9	7,4	4,4	10,4	5,5	6,7	4,4	5,7	2,2
Кора побегов:												
1-годичных	80,6	2,6	4,0	1,4	1,3	3,5	2,5	2,2	0,4	0,4	0,5	0,6
2-годичных	60,9	1,5	5,1	4,1	8,8	4,7	5,3	5,9	0,6	1,0	1,2	0,9

Примечание. За 100 % принято общее содержание кислородсодержащих и сесквитерпеновых углеводородов.

Кариофиллена и лонгифолена в эфирном масле из древесины и коры 1-годичных побегов содержится больше, чем в масле из 2-годичных побегов. Наибольшее количество этих компонентов наблюдается в коре 1-годичных побегов (80,6 %), наименьшее — в масле из 2-годичных побегов (29,6 %). (Эфирное масло из почек отличается повышенным содержанием кадинена, куркумена, элемазулена и неидентифицированного компонента X<sub>2</sub>.) В состав эфирного масла из хвои входит значительно больше муролена и X<sub>3</sub>.

Полученные данные подчеркивают специфическую направленность процессов образования кислородсодержащих и сесквитерпеновых соединений в отдельных органах и тканях сосны черной австрийской.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Акимов Ю. А., Нилов Г. И., Лиштванова Л. Н. Количественное содержание компонентов эфирных масел сосны обыкновенной и сосны крымской в течение вегетации // Растит. ресурсы. 1973.— Т. 9, вып. 4.— С. 562—566. [2]. Аки-

мов Ю. А. Состав и изменчивость эфирного масла сосен юга Украины и перспективы его применения: Автореф. дис. . . . канд. с.-х. наук.—М., 1972.—19 с. [3]. Бардышев И. И., Папанов Г. Я., Перцовский А. Л. О химическом составе бальзамов сосны обыкновенной и сосны черной, произрастающих в Народной Республике Болгарии // Докл. АН БССР.—Минск, 1970.—Т. 14, № 6.—С. 539—540. [4]. О составе летучих масел, отгоняемых из живицы сосны обыкновенной и из сосны крымской и их прививок / И. И. Бардышев, Г. И. Мальцев, Р. И. Зенько, С. П. Проказин. // Лесн. журн.—1971.—№ 2.—С. 161—164. [5]. Шубина Л. С., Полтавченко Ю. А. Химическое исследование видов рода *Pinus* L. // Растит. ресурсы.—1973.—Т. II, вып. 1.—С. 132—147. [6]. Arbez M., Bernard-Dagon C., Fillon Ch. Variabilite intraspecificque des monoterpene di *Pinus nigra* Arn. bilan des premiers resultats // Ann. sci forest.—1974.—Vol. 34, N 1.—P. 57—70. [7]. Karapandzich D. M. Chemical composition of the essential oils from *Pinus nigra* Arn. needles // Glas. Hem. Drus.—1966.—Vol. 31—P. 473—476.

Поступила 1 декабря 1992 г.

УДК 541.127 : 547.458

### ЭВРИСТИЧЕСКОЕ ПОЛУЧЕНИЕ УРАВНЕНИЯ ПРИКЛАДНОЙ КИНЕТИКИ ДЛЯ РЕАКЦИЙ ХИМИЧЕСКОГО ГИДРОЛИЗА

С. А. ПАЮСОВ, А. И. ОРЕХОВА, А. М. ХАЛЕМСКИЙ,  
Т. М. ШЕРСТОБИТОВА

Уральский государственный медицинский институт

Ранее [3—6, 10—14] была показана высокая адекватность описания реакций гидролиза растительного сырья уравнением прикладной кинетики (ПК):

$$c = e^{-xt^y} e^{zt} \quad (1)$$

Здесь  $c$  выражается в долях от наименьшего начального содержания  $c_{m0}$  (при  $t = 0$ );  $c_{mt}$  — в абсолютных единицах (при  $t = t$ ):

$$c = c_{mt}/c_{m0} \quad (2)$$

Этот реагент в дальнейшем будем называть основным в реакции.

В [11] сделана попытка получить уравнения ПК линейной комбинацией кинетических уравнений, так называемых элементарных актов химических превращений, а в [14] — из основных положений статистической термодинамики. В этой же работе приведено 11 примеров применения уравнения ПК к реакциям гидролиза некоторых веществ и показана его высокая адекватность экспериментальному участку периода каждой реакции гидролиза. В данной статье, являющейся продолжением работ [6, 11, 14], мы покажем, что уравнение ПК действительно отвечает природе этих реакций (а не просто формально описывает их протекание), поскольку поведение кинетических данных в эксперименте само по себе приводит к подобному уравнению, отчего оно может быть получено чисто эвристически. В табл. 1 более подробнее, чем в [14], дано кинетическое описание указанных реакций, кроме реакций 3.52 и 1.18.3\*.

Действительно, если унифицированные согласно выражению (2) экспериментальные кинетические содержания основного реагента  $c_0$  дважды прологарифмировать и полученные значения  $\ln(-\ln c_0)$  на-

\* Реакции 3.28, 1.27.2, 3.48, 1.25.2, 3.54, 1.28, 3.29 необратимы [1—16], сведения о равновесии реакций 3.58, 3.58.2 отсутствуют. Для 3.52 в одной таблице приведены два разных значения  $c_{m0}$  [9, с. 19]; для 1.18.3 значения  $c_{m0}$  отсутствуют [7, с. 76], В [14] для 3.52 взято табличное значение; для 1.18.3 принято начальным  $c_{mt}$  при  $t = 5000$  с; для 1.25.2 приведено общее содержание этилацетата.

Таблица 1

Шифр реакции	Характеристика реакции (основной реагент С; другой реагент А; растворитель)	Начальное содержание реагентов, моль/л		Логарифм унифицированной авторской константы скорости, с <sup>-1</sup>	Температура, К	Виблнотрафический источник	Квадратичное отклонение $\sigma_{арт} \times 10^3$	Критерий Стюдента	
		a	c					Экспериментальный	Теоретический [10, с. 357]
3.28	Этилбромид (С) + едкий натр (А) в воде: $C_2H_5Br + NaOH = C_2H_5ON + HBr$	0,3115	$a \gg c$	-12,2595	328,0	[15, с. 11, задача № 42]	5	1,20	1,94
1.27.2	Метилнитрат (С) в воде: $CH_3ONO_2 + H_2O = CH_3OH + HNO_3$	0,02153	$\gg$	-11,3381	363,5	[16, с. 159]	10	1,20	1,83
3.48	Сахароза (С) в воде: $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O = 2C_6H_{12}O_6$	—	$\gg$	-13,9391	—	[2, с. 633]	1	5,40	1,90
<p>Реакции первого порядка; <math>c_M = c_{M0} e^{-kt}</math></p> <p>Реакции второго порядка; <math>c_M = c_{M0} \{1 + kc_{M0}t\}</math> при <math>a_{M0} = c_{M0}</math>:</p> $k = \frac{1}{t(a_{M0} - c_{M1})} \ln \frac{c_{M0}a_{M1}}{a_{M0}c_{M1}}$ <p>при <math>a_{M0} &gt; c_{M0}</math></p>									
1.25.2	Этилацетат (С) + едкий натр (А) в воде: $CH_3COOC_2H_5 + NaOH = CH_3COONa + C_2H_5OH$	16,0000	$a = c$	-6,3155	—	[2, с. 637]	10	0,17	2,13
3.54	То же при малых содержаниях реагентов	0,0200	$\gg$	-6,2953	293,5	[14, с. 25]	7	1,10	2,35
1.28	$\alpha$ -бромпропионовая кислота (С) + едкий натр (А): $CH_3CHBrCOONa + NaOH = CH_3CHONCOONa + NaBr$	0,2000	1,0700	-7,6033	337,0	[16, с. 168]	6	0,26	1,76
3.29	Аллилхлорид (А) + едкий натр (С) в 50 %-ом этаноле: $NaOH + CH_2 = CHCH_2Cl = C_3H_5ON + NaCl$	0,0515	0,1214	-12,6477	—	[15, с. 11, задача № 44]	10	1,38	2,13
<p>Реакции с неизвестным порядком</p>									
3.58	Гипохлорит-ион (С) + едкий натр (А) в воде: $3ClO^- = ClO_3^- + 2Cl^-$	0,0127	0,0260	—	—	[7, с. 76]	—	—	2,02
3.58.2	$ClO^- + OH^- = 0,5 ClO_3^- + 0,5 Cl^- + 0,5 H_2O$ (согласно методу ПХК) То же при других содержаниях реагентов	0,0271	0,4950	—	—	[7, с. 76]	—	—	2,02

нести на график в зависимости от соответствующей величины  $\ln t$  ( $t$  — момент периода реакции, соответствующий данному  $c_3$ ), то большинство (преимущественно первоначальных) этих значений образуют прямую линию, независимо от порядка реакции (I, II при  $c = a$  и II при  $c < a$ ), расположенную под разными углами к осям координат (рис. 1). Отметим, что эти углы разные даже для 1.27.2, 3.28 и 3.48, хотя, согласно интерпретации их I порядком, они должны были бы составлять строго  $45^\circ$ , что следует из уравнения ПК в логарифмической форме:

$$\ln(-\ln c) = \ln x + y \ln t + zt, \quad (3)$$

превращающегося как в уравнение I порядка при значениях  $y = 1$  и  $z = 0$ , так и в уравнение Ерофеева — Колмогорова (ЕК) при  $y \neq 1$ :

$$\ln(-\ln c) = \ln x + y \ln t, \quad (4)$$

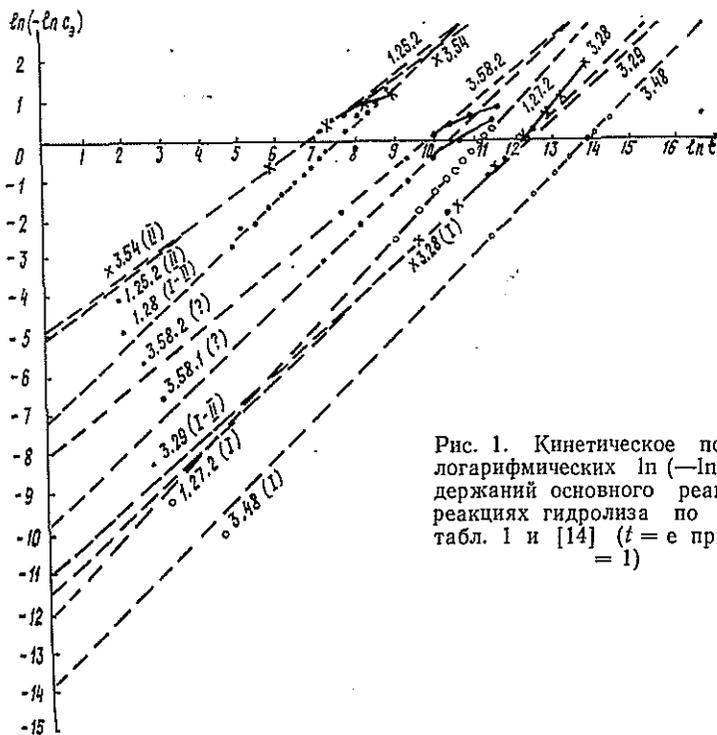


Рис. 1. Кинетическое поведение логарифмических  $\ln(-\ln c)$  содержаний основного реагента в реакциях гидролиза по данным табл. 1 и [14] ( $t = e$  при  $\ln t = 1$ )

Именно этому уравнению отвечают все прямые пунктирные линии на рис. 1, что можно установить аналитически. Последнее объясняет широкую пригодность и применимость уравнения ЕК даже для нетопикинетических реакций, для которых оно, собственно, и получено. Однако уравнение (4), как и уравнения классической кинетики любых порядков, не в состоянии описать истинное кинетическое поведение экспериментальных данных  $c_3$ , включающее отклонения от прямолинейности, которые наступают, как правило, во втором периоде реакции.

В работе [14] уже частично (согласно выводу уравнения ПК) показано, что уравнения I порядка или ЕК (в самих гипотезах) не учитывают такую важную характеристику реакции, как реакционность. Уравнение ПК (1) учитывает ее, отчего оно автоматически включает в себя как уравнение ЕК, так и уравнение I порядка, взаимопревращаясь с ними при соответствующих условиях протекания реакции. Из табл. 2 по значениям коэффициентов  $x$  и  $y$  в уравнениях ПК

Таблица 2

Шифр реакции	Коэффициенты уравнения ПК		Квадратичное отклонение $\sigma_{ПК} \cdot 10^3$	Критерий Стьюдента (экспериментальный), $Q_{ПК}$	Коэффициенты уравнения ЕК		Квадратичное отклонение $\sigma_{ЕК} \cdot 10^3$	Критерий Стьюдента (экспериментальный), $Q_{ЕК}$	Коэффициенты, полученные графически (рис. 1)	
	$\ln x$	$y$			$z$	$\ln x$			$b$	$\ln x$ (при $\ln t = 0$ )
3.28	-11,483	0,927	$4,115 \cdot 10^{-7}$	0,292	-12,455	1,021	13	1,738	-11,50	0,95
1.27.2	-12,168	1,087	$-1,865 \cdot 10^{-6}$	0,059	-11,561	1,021	6	0,073	-12,15	1,10
3.48	-13,774	0,988	$5,064 \cdot 10^{-9}$	0,171	-13,804	0,991	2	0,202	-13,75	1,00
1.25.2	-5,017	0,744	$-1,085 \cdot 10^{-4}$	0,085	-4,287	0,617	14	0,228	-5,00	0,75
3.54	-4,886	0,721	$-7,649 \cdot 10^{-5}$	0,102	-3,962	0,567	4	0,032	-4,90	0,70
1.28	-7,174	0,957	$1,016 \cdot 10^{-5}$	0,240	-7,239	0,969	5	0,166	-7,15	0,95
3.29	-11,022	0,896	$3,530 \cdot 10^{-9}$	0,047	-11,025	0,896	4	0,056	-11,00	0,90
3.58.1	-9,753	0,950	$-6,842 \cdot 10^{-6}$	0,130	-8,753	0,822	35	0,353	-9,75	0,95
3.58.2	-8,105	0,833	$-6,733 \cdot 10^{-6}$	0,136	-6,853	0,682	33	0,668	-8,10	0,85

Примечание. Реакции 3.28, 3.48, 1.28, 3.29 необратимы, остальные равновесны (заключение о равновесии по методу ПКК).

и ЕК можно судить об этих соответствующих условиях и о влиянии коэффициента  $z$  (термодинамики, его образующей) на реакцию. В реакциях 3.48 и 3.29 значения  $x_{ПК}$ ,  $y_{ПК}$  близки к значениям  $x_{ЕК}$ ,  $y_{ЕК}$ , что и характеризует приемлемость их описания прямыми кинетическими линиями ЕК на рис. 1 в экспериментальных участках периодов реакций. Значения  $z$  при этом практически незначимы ( $10^{-9}$ ).

Если реакцию 3.48 еще можно описать I порядком (см. табл. 1, 2), где  $\ln k \approx \ln x_{ПК} \approx \ln x_{ЕК}$ , то реакцию 3.29 — только уравнением ЕК.

Заметим, что описание реакции 3.48 уравнением I порядка при этом статистически неадекватно. Значение  $\Theta_3 > \Theta_{\text{теор}}$  (см. табл. 1), т. е. различия между экспериментальными  $c_3$  и расчетными  $c_{\text{расч}}$  носят существенный и неслучайный (а систематический) характер.

Поскольку статистическая адекватность экспериментальных и расчетных данных является важнейшей первоначальной характеристикой методологии прикладной химической кинетики (ПХК), сошлемся на работу [8, с. 162], согласно которой вычислялись величины критерия различия  $\Theta$  и квадратичные отклонения  $\sigma$  между  $c_3$  и  $c_{\text{расч}}$ .

Вернемся к эвристике уравнения ПК. Допустим, что нам ничего изначально неизвестно о виде кинетического уравнения, описывающего реакцию гидролиза. Из экспериментально-экстраполяционного рис. 1, как уже упоминалось, нетрудно описать прямые пунктирные линии уравнением ЕК, т. е. прямо получить уравнение (4), в котором коэффициент  $y$  является тангенсом угла наклона прямых к оси  $\ln t$ :

$$y = \frac{\ln(-\ln c_2) - \ln^2(-\ln c_1)}{\ln^2 t_2 - \ln t_1} \quad (5)$$

Далее с графической точностью 0,05 можно установить значение  $\ln x$  как точку пересечения на ординате прямой  $\ln(-\ln c_3)$  при ее экстраполяции на значения  $\ln t = 0$ . Это понятно из уравнения (3) (как и из уравнения I порядка) и формулы (4), поскольку значения  $z$  при этом ( $t = 1$ ) мало отличаются от 0 (см. табл. 2).

Если далее определять по графику (с той же точностью 0,05), значение  $\ln(-\ln c)$  при  $\ln t = 1$  ( $t = e$ ), то согласно уравнению (4) ориентировочно найдем значение  $y$ :

$$y = \ln(-\ln c_{t=e}) - \ln x \quad (6)$$

Графически полученные значения коэффициентов  $\ln x$  и  $y$ , также помещены в табл. 2.

Учитывая, что уравнение ЕК не описывает отклонения от прямолинейности в поведении экспериментальных значений  $\ln(-\ln c_3)$  на рис. 1, определяем эти неизвестные (по виду) отклонения функцией  $\delta(t)$  и добавляем ее к уравнению (4):

$$\ln(-\ln c) = \ln x + y \ln t + \delta(t) \quad (7)$$

Согласно рис. 1 функция  $\delta(t)$  может иметь как положительный, так и отрицательный знак.

Из-за малых значений  $\delta(t)$ , по сравнению с графически определяемыми величинами  $\ln x$  и  $y \ln t$ , найти их непосредственно из уравне-

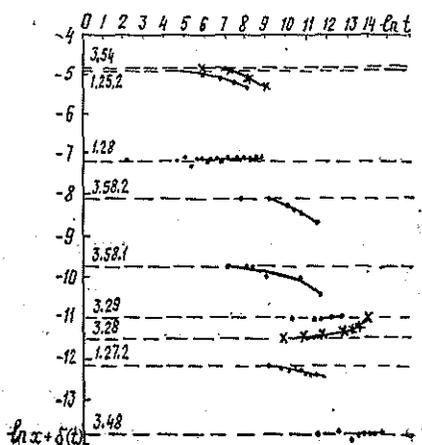


Рис. 2. Кинетическое поведение функций  $\ln x + \delta(t)$  и  $\ln(-\ln c) - y \ln t$  в периоде реакций гидролиза после поворота системы координат (см. рис. 1) на  $\text{arctg } y$  (x, · — экспериментальные значения)

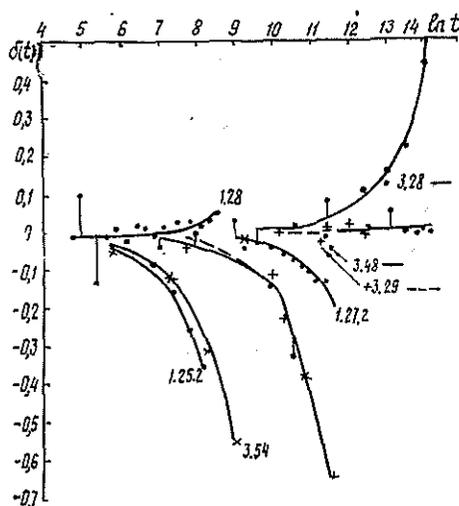
ния (7) не удастся. Поворачиваем систему координат на угол, определенный по тангенсу угла соответствующей прямой, нанося на рис. 2 значения  $\ln(-\ln c) - y \ln t$  в зависимости от  $\ln t$ , поскольку значения  $y$  нам известны. При этом вовсе нет необходимости измерять сами углы. В соответствии с уравнением (7), пунктирные линии на рис. 2 характеризуют поведение величины  $\ln x$ , а сплошные — отклонения  $\pm \delta(t)$ .

Поступая последовательно, на рис. 3 наносим предыдущие данные за вычетом величины  $\ln x$ , также известной, т. е.  $\ln(-\ln c) - (\ln x + y \ln t)$ . Они равны непосредственно величинам отклонений  $\delta(t)$ . Из рис. 3 видно, что все функции  $\delta(t)$ , независимо от химической природы реакций, отвечают обычным экспонентам

$$\delta(t) = z e^{\ln t}, \quad (8)$$

отличающимся между собой постоянными коэффициентами  $z$ .

Рис. 3. Кинетическое поведение искомой функции  $\delta(t)$  уравнения (7) в периоде реакций гидролиза разной природы (·, сплошная линия — реакция 3.58.1; +, пунктирная линия — реакция 3.58.2; +, · — экспериментальные значения; сплошные линии построены с применением способа Гаусса)



Из выражения (8) очевидно, что  $e^{\ln t} = t$ . С учетом этого уравнение (7) дает уравнение ПК. Отсюда экспериментальное кинетическое поведение реакций гидролиза (как, впрочем, и любой другой природы) таково, что при простом, но внимательном его рассмотрении можно чисто эвристически получить уравнения I порядка и ЕК, а также самое общее уравнение ПК. Этот способ экспериментально подтверждает два теоретических способа его получения [11, 14]. Независимость всех трех способов указывает на более общий характер применения уравнения ПК по сравнению с другими «формально-неформальными» уравнениями химической кинетики. Основное отличие его в том, что, заменяя все это множество, оно сводит различия в природе реакций к разнице в величинах коэффициентов  $x$ ,  $y$ ,  $z$ . Имеющиеся на сегодняшний день кинетические уравнения утверждают только разницу, отрицая общность разным математическим видом, так или иначе характеризующим систему взаимосвязей в механизмах протекания реакций. Действительно, благодаря уравнению ПК, мы можем утверждать, что приведенные реакции гидролиза имеют общую природу протекания. Хотя авторы приведенных реакций и относят их к реакциям гидролиза, они имеют разный порядок и отличаются механизмами протекания (см. табл. 1).

Применение уравнения ПК позволило уточнить сведения о равновесии в реакциях 1.27.2, 1.25.2 и 3.54, которые, вопреки мнению их авторов, не являются необратимыми. Если следовать канонам классиче-

ской кинетики, то в кинетические уравнения для этих реакций (табл. 1) следует вместо  $c_{Mf}$  и  $c_{M0}$  ввести значения содержания  $c_{Mf} - c_{M\infty}$  и  $c_{M0} - c_{M\infty}$  ( $c_{\infty}$  — в равновесии). Это, конечно, увеличивает число классических уравнений от трех до пяти.

Исследования по данной тематике будут продолжены в целях изучения констант равновесия и термодинамики реакций гидролиза.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Еремин Е. Н. Основы химической кинетики в газах и растворах.— М.: МГУ, 1971.— 384 с. [2]. Киреев В. А. Курс физической химии.— М.: Химия, 1975.— 633 с. [3]. Крылов В. С., Паюсов С. А. Определение концентрации реагирующих веществ.— Свердловск, 1987.— 4 с.— (Информ. листок / Свердловск. ЦНТИ; № 306—87). [4]. Крылов В. С., Паюсов С. А. Расчет параметров химико-технологического процесса.— Свердловск, 1986.— 4 с.— (Информ. листок / Свердловск, ЦНТИ; № 211—86). [5]. Крылов В. С., Паюсов С. А. Способ определения константы скорости реакций первого порядка по небольшому числу экспериментальных данных // Химия и хим. технология.— 1988.— Т. 31, № 3.— С. 51—53. [6]. Крылов В. С., Паюсов С. А., Шарыпова Л. Н. Расчетное определение равновесий химических реакций ЦБП // Лесн. журн.— 1990.— № 4.— С. 96—99.— (Изв. высш. учеб. заведений). [7]. Мейтис Л. Введение в курс химического равновесия и кинетики.— М.: Мир, 1984.— 480 с. [8]. Налимов В. В. Применение математической статистики при анализе веществ.— М.: Физматгиз, 1960.— 430 с. [9]. Панченков Г. М., Лебедев В. П. Химическая кинетика и катализ.— М.: МГУ, 1961.— 552 с. [10]. Паюсов С. А., Крылов В. С., Шарыпова Л. Н. Изучение механизма предварительной обработки холоцеллюлозы моносульфитным варочным раствором // Основные направления научно-технического прогресса в лесном комплексе Коми АССР: тез. докл. науч.-техн. конф.— Сыктывкар, 1988.— С. 77—82. [11]. Паюсов С. А., Крылов В. С., Шарыпова Л. Н. Об адекватном описании кинетики гидролиза растительного сырья // Лесн. журн.— 1990.— № 6.— С. 89—95.— (Изв. высш. учеб. заведений). [12]. Паюсов С. А., Крылов В. С., Шарыпова Л. Н. Прогнозирование химико-технологического процесса с помощью уравнения ПК // Основные направления научно-технического прогресса в лесном комплексе Коми АССР: тез. докл. науч.-техн. конф.— Сыктывкар, 1988.— С. 77—82. [13]. Паюсов С. А., Крылов В. С., Шарыпова Л. И. Унифицированное представление данных для описания кинетических процессов целлюлозного и гидролизного производств // Там же. [14]. Паюсов С. А., Крылов В. С., Шарыпова Л. Н. Уравнение для единого описания кинетики реакций гидролиза // Лесн. журн.— 1991.— № 1.— С. 100—105. [15]. Фок Н. В., Мельников М. Я. Сборник задач по химической кинетике.— М.: Высш. шк., 1982.— 128 с. [16]. Эмануэль Н. М., Кнорре Д. Г. Курс химич. кинетики.— М.: Высш. шк., 1969.— 432 с.

УДК 541.127:547.458

### ОБНАРУЖЕНИЕ АКТИВАЦИОННЫХ БАРЬЕРОВ В НЕКОТОРЫХ РЕАКЦИЯХ ГИДРОЛИЗА

С. А. ПАЮСОВ, А. И. ОРЕХОВА, А. М. ХАЛЕМСКИЙ,  
Т. М. ШЕРСТОВИТОВА

Уральский государственный медицинский институт

Приведенные ранее в работе [4] девять из одиннадцати реакций гидролиза могут быть проверены на наличие активации с помощью методологии прикладной химической кинетики (ПХК). Реакции 3.52 и 1.18.3 в [4] анализу не подлежат, как некорректно заданные [5].

Полученное тремя разными способами уравнение прикладной кинетики (ПК) [2—5] хотя и не идентифицирует активацию, но и не отвергает ее. Это обусловлено тем, что начало реакции, где предположительно развивается активация, принято с допущениями [4]. Поэтому уравнение ПК адекватно описывает всю реакцию, за исключением ее начала (при  $t < 1$  с).

Если всю идущую в одну стадию реакцию представить как совокупность трех элементарных химических актов (активация — основное пре-

вращение — окончание реакции), то уравнение ПК адекватно описывает только два последних, отчего процесс активации требует отдельного уравнения. Так как в лесохимии (как и вообще в химии) отсутствует прикладной аналитический аппарат дифференциации активных и неактивных молекул, то получение такого уравнения затруднено из-за невозможности проверки его адекватности. Однако можно получить тестовое уравнение ПХ (прикладное химическое), которое ориентировочно будет идентифицировать активационный барьер и указывать его координаты в периоде реакции.

С этой целью перепишем уравнение (12) [4] в следующем виде:

$$\frac{d \ln(-\ln c)}{dt} = \frac{\delta}{\ln c} + I k T, \quad (1)$$

где  $c$  — содержание реагента;  
 $\delta, I$  — некоторые константы;  
 $k$  — константа Больцмана;  
 $T$  — температура.

Предположим, что единичный потенциал основного реагента, по которому ведется изучение кинетики [4, уравнение (12)], если и изменяется в начале реакции, то незначимо:

$$\bar{G}_n = \frac{G_n}{n} \approx \text{const}, \quad (2)$$

где  $G_n$  — общий потенциал реагента при неразличимости молекул,  
 $n$  — число молекул реагента.

Поскольку в начале реакции химическая природа окружающих основной реагент молекул меняется еще очень мало и реакционная среда почти не содержит продуктов основного превращения, можно принять  $\bar{G}_n$ , а значит и  $\delta$ , постоянными. (Разумеется, это не относится ко второму периоду реакции и ее окончанию.) Постоянство  $\delta$  позволяет повторно продифференцировать скорость (1) с получением ускорения:

$$\frac{d^2 \ln(-\ln c)}{dt^2} = -\delta \frac{1}{c} \frac{1}{(\ln c)^2} \frac{dc}{dt}. \quad (3)$$

С учетом гипотезы ПХК, уравнений (1) и (9) из работы [4] имеем

$$\frac{dc}{dt} = I \frac{1}{n_0} G_p. \quad (4)$$

Здесь  $n_0$  — начальное число молекул реагента;  
 $G_p$  — потенциал Гиббса различных молекул.

После подстановки (4) в (3) получаем

$$\frac{d^2 \ln(-\ln c)}{dt^2} = -\delta I \bar{G}_p \frac{1}{(\ln c)^2}. \quad (5)$$

Сопоставим (5) с уравнением ПК (14) из [4], предварительно продифференцировав его с заменой  $y_{ПК}$  на  $z_{ПХ}$  (поскольку это не одно и то же из-за неодинакового характера ускорений в разных участках периода реакции):

$$\frac{d^2 \ln(-\ln c)}{dt^2} = -\frac{z_{ПХ}}{t^2}. \quad (6)$$

Нетрудно установить, что уравнения (5) и (6) отражают один и тот же процесс, так как в методе ПХК полагается [4, рисунок], что

$$\frac{1}{\ln c} \sim \frac{1}{t}. \quad (7)$$

Поскольку данные об ускорениях реакций в начальный период отсутствуют, воспользоваться уравнением (6) нельзя. Поэтому предста-

вим тестовое уравнение ПХ, составленное как совокупность скорости ПК и ускорения, в виде

$$\frac{d \ln(-\ln c)}{dt} = \frac{y_{\text{ПХ}}}{t} - \frac{z_{\text{ПХ}}}{t^2}, \quad (8)$$

где  $z_{\text{ПК}}$  опущены, как незначимые в начале реакции ( $10^{-6} \dots 10^{-9}$ ), а  $y_{\text{ПК}}$  по аналогии  $z_{\text{ПК}}$  и  $z_{\text{ПХ}}$  заменены на  $y_{\text{ПХ}}$ . Из уравнения (8) видно, что если в начале реакции активация имеет место, ее ускорение  $z_{\text{ПХ}}/t^2$  должно вычитаться из скорости  $y_{\text{ПХ}}/t$ , поскольку направления этих процессов явно противоположны. И наоборот, если активация отсутствует (реагент вступает в основное превращение сразу), то вычисления по уравнениям (8) и ПК не будут отличаться, поскольку оба члена уравнения (8) складываются.

Интегрирование (8) приводит к уравнению ПХ

$$c_{\text{ПХ}} = e^{-xt^y e^{z/t}}, \quad (9)$$

которое можно использовать практически. (Это же уравнение можно получить, применив методику линейных комбинаций [3] и предположив наличие в начале реакций положительных и отрицательных ускорений.)

Согласно табл. 1, три из четырех рассмотренных в [4, 5] реакций гидролиза обнаружили активационные барьеры ( $y_{\text{ПХ}} > 0$ ,  $z_{\text{ПХ}} > 0$ ), за исключением реакции гидролиза сахарозы (3.48 ( $y_{\text{ПХ}} > 0$ ,  $z_{\text{ПХ}} < 0$ )). На рис. 1 показаны активационные барьеры для необратимых реакций 1.28, 3.28, 3.29.

Определение максимума активационного барьера производят путем анализа (по Ферма) на экстремум уравнения ПХ:

$$t_{\text{max}} = z_{\text{ПХ}}/y_{\text{ПХ}}. \quad (10)$$

Значения наивысшей активации  $c_{\text{max}}$  находят подстановкой  $t_{\text{max}}$  в уравнение (9) (табл. 1).

Сложнее дело обстоит с равновесными реакциями ( $z_{\text{ПК}} < 0$ ,  $z_{\text{ПХ}} < 0$ ).

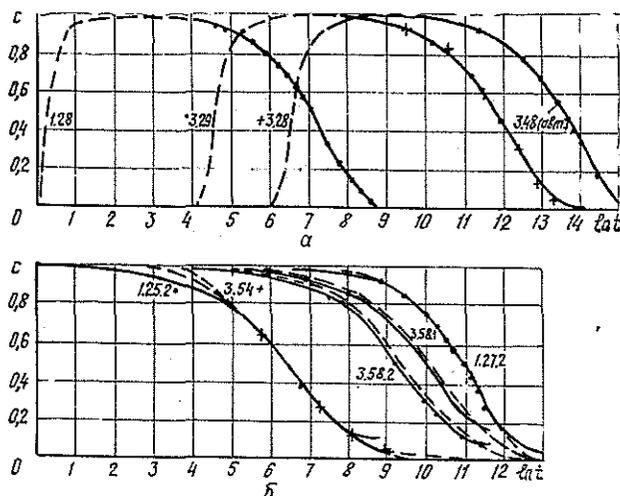


Рис. 1. Полные кинетические кривые для необратимых (а) и равновесных (б) реакций гидролиза (сплошные линии — для значений  $c_{\text{ПК}}$ ; пунктирные —  $c_{\text{ПХ}}$ , + — экспериментальные значения  $c_3$ )

Таблица 1

Анализ на активацию реакций гидролиза [4] с помощью тестового уравнения ПХ

Шифр реакции	Характеристика реакции	Коэффициенты уравнения			Критерий Степенда ПХ (экспериментальный)	Квадратичное отклонение ПХ	Активационный барьер	
		x	y	z			t	c <sub>max</sub>
Необратимые реакции ( $y_{ПК} > 0$ ; $z_{ПК} > 0$ )								
3.28	Гидролиз этилбромида	$1,741 \cdot 10^{-6}$	1,082	4376,0	0,86	0,013	4044,5	0,960
1.28	Омыление $\alpha$ -бромпропионовой кислоты	$6,247 \cdot 10^{-4}$	0,987	8,676	0,26	0,005	8,8	0,986
3.29	Омыление алкилхлорида	$1,397 \cdot 10^{-5}$	0,909	749,9	0,06	0,004	825,2	0,985
3.48	Гидролиз сахарозы	$1,077 \cdot 10^{-6}$	0,986	-1271,0	0,23	0,002	—	—
Равновесные реакции ( $y_{ПК} > 0$ ; $z_{ПК} < 0$ )								
1.27.2	Гидролиз метилнитрата	$2,183 \cdot 10^{-5}$	0,949	-1725,0	0,02	0,004	—	—
3.58.1	Омыление гипохлорита при $c_{MO} = 0,0127$ моль/л	$6,264 \cdot 10^{-4}$	0,692	-655,0	0,36	0,017	—	—
3.58.2	То же при $c_{MO} = 0,0271$ моль/л	$8,317 \cdot 10^{-3}$	0,492	-1531,0	0,13	0,009	—	—
1.25.2	Омыление этилацетата при $c_{MO} = 16,0000$ моль моль/л	$4,676 \cdot 10^{-2}$	0,465	-118,5	0,02	0,003	—	—
3.54	То же при $c_{MO} = 0,0200$ моль/л	$11,100 \cdot 10^{-2}$	0,362	-200,0	0,01	0,001	—	—

Примечание. Здесь и далее, в табл. 2—4, время  $t$  в секундах. Информационная память (ИП) о равновесии реакций ( $z_{ПК} < 0$ ) превышает ИП об активации.

Обработка первоначальных  $c_s$  по уравнениям ПХ, ПК, как правило, дает отрицательные значения коэффициентов  $z_{ПК}$  и  $z_{ПК}$ , т. е. активационный барьер располагается при отрицательных (ирреальных) температурах. На рис. 1 активационные барьеры отсутствуют. Согласно методологии ПХК, адекватно природе изучаемого явления только то уравнение, которое может отобразить как поведение совокупности данных  $c_s$ , так и содержащуюся в них информационную память (ИП) о прошлом и будущем его поведении за пределами исследованного экспериментального участка.

Вследствие того что экспериментальный участок всякой реакции, как правило, располагается в постактивационной области, для экспе-

риментальных  $c_3$ , нарастающая ИП о равновесии (если оно есть) преимущественно превалирует над ИП об активации. Из-за этого уравнение ПХ для подавляющего большинства равновесных реакций не обнаруживает активации ( $z_{ПХ} < 0$ ). В методе ПХК для выявления активации необходимо из  $c_3$  вычесть маскирующую ИП о равновесии, усилить ИП об активации (табл. 2):

$$c_e = \frac{c_3 - c_8}{1 - c_8} \quad (11)$$

Таблица 2

Анализ на активацию равновесных реакций гидролиза [4] путем обработки данных по уравнению (11)

Шифр реакции	Равновесие		Коэффициенты уравнения				Квадратичное отклонение $\sigma_e$	Критерий Стюдента $\frac{t_{\text{табл}}}{t_e}$	Активационный барьер			
	$t = \frac{y_{ПХ}}{z_{ПХ}}$	$c_*$	$x$	$y$	$z$	$t_{\text{max}} = \frac{z_{ПХ}}{y_{ПХ}}$			$c_{\text{max}}$	$c_{\text{max}}$	$c_{\text{max}}$	
1.27.2	588115,2	0,038	$5,397 \cdot 10^{-6}$	$1,087$	$-1,472 \cdot 10^{-6}$	$0,07$	0,004	—	—	—	—	
3.58.1	138797,1	0,179	$1,728 \cdot 10^{-5}$	$0,975$	$-1424,000$	0,01	0,004	—	—	—	—	
3.58.2	123798,1	0,101	$9,575 \cdot 10^{-5}$	$0,908$	$2,518 \cdot 10^{-6}$	$0,15$	0,017	56,19	0,992	0,814	0,814	
1.25.2	6862,0	0,105	$5,912 \cdot 10^{-5}$	$0,966$	54,290	0,70	0,020	—	—	—	—	
3.54	9431,0	0,067	$9,036 \cdot 10^{-3}$	$0,708$	$3,058 \cdot 10^{-5}$	0,06	0,005	26,21	0,852	0,763	0,763	
			$5,970 \cdot 10^{-3}$	$0,770$	20,180	0,04	0,005	—	—	—	—	—
			$1,473 \cdot 10^{-2}$	$0,614$	$7,683 \cdot 10^{-5}$	0,15	0,022	137,90	0,672	0,627	0,627	
			$1,958 \cdot 10^{-3}$	$0,896$	123,700	0,01	0,023	—	—	—	—	

Примечание. Здесь и далее, в табл. 3, 4, в числителе приведены данные для уравнения ПХ, в знаменателе — ПХ.

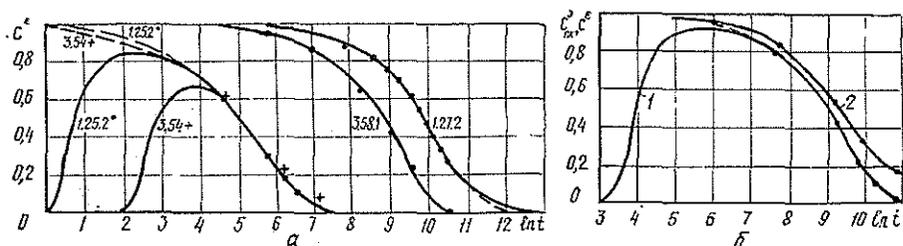


Рис. 2. Определение активационных барьеров с помощью кинетических кривых  $c^e$  на основе экспериментальных данных для равновесных реакций гидролиза: а — реакции 1.25.2; 3.54; 3.58.1; б — реакция 3.58.2 (сплошные линии — для значений  $c^e_{ПХ}$ ; пунктирные —  $c^e_{ПК}$ ); 1 —  $c^e_{ПХ}$ ; 2 —  $c^e_{ПК}$

Как видно из формулы (11), из пяти равновесных реакций (см. табл. 1) три сразу же обнаружили активационные барьеры, изображенные на рис. 2, а. Реакция 1.27.2 показала отрицательное значение  $z_{ПХ}$  (отсутствие активации). Обработка  $c_e$  для реакции гидролиза 3.58.2 показывает, что шестой экспериментальный результат (0,100) оказался ниже равновесного содержания  $c_\infty$ , равного 0,101 (табл. 2). В этом случае нельзя использовать равновесные и послеравновесные данные как искажающие результаты расчета. Поэтому в табл. 3 для реакции 3.58.2 сделан повторный расчет по пяти первоначальным  $c_e$  (первая строка). Неискаженное равновесное содержание  $c_\infty$  (вторая строка) составило уже 0,162 (против 0,101 из табл. 2).

Обработка пяти результатов  $c_e$  (за вычетом 0,162) в табл. 3 (вторая строка) показала наличие активационного барьера при гидролизе гипохлорита. На рис. 2, б для реакции 3.58.2 эти процессы показаны отдельными кинетическими кривыми: 1 —  $c^e_{ПХ}$ , 2 —  $c^e_{ПК}$ .

Для большей убежденности в том, что развиваемые предположения действительно отвечают природе рассматриваемых явлений, предпринята попытка изменить знаки у  $z^e_{ПК}$  и  $z^e_{ПХ}$  при произвольном выборе равновесного содержания  $c_\infty$  в реакции 1.27.2. Согласно рис. 3, это  $c_\infty$  более чем в 2 раза превышает истинное, равное 0,038. Если наши предположения об ИП действительно адекватны, то взаимное расположение (поведение)  $c_e$  на кинетических кривых неизменно сохраняет эту ИП, независимо от того, какие  $c_\infty$  вычитать из первоначальных  $c_e$ . На рис. 3 представлены значения  $z^e_{ПХ}$ , получающиеся в результате обработки данных  $c_e$  ( $c_\infty$  изменяется от 0,000 до 0,085).

Однако ни при каких значениях  $c_\infty$  изменения знаков  $z^e_{ПХ}$  не происходит: они остаются отрицательными. Это подтверждает, что в по-

Рис. 3. Проверка изменяемости знаков  $z^e_{ПК}$  и  $z^e_{ПХ}$  (наличия активации) при произвольном изменении равновесных содержаний  $c_\infty$  метилнитрата в реакции гидролиза 1.27.2 (+ — значения  $z^e_{ПХ}$ ; · —  $z^e_{ПК}$ )

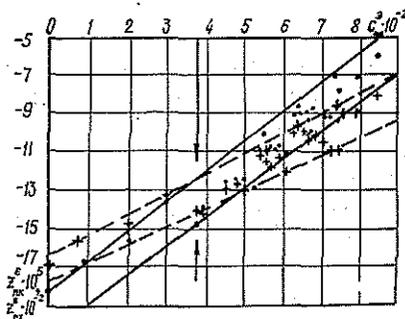


Таблица 3

Анализ на активацию реакции гидролиза гипохлорита 3.58.2 [4] при некорректном указании последнего экспериментального значения  $c_e$

Равновесие		Коэффициенты уравнения				Активационный барьер			
$t = \frac{УПК}{zПК}$	$c_{\infty}$	$x$	$y$	$z$	Критерий Стьюдента $\sigma$	Квадратичное отклонение $\sigma$	$t_{\max} = \frac{zПК}{УПК}$	$c_{\max}^e$	$c_{\max}^a$
—	—	$\frac{2,042 \cdot 10^{-4}}{5,190 \cdot 10^{-3}}$	$\frac{0,883}{0,538}$	$\frac{-1,098 \cdot 10^{-5}}{-1286,2}$	$\frac{0,03}{0,07}$	$\frac{0,005}{0,006}$	—	—	—
80418,9	0,162	$\frac{3,608 \cdot 10^{-4}}{1,584 \cdot 10^{-4}}$	$\frac{0,831}{0,922}$	$\frac{3,945 \cdot 10^{-6}}{250,5}$	$\frac{0,06}{0,19}$	$\frac{0,011}{0,012}$	271,6	0,932	0,781

Примечание. Для первой строки ИП о равновесии ( $z_{ПК} < 0$ ) превышает ИП об активации.

ведении кинетических данных реакции 1.27.2 отсутствует ИП об активации. Следовательно, гидролиз метилнитрата развивается сразу без активационного барьера.

Интересно применить методику ПХК, когда в экспериментальных данных отсутствует начальное содержание реагента  $c_{m_0}$  [1]. Рассмотрим это на примере реакции гидролиза триметилбромметана 1.18.3. Кинетические ПК-данные по этой реакции [4] рассчитаны с употреблением в качестве  $c_{m_0}$  первого приведенного Л. Мейтисом содержания при  $t = 5000$  с, т. е. спустя 1,4 ч после начала реакции. При таких обстоятельствах трудно ожидать определяемую ИП об активации, так как  $c_e$

Таблица 4

Анализ на активацию реакций гидролиза триметилбромметана 1.18.3 [1]

$c_{\infty}^e$ (заданное)	Коэффициенты уравнения			$\sigma$	Экстремум	
	$x$	$y$	$z$		$\frac{t_{\min}}{t_{\max}}$	$\frac{c_{\infty}}{c_{\max}}$
0,000	$8,921 \cdot 10^{-7}$	1,254	$-2,096 \cdot 10^{-6}$	0,0020	598232	0,0115
	$1,662 \cdot 10^{-5}$	0,986	-6407	0,0070	—	—
0,012	$1,688 \cdot 10^{-6}$	1,195	$-1,340 \cdot 10^{-6}$	0,0020	891451	0,0010
	$1,129 \cdot 10^{-5}$	1,021	-4215	0,0004	—	—
0,013	$1,659 \cdot 10^{-6}$	1,197	$-1,335 \cdot 10^{-6}$	0,0020	721438	0,0015
	$1,093 \cdot 10^{-5}$	1,024	-4171	0,0000	—	—
0,014	$1,653 \cdot 10^{-6}$	1,197	$-1,316 \cdot 10^{-6}$	0,0020	724349	0,0010
	$1,073 \cdot 10^{-5}$	1,026	-4160	0,0007	—	—
0,015	$1,422 \cdot 10^{-6}$	1,213	$-1,782 \cdot 10^{-6}$	0,0010	680772	0,0006
	$3,217 \cdot 10^{-6}$	1,128	66	0,0050	58	0,9990
0,021	$1,425 \cdot 10^{-6}$	1,213	$-1,665 \cdot 10^{-6}$	0,0008	728986	0,0040
	$3,055 \cdot 10^{-6}$	1,134	61	0,0004	54	0,9990

далеко отстоят от начала реакции. Однако на равновесие это обстоятельство влияет только в смысле смещения координат по  $t_{\infty}$  и  $c_{\infty}$ . Поэтому нами предпринята попытка определить ИП (табл. 4). Обработка  $c_e$  данных реакции 1.18.3 выявила равновесное содержание триметилбромметана ( $c_{\infty} = 0,0115$ ). Аналогично реакции 1.27.2 в табл. 4 обработаны по уравнению (11) данные  $c_e$  с учетом равновесного  $c_{\infty}$ , равного 0,012. Изменения знаков  $z_{\text{ПХ}}^e$  при этом не произошло, а новое равновесное содержание составило примерно 0,001. Полученные значения  $c_{\infty}^e$  сложили с данными гр. 1. В гр. 3 обработаны  $c_e$  за вычетом равновесного  $c_{\infty}^e = 0,013$ . Так поступали до тех пор, пока при  $c_{\infty}^e = 0,015$  не произошло изменение знака  $z_{\text{ПХ}}^e$ . Характерно, что знак  $z_{\text{ПХ}}$  не изменяется при дальнейшем искусственном увеличении  $c_{\infty}^e$ , например, при  $c_{\infty}^e = 0,021$ . Знак коэффициента  $z_{\text{ПК}}^e$  при этом не изменился, что свидетельствует о большой ИП о равновесии. Возможная множественность значений  $z_{\text{ПХ}}$  представлена в табл. 5, где приведены значения  $z_{\text{ПХ}}$ , получающиеся при решении системы трех уравнений с нахождением коэффициентов  $x$  (одно значение),  $y$  (два одинаковых значения),  $z$  (три значения) по Гауссу.

Таблица 5

Множественность значений  $z_{\text{ПХ}}$  при неверном задании начального содержания основного реагента в реакции 1.18.3 [1]

$c_{\infty}^e$ (заданное)	Значения $z_{\text{ПХ}}$		
	первое	второе	третье
0,000	-6407,982371	-6407,982384	-6407,982373
0,012	-4214,771706	-4214,771551	-4214,771505
0,015	66,117719	66,117764	66,110190
0,021	-61,393579	61,393577	61,393370

Методика ПХК поведением коэффициентов  $z_{\text{ПК}}$  и  $z_{\text{ПХ}}$  указывает на некорректность задания  $c_0$  без приведения значений  $c_{\text{н.о.}}$ , чем и демонстрирует адекватную реакцию на неполноту задания исходных данных.

«Отфильтрованная» таким образом ИП об активации ( $t_{\text{max}} = 54,0 \dots 58,6$  с) является приближенной, но существование активации в этой реакции по методологии ПХК не вызывает сомнения.

В заключение заметим, что пересчитанные значения наивысшей активации первоначальных молекул основного реагента  $c_{\text{max}}^0$  могут оказаться иногда ниже первых экспериментальных данных в равновесных реакциях (3.58.1, 3.58.2). Это противоречие кажущееся, поскольку  $c_0$  включает как активные, так и неактивные содержания, неидентифицируемые методами аналитической химии. Например, реакция 3.58 в целом, хотя и является равновесной, но необратима. Равновесные содержания гипохлорита 0,179 (3.58.1) и 0,162 (3.58.2) не отвечают существованию обратимых реакций, а обусловлены неполной активацией молекул гипохлорита со следующим содержанием его в точках наивысшей активации:  $1,000 - 0,814 = 0,186$  (3.58.1) и  $1,000 - 0,781 = 0,219$  (3.58.2). До конца реакций активируются еще  $0,186 - 0,179 = 0,007$  (3.58.1) и  $0,219 - 0,162 = 0,057$  долей общего содержания гипохлорита (3.58.2).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Мейтис Л. Введение в курс химического равновесия и кинетики.— М.: Мир, 1984.— С. 76. [2]. Крылов В. С., Паюсов С. А., Шарыпова Л. Н. Расчетное определение равновесий химических реакций ЦБП // Лесн. журн.— 1990.— № 4.— С. 96—99. [3]. Паюсов С. А., Крылов В. С., Шарыпова Л. Н. Об адекватном описании кинетики гидролиза растительного сырья // Лесн. журн.— 1990.— № 6.— С. 89—95. [4]. Паюсов С. А., Крылов В. С., Шарыпова Л. Н. Уравнение для единого описания кинетики реакций гидролиза // Лесн. журн.— 1991.— № 1.— С. 100—105. [5]. Эвристическое получение уравнения прикладной кинетики (ПК) для реакций химического гидролиза // С. А. Паюсов, А. И. Орехова, А. М. Халемский, Т. М. Шерстбитова / Лесн. журн.— 1993.— № 5—6.— С. 144—150.

УДК 676.1.023.7

### ПРОКЛЕЙКА БУМАГИ В СЛАБОЩЕЛОЧНОЙ СРЕДЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СУЛЬФАТА АЛЮМИНИЯ В КАЧЕСТВЕ КОАГУЛЯНТА

Г. Л. ЕМПИЛО, Г. И. ЧИЖОВ

С.-Петербургская лесотехническая академия

Одним из путей совершенствования технологии производства бумаги является отлив в нейтральной или слабощелочной среде. При этом не только устраняется ряд недостатков, присущих отливу в кислой среде, но значительно улучшается качество и снижается себестоимость бумаги\*.

Бумага, полученная отливом в кислой среде, имеет малую долговечность, и низкую механическую прочность, что ведет к необходимости частого возобновления печатных изданий из-за преждевременного их износа. Кислая среда вызывает коррозию технологического оборудования и трубопроводов, повышает затраты на очистку сточных вод.

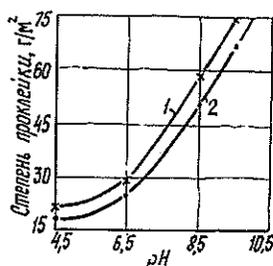
Переход к отливу в щелочной среде позволяет изготавливать более долговечную бумагу с лучшими показателями механической прочности

\* Бодрова В. М. Исследование влияния соединений алюминия на основные свойства бумаги, изготовленной в нейтрально-щелочных средах: Дис. ... канд. техн. наук.— Л.: ЛТА, 1981.— 205 с.

и избегать вышеуказанных недостатков. Однако при этом неизбежно возникают серьезные затруднения, связанные с процессом канифольной проклейки. В качестве коагулянта при канифольной проклейке применяют алюминат натрия, который является дорогостоящим и малодоступным продуктом, что вынуждает искать более распространенные и дешевые реагенты.

Большой интерес для этих целей представляет широко используемый для регулирования многих процессов бумажного производства сульфат алюминия. В водном растворе сульфата алюминия при pH 4,8 в результате гидролиза наряду со свободными ионами алюминия появляется значительное количество гидроксида алюминия в коллоидном состоянии. Коллоидные частицы, адсорбируя из раствора ионы алюминия, получают положительный заряд. С увеличением pH раствора солей алюминия усиливается процесс полимеризации, ведущий к образованию сложных полигидроксикомплексов переменного состава, и происходит постепенное уменьшение положительного заряда коллоидных частиц с его сменой на обратный в щелочной среде. Поэтому попытка осуществить проклейку бумаги в щелочной среде с применением сульфата алюминия как коагулянта не дала положительного результата (рис. 1).

Рис. 1. Влияние кислотности среды на степень проклейки бумаги с укрепленным (1) и высокосмоляным клеем (2) при использовании сульфата алюминия



В качестве волокнистого полуфабриката использовали сульфатную беленую целлюлозу из эвкалипта, размолотую в лабораторном ролле до 35 °ШР. Расход клея составлял 2 % от массы абс. сухого волокна. Образцы бумаги с массой 1 м<sup>2</sup>, равной 70 г, отливали на аппарате ЛЮА-2. Расход сульфата алюминия составил 3 % от массы абс. сухой целлюлозы, pH массы регулировали с помощью добавок раствора гидроксида натрия.

Представленные на рис. 1 зависимости свидетельствуют о том, что степень проклейки бумаги ухудшается по мере увеличения кислотности среды.

Снижение коагулирующего действия сульфата алюминия вызвано изменениями коллоидного состояния частиц гидроксида алюминия при повышении pH среды. Исследование электрокинетических свойств гидроксида алюминия методом микроэлектрофореза показало, что величина дзета-потенциала быстро падает по мере увеличения pH, а при pH > 6,8... 7,0 частицы гидроксида алюминия перезаряжаются. Вероятно, если положение изопотенциальной точки удастся сдвинуть в щелочную область, то можно будет осуществлять проклейку при более высоких значениях pH.

С этой целью к раствору сульфата алюминия добавляли катионные полиэлектролиты, предполагая, что они будут адсорбироваться на поверхности образующегося в результате гидроксида алюминия. В качестве полиэлектролитов использовали полиэтиленимин (ПЭИ) и полидиметилдиаллиламмонийхлорид марки ВПК-402 в количестве 0,2 % от массы сульфата алюминия. Измерение дзета-потенциала полученных

растворов показало, что этот показатель увеличился во всем исследованном диапазоне рН, положение изопотенциальной точки сдвинулось более чем на две единицы рН в щелочную область. При этом выявлена меньшая эффективность ВПК-402 по сравнению с ПЭИ (рис. 2).

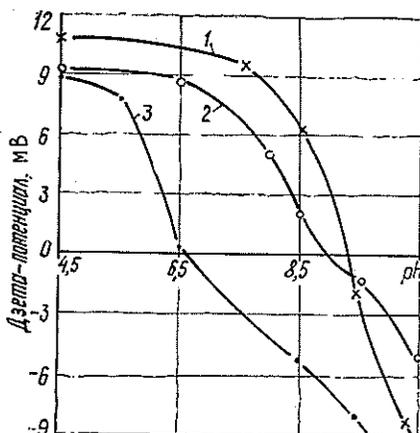


Рис. 2. Влияние кислотности среды на дзета-потенциал растворов сульфата алюминия в присутствии ПЭИ (1), ВПК-402 (2) и без них (3)

Проклейка бумаги с использованием полиэлектролитов показала, что их добавка положительно влияет на степень проклейки. Лучшие результаты получены, как и следовало ожидать, для ПЭИ (рис. 3).

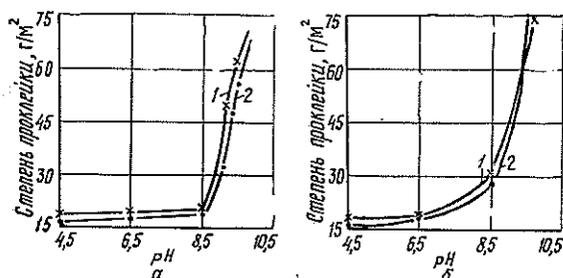


Рис. 3. Влияние кислотности среды на степень проклейки бумаги при использовании сульфата алюминия в присутствии ПЭИ (а) и ВПК-402 (б): 1 — укрепленный клей; 2 — высокомолекулярный клей

Наблюдаемое улучшение степени проклейки бумаги в нейтрально-щелочной среде несомненно обусловлено наличием на поверхности гидроксидов алюминия адсорбированных положительно заряженных молекул полиэлектролитов, что обеспечивает нормальное осаждение частиц клея на целлюлозных волокнах. Однако при этом осадок гидроксидов алюминия сохраняет свой гидрофильный характер. Следовательно, избыток гидроксидов алюминия сверх безусловно необходимого для максимального удержания клея приводит к ухудшению проклейки. Иными словами, должен существовать оптимальный расход коагулянта, обеспечивающий наилучшую проклейку.

Результаты исследования влияния на степень проклейки бумаги дозировки коагулянта, содержащего ПЭИ, при различных расходах

укрепленного клея представлены на рис. 4. При отливе масса имела рН 8,5...8,8. Согласно полученным данным, выявлено определенное соотношение между расходами клея (% от массы абс. сухого волокна) и сульфата алюминия (% от массы абс. сухого волокна в единицах  $Al_2O_3$ ), при котором имеет место наилучшая степень проклейки. Можно, в связи с этим, предположить, что резкое ухудшение степени проклейки (см. рис. 3) при  $pH > 8,5$  вызвано нарушением этой закономерности. По-видимому, при  $pH 9,5 \dots 10,0$  можно получить хорошую степень проклейки, подобрав расход сульфата алюминия.

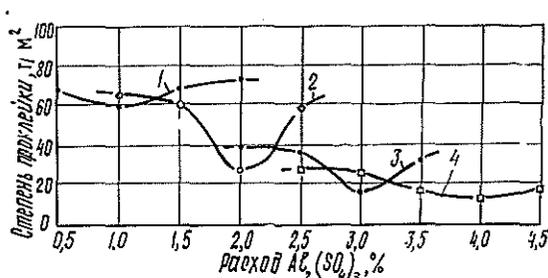


Рис. 4. Влияние расхода сульфата алюминия на степень проклейки бумаги при различной массовой доле укрепленного клея: 1—0,5; 2—1,0; 3—2,0; 4—3,0 %

В ходе эксперимента было отмечено, что добавка ПЭИ к раствору сульфата алюминия вызывает пожелтение бумаги. Для устранения этого отрицательного явления было решено уменьшить расход ПЭИ до 0,1% от массы сульфата алюминия и одновременно вводить дополнительно полиэлектrolит ВПК-402. Использование комплексной добавки полиэлектrolитов позволило осуществить проклейку бумаги без пожелтения.

На рис. 5 представлены результаты проклейки бумаги с использованием добавок катионного полиакриламида (ПАА) к раствору сульфата алюминия, содержащего 0,2 % смеси ПЭИ и ВПК-402 от массы. В опытах использовали укрепленный клей в количестве 2 % от массы абс. сухих волокон.

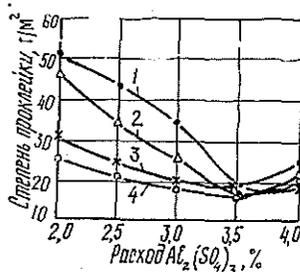


Рис. 5. Влияние расхода сульфата алюминия на степень проклейки бумаги при различной массовой доле ПАА: 1—0,0; 2—0,0125; 3—0,0250; 4—0,0500 %

Как видно из рис. 5, по мере увеличения доли ПАА при всех расходах сульфата алюминия постепенно улучшается степень проклейки бумаги. Это дает возможность осуществить проклейку при повышенных расходах сульфата алюминия, обеспечивающих дополнительное упрочнение бумаги.

Поступила 11 февраля 1994 г.

## ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 630\*31 : 658.512

УТОЧНЕННАЯ МЕТОДИКА РАСЧЕТА  
ЭФФЕКТИВНОГО ФОНДА ВРЕМЕНИ

Е. С. РОМАНОВ

Архангельский лесотехнический институт

Расчеты использования оборудования по времени занимают одно из центральных мест в организации производства. Их правильность одинаково нужна и в плановой, и в рыночной экономике, хотя «цена» просчетов, ошибок, неточностей, конечно, выше для подлинных хозяев производства.

Ситуация, фактически сложившаяся в российской экономике на данном этапе, парадоксальна. Казалось бы, предприятия (например леспромхозы), оказавшись в трудном положении, подчас на грани банкротства, должны максимально мобилизовать все резервы, устранить потери, экономить на всем. В действительности же организация производства не только не улучшается (естественно, в пределах возможного), но часто пущена на самотек. Руководители предприятий жалуются, что не могут приобрести новое оборудование (из-за высоких цен) и ничего не делают, чтобы максимально использовать имеющееся. Очевидно, что здесь не обойтись без детальных расчетов.

Но и расчеты должны быть точными, а их параметры надежными, объективными. Так, нормы выработки на вывозке леса всегда рассчитывают по правильным, солидным формулам, но подставляют в них заведомо заниженные значения скоростей движения, рейсовых нагрузок, завышают время погрузки, разгрузки и т. д. И довольно «точно» подгоняют норму под зарплату, тогда как зарплата должна быть производной от нормы.

Ошибки в расчетах времени работы машин не столь «остро социальные», но в этих расчетах есть неточности «массового» характера, своего рода систематические ошибки, о которых, видимо, не подозревают и добросовестные экономисты, инженеры.

Как в оперативном, так и технико-экономическом планировании (а они остаются в рыночной экономике) время работы единицы оборудования обычно определяют по формуле в виде цепочки коэффициентов подобно известной формуле, которой в данной статье соответствует формула (10). Ниже показано, что расчет по ней дает неточный результат, занижает время работы. В этой формуле в скрытой форме присутствует баланс времени, представленный в таблице. По нему следует высказать ряд соображений.

В статистике обычно рассматривают баланс времени парка машин и поэтому употребляют слово «фонд» (календарный, режимный и др.). Наша схема предназначена для составления баланса времени на единицу оборудования, как это принято в лесоэксплуатации. Ничто, однако, не мешает использовать ее и для всего парка машин.

Предусмотрены случаи, когда оборудование используется не только на основной работе. Расшифровано внережимное время. Позиция «перерывы по климатическим причинам», естественно, не нужна в тех

## Последовательность расчета эффективного фонда времени

Полное календарное время <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">1</span>					
Режимное время <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">6</span>			Внережимное время <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">5</span>		
Эффективное время <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">10</span>		Плановые остановки оборудования <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">9</span>		Выходные и праздничные дни <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">2</span>	Перерывы по климатическим причинам <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">3</span>
Основная работа <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">12</span>	Неосновная работа <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">11</span>	Ремонт <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">8</span>	Резерв <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">7</span>		

производства, где эти причины не действуют. Использован термин «эффективное» время.

Задержим внимание на терминах.

Понятия календарного времени, календарного фонда общепризнаны. А вот режимный фонд называют также номинальным [7, 10]. Время, обозначенное на нашей схеме как эффективное, называют также действительным [4, 6], рабочим [3], полезным [1], плановым [2], действительным экономическим [9], годовым (расчетным) [5], располагаемым фондом рабочего времени [8] и др. Очевиден разноречивый. Необходимо унифицировать эти важные для организации производства и планирования термины.

Наш выбор ясен из таблицы. Термин «режимный фонд» явно предпочтительнее «номинального»: баланс времени зависит от принятого режима; слово же «номинальный» употребляется и в смысле «существующий только по названию, не выполняющий своего назначения». Термин «плановый фонд» неточен. Плановый фонд — величина производная от плана производства, а не от баланса времени. Термин «располагаемый» более правилен, но требует дополнений. Выражение «действительный» неудачно в том смысле, что все виды времени действительны. Из двух оставшихся — «полезный» и «эффективный» — предпочтительнее второй. Понятие эффективного времени соответствует тому, что К. Маркс называл «временем ежегодного употребления средств труда», и понятию эффективной мощности в технике.

В дальнейшем изложении использованы термины нашей таблицы. Там, где не принципиально, идет ли речь об одной машине или обо всем парке, будем считать, что выражения «время» и «фонд времени» — синонимы. Числа в таблице показывают очередность определения показателей.

Баланс времени составляют в машино-сменах или машино-часах. Здесь и далее мы рассматриваем прерывные производства.

В расчетах на практике для определения слагаемых баланса времени используются специальными коэффициентами. Увяжем наш баланс с этими коэффициентами и введем обозначения:

- $V_{\text{кал}}$  — полное календарное время;
- $V_{\text{вых}}$  — выходные и праздничные дни;
- $V_{\text{кл}}$  — перерывы по климатическим причинам;
- $V_{\text{всм}}$  — внесменное время;
- $V_{\text{вир}}$  — внережимное время;
- $V_{\text{реж}}$  — режимное время;
- $V_{\text{рез}}$  — время нахождения в резерве;
- $V_{\text{рем}}$  — время в ремонте;
- $V_{\text{ост}}$  — время плановых остановок;

$V_{\text{эф}}$  — эффективное время;  
 $V_{\text{осн}}$  — время основных работ;  
 $V_{\text{пр}}$  — время прочих работ.

Коэффициенты:

$K_{\text{см}}$  — сменности;  
 $K_{\text{т. г}}$  — технической готовности;  
 $K_{\text{рем}}$  — ремонта;  
 $K_{\text{рез}}$  — резерва;  
 $K_{\text{осн}}$  — основных работ;  
 $K_{\text{пр}}$  — прочих работ.

Коэффициенты сменности и технической готовности общеизвестны; остальные нуждаются в пояснении.

Коэффициентом ремонта здесь названа разность  $K_{\text{рем}} = 1 - K_{\text{т. г}}$ . Этот коэффициент показывает долю времени пребывания оборудования в ремонте и техническом обслуживании.

Коэффициент резерва может выражать:

отношение числа резервных машин к числу работающих; (отмечен штрихом). Например, на каждые четыре работающие машины должна быть одна в резерве; тогда  $K'_{\text{рез}} = 1/4 = 0,25$ ;

долю всего времени, когда машины исправны, на пребывание их в резерве; в нашем случае  $K''_{\text{рез}} = 1/5 = 0,2$ ;

отношение числа работающих машин к их числу вместе с резервными; при этом подходе  $K_{\text{рез}} = 0,8 = 1 - K''_{\text{рез}}$ .

На практике и в литературе по лесозаготовкам используют последнее выражение. В наших рассуждениях воспользуемся вторым выражением, а затем перейдем к двум остальным.

Наконец, коэффициенты основных и прочих работ выражают их доли во всем эффективном времени и связаны между собою как  $K_{\text{осн}} + K_{\text{пр}} = 1$ ;  $K_{\text{пр}} = 1 - K_{\text{осн}}$ .

Первые шесть элементов баланса определяются прямым счетом (см. пример). Если число рабочих дней в году регламентировано (обозначим его  $Ч$ ), то режимное время можно найти, не подсчитывая предыдущие пять показателей:

$$V_{\text{реж}} = Ч K_{\text{см}}. \quad (1)$$

Остальные слагаемые баланса — с седьмого по двенадцатый — взаимосвязаны и не могут быть определены сразу. Расчет ориентируем на выявлении  $V_{\text{осн}}$ .

Учитывая сказанное, можно записать

$$V_{\text{рсм}} = \frac{V_{\text{эф}}}{K_{\text{т. г}}} K_{\text{рем}} = \frac{V_{\text{осн}} + V_{\text{пр}}}{K_{\text{т. г}}} K_{\text{рем}}. \quad (2)$$

Обратим внимание на существенный момент, не учитываемый в расчетах по организации и планированию: резерв машин выделяется только на основных работах. Поэтому

$$V_{\text{рез}} = K'_{\text{рез}} V_{\text{осн}}, \quad (3)$$

а не

$$V_{\text{рез}} = K'_{\text{рез}} V_{\text{эф}},$$

что, конечно, влияет на результат расчета.

Из  $V_{\text{пр}} = K_{\text{пр}} V_{\text{эф}} = K_{\text{пр}} (V_{\text{осн}} + V_{\text{пр}})$  имеем

$$V_{\text{пр}} = V_{\text{осн}} \frac{K_{\text{пр}}}{1 - K_{\text{пр}}} = V_{\text{осн}} \frac{1 - K_{\text{осн}}}{K_{\text{осн}}}. \quad (4)$$

Теперь выразим  $B_{\text{рем}}$  через  $B_{\text{осн}}$ :

$$B_{\text{рем}} = B_{\text{осн}} \frac{K_{\text{рем}}}{K_{\text{т.г}}} \left( 1 + \frac{1 - K_{\text{осн}}}{K_{\text{осн}}} \right) = B_{\text{осн}} \frac{1 - K_{\text{т.г}}}{K_{\text{т.г}}} \frac{1}{K_{\text{осн}}}. \quad (5)$$

Суммируем элементы режимного времени:

$$B_{\text{реж}} = B_{\text{рез}} + B_{\text{рем}} + B_{\text{пр}} + B_{\text{осн}} = B_{\text{осн}} \left( K'_{\text{рез}} + \frac{1 - K_{\text{т.г}}}{K_{\text{т.г}}} \frac{1}{K_{\text{осн}}} + \frac{1 - K_{\text{осн}}}{K_{\text{осн}}} + 1 \right) = B_{\text{осн}} \left( K'_{\text{рез}} + \frac{1}{K_{\text{т.г}} K_{\text{осн}}} \right). \quad (6)$$

Отсюда

$$B_{\text{осн}} = \frac{B_{\text{реж}}}{K'_{\text{рез}} + \frac{1}{K_{\text{т.г}} K_{\text{осн}}}} = \frac{ЧК_{\text{см}}}{K'_{\text{рез}} + \frac{1}{K_{\text{т.г}} K_{\text{осн}}}}. \quad (7)$$

Напомним, что коэффициент резерва  $K'_{\text{рез}}$  выражает здесь отношение числа резервных машин к числу работающих (1/4, 1/6 и т. д.).

Если пользоваться более привычным выражением  $K_{\text{рез}}$  — отношением числа работающих машин к числу работающих и резервных  $\left( \frac{4}{4+1}, \frac{6}{6+1} \right.$  и т. д.), то формула (7) принимает вид

$$B_{\text{осн}} = \frac{B_{\text{реж}}}{\frac{1 - K_{\text{рез}}}{K_{\text{рез}}} + \frac{1}{K_{\text{т.г}} K_{\text{осн}}}} = \frac{ЧК_{\text{см}}}{\frac{1 - K_{\text{рез}}}{K_{\text{рез}}} + \frac{1}{K_{\text{т.г}} K_{\text{осн}}}}. \quad (8)$$

Преобразуем формулу (8):

$$B_{\text{осн}} = \frac{ЧК_{\text{см}} K_{\text{т.г}} K_{\text{рез}} K_{\text{осн}}}{K_{\text{т.г}} K_{\text{осн}} (1 - K_{\text{рез}}) + K_{\text{рез}}}. \quad (9)$$

Инструкции, учебники, справочники предписывают выражение (обозначения наши)

$$B_{\text{осн}} = ЧК_{\text{см}} K_{\text{т.г}} K_{\text{рез}} K_{\text{осн}}. \quad (10)$$

Числитель формулы (9) и выражение (10) одинаковы. Но знаменатель формулы (9) заведомо меньше единицы (поскольку  $K_{\text{т.г}} < 1$ ,  $K_{\text{осн}} \leq 1$ ). Отсюда следует, что применяемая на практике формула (10) дает заниженные результаты. Оценим ее погрешность на условном примере.

Дано:  $B_{\text{кал}} = 365$  дн.;  $B_{\text{вых}} = 61$  дн.;  $B_{\text{кл}} = 11$  дн.;  $K_{\text{см}} = 2$ ;  $K_{\text{т.г}} = 0,85$ ;  $K_{\text{рез}} = 0,8$ ;  $K_{\text{осн}} = 0,9$ .

Решение.

$$B_{\text{реж}} = (365 - 61 - 11) \cdot 2 = 586 \text{ маш.-см.}$$

По формуле (9)

$$B_{\text{осн}} = \frac{586 \cdot 0,85 \cdot 0,8 \cdot 0,9}{0,85 \cdot 0,9 \cdot 0,2 + 0,8} = \frac{358,6}{0,953} = 376 \text{ маш.-см.}$$

По формуле (10)  $B_{\text{осн}} = 358,6 \approx 359$  маш.-см.

Итак, при расчете по формуле (10) результат оказался заниженным на 17 маш.-см. в год или на 4,9%. Это существенно. Поскольку в примере взяты реальные величины, то и результат характеризует систематическую ошибку в сторону занижения. Обусловлено это тем, что при подсчете простым умножением по формуле (10) игнорируются два

обстоятельства: 1) на прочих работах резервные машины не предусмотрены; 2) потребность в ремонте возникает либо у работающей, либо у заменяющей ее резервной машины, но не у обеих одновременно.

Пользуясь формулами (2) — (9) и таблицей, нетрудно найти все составные части режимного времени и всего баланса (в машино-сменах):

$$\begin{aligned}
 B_{\text{рез}} &= 0,25 \cdot 376 = 94; & B_{\text{рем}} &= 376 \frac{1 - 0,85}{0,85} \frac{1}{0,9} = 74; \\
 B_{\text{пр}} &= 376 \frac{1 - 0,9}{0,9} = 42; & B_{\text{реж}} &= 94 + 74 + 42 + 376 = 586; \\
 B_{\text{вых}} &= 61 \cdot 3 = 183; & B_{\text{кл}} &= 11 \cdot 3 = 33; \\
 B_{\text{всм}} &= (365 - 60 - 12)(3 - K_{\text{см}}) = 293; \\
 B_{\text{впр}} &= 183 + 33 + 293 = 509; \\
 B_{\text{кал}} &= B_{\text{реж}} + B_{\text{впр}} = 586 + 509 = 1095; \\
 B_{\text{кал}} &= 365 \cdot 3 = 1095,
 \end{aligned}$$

т. е. налицо баланс.

Из формул и примера видно, что в формировании эффективного фонда участвуют семь факторов (не считая календарного числа дней в году). И если они будут величинами прогрессивными, то прогрессивной величиной будет и эффективный фонд времени. Это, в свою очередь, одна из предпосылок того, чтобы получить реально достижимый максимум выпуска продукции.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Алексеев А. С., Соскин С. П., Леонова Н. И. Определение производственной мощности строительной организации.— М.: Стройиздат, 1974.— 176 с. [2]. Краковский А. И. Эффективность использования основных фондов в машиностроении (статистические методы изучения).— М.: Статистика, 1972.— 104 с. [3]. Куротченко В. С., Осада П. А. Производственная мощность промышленного предприятия.— М.: Госпланиздат, 1961.— 280 с. [4]. Мелешкин М. Т., Сидоров А. П., Черевко И. А. Ускорение освоения мощностей в промышленности.— М.: Экономика, 1967.— 288 с. [5]. Методические указания к разработке государственных планов экономического и социального развития СССР.— М.: Экономика, 1980.— 776 с. [6]. Сидоров А. П. Внутривзводские пропорции мощностей и эффективность производства.— М.: Экономика, 1968.— 191 с. [7]. Смирницкий Е. К. Экономические показатели промышленности.— 2-е изд., перераб. и доп.— М.: Экономика, 1980.— 432 с. [8]. Статистика промышленности: Учебник / В. Е. Адамов, Э. В. Вергилес, Э. М. Воронина и др.; Под ред. В. Е. Адамова.— М.: Финансы и статистика, 1987.— 456 с. [9]. Троицкая Л. И. Исследование вопросов совершенствования методики исчисления показателя производственной мощности строительной организации: Автореф. дис. ... канд. экон. наук.— Л., 1979.— 19 с. [10]. Федорович М. М. Производственные мощности промышленных предприятий и пути улучшения их использования.— М.: Знание, 1956.— 40 с.

Поступила 15 декабря 1993 г.

УДК 630\*96

### ВОЗМЕЩЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЩЕРБА КАК ЭЛЕМЕНТ ПЛАТНОСТИ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ

И. М. СИНЯКЕВИЧ, Е. В. ВРУБЛЕВСКАЯ

Украинский государственный лесотехнический университет

Верховным Советом Украины 25 июня 1991 г. был принят достаточно прогрессивный закон «Об охране окружающей природной среды».

который регулирует экономические отношения в области природопользования. Закон устанавливает порядок взимания платы за специальное пользование природными ресурсами. При пользовании ими в пределах установленного лимита ее включают в издержки производства, за сверхлимитное — взимают из прибыли. Закон предполагает возмещение ущерба качеству природных ресурсов (снижение продуктивности лесов, плодородия почв и др.) также из прибыли.

На Украине введены платежи за сверхлимитное загрязнение окружающей среды. В связи с тяжелым экономическим положением государства решено плату за лимитное загрязнение окружающей среды не взимать до 1996 г. В дальнейшем, по мере укрепления экономики Украины, она будет отражаться в издержках производства. Кроме того, в настоящее время изучаются методы регулирования выбросов вредных веществ путем продажи лицензий на загрязнение окружающей среды.

Платное пользование природными ресурсами охватывает и лесной комплекс. Вопросы совершенствования экономических отношений в лесном хозяйстве на основе платного пользования лесными ресурсами освещались нами ранее [4, 5]. В настоящей работе рассматриваются теоретические вопросы возмещения экологического ущерба, имеющего место в процессе лесопользования.

Известно, что при лесозаготовках повреждаются и частично уничтожаются лесная подстилка и растительность (деревья, подрост, подлесок и травяной покров), возникает эрозия почв, они уплотняются, ухудшаются их физико-химические свойства. Лесозаготовительные машины и оборудование загрязняют окружающую среду выбросами от сгорания топлива, нарушают спокойствие лесной полезной фауны. Все эти факторы снижают продуктивность лесных насаждений и охотничьи угодий, ослабляют полезные функции леса (рекреационные, защитные, охранные и др.). Так, повреждение почвы (включая волокни) при сплошнолесосечных рубках в буково-пихтовых насаждениях Карпат достигает 81,4 % площади лесосеки, постепенных семенно-лесосечных — 20,0... 29,4 %, группово-выборочных — 14,7... 19,1 % [3]. В процессе лесозаготовок повреждаются деревья, не предназначенные для рубки: при постепенных — 38,6 % оставшихся на лесосеках, добровольно-выборочных — 16,6 %, группово-выборочных — 21 %. Здоровый подрост после сплошнолесосечных рубок в насаждениях бука составляет при полуподвешной трелевке лишь 8,7 %, бессистемной конной и наземной — 18... 20 %, наземной с помощью лебедки — 57,2 %, конной по снегу — 76,1 % [3]. Согласно исследованиям Н. М. Горшенина [1] потери перегнойа вследствие эрозии на лесосеках в зоне буковых лесов достигают 10... 18 т на 1 га. На сильно- и среднеэродированных участках в зоне смешанных пихтовых лесов содержание гумуса в зависимости от степени повреждения почвы снижается на 39... 84 %.

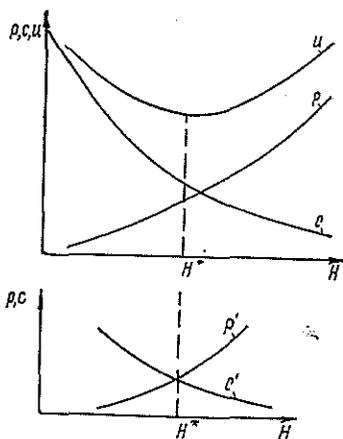
Уровень экологического ущерба зависит главным образом от производственных факторов (вид рубки, применяемые машины и технология и др.). Ограничить их деструктивное влияние на природу в условиях рыночной экономики можно при помощи экономических рычагов, наиболее действенным из которых является плата за ухудшение качества природной среды как ресурса, потребляемого в процессе производства. Если экологический ущерб не компенсируется, общественные издержки производства становятся выше индивидуальных издержек производителей. Последние, получая неверную информацию о цене такого вовлекаемого в производство ресурса, как качество окружающей среды, допускают его перерасход.

Возмещение экологического ущерба должно стать действенным фактором сдерживания нерационального природопользования, инструментом экономического наказания. В условиях, когда деструктивное

влияние производственно-хозяйственной деятельности выходит за рамки установленных требований (государственных стандартов), платежи следует увеличивать до уровня, при котором производство становилось бы убыточным. В то же время высокие ставки могут стать барьером на пути притока капитала в лесозаготовительное производство. Поэтому важно установить уровень, стимулирующий применение высокоэффективных природоохранных технологий.

В условиях рыночной экономики стимулами для принятия решения о масштабах и характере потребления ресурсов являются размеры предельных ущерба и затрат на его предупреждение [2]. Введем следующие обозначения:  $H$  — интегральный показатель уровня нагрузки на окружающую среду (объем выбросов, площадь поврежденных почв, количество уничтоженных деревьев подроста и т. д.) или объем потребленного качества природного потенциала (см. рисунок);  $p = p(H)$  — затраты на возмещение экологического ущерба;  $c = c(H)$  — затраты производителя на предупреждение ущерба. Суммарные затраты природопользователя  $u(p, c)$ , связанные с эксплуатацией природного потенциала, равны:

$$u(p, c) = p(H) + c(H).$$



Соотношение природоохранных затрат и затрат на возмещение экологического ущерба

Минимизируя  $u(H)$ , производитель формирует свою природоохранную стратегию. Значение  $u(H)$  минимально при

$$\frac{du}{dH} = \frac{\partial u}{\partial c} \frac{dc}{dH} + \frac{\partial u}{\partial p} \frac{dp}{dH} = 0,$$

откуда

$$\frac{dp}{dH} = - \frac{dc}{dH}.$$

Это означает, что производитель выберет такой уровень нагрузки, при котором природоохранные затраты не выше предельных платежей за наносимый ущерб. Эта концепция принята нами для разработки нормативов возмещения экологического ущерба в лесозаготовительном производстве.

Значительные потери природного потенциала имеют место в результате неудовлетворительного состояния лесов (несвоевременное облесение вырубок, низкое качество лесокультурных работ, неудовлетворительная охрана и защита лесов и пр.). Введение платы за плохое ведение лесного хозяйства, как нам представляется, целесообразно осу-

цествлять после утверждения экологического стандарта, который ус-  
танавливал бы основные государственные требования к состоянию лес-  
ов и лесных земель как объектов природы. Проект такого стандарта,  
разработанного УГЛУ (при нашем участии), представлен Минприроды  
Украины на утверждение.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Горшенин Н. М. Эрозия горных лесных почв и борьба с ней.— М.: Лесн.  
пром-сть, 1974.— 128 с. [2]. Долан Э. Дж., Линдсей Д. Рынок: микроэкономиче-  
ская модель.— СПб., 1992.— 496 с. [3]. Сабан Я. А. Экология горных лесов.— М.:  
Лесн. пром-сть, 1982.— 168 с. [4]. Синякевич И. М. Теоретические предпосылки  
усиления экологической направленности хозяйственного механизма // Лесн. журн.—  
1990.— № 1.— С. 116—119.— (Изв. высш. учеб. заведений). [5]. Синякевич И. М.  
О совершенствовании экономических отношений в лесовыращивании // Лесн. журн.—  
1991.— № 4.— С. 100—102.— (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 9 ноября 1993 г.

УДК 630\*68

### НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МАЛЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

А. Н. ПАНИЮТИН, Н. В. МЕЛЬНИКОВА

С.-Петербургская лесотехническая академия

Переход к рыночным отношениям характеризуется либерализацией  
цен и тарифов, неустойчивостью динамики производства, отсутствием  
стабильности в состоянии экономики и финансов предприятий на про-  
тяжении сравнительно небольшого отрезка времени. Это приводит к по-  
стоянному банкротству и закрытию одних предприятий, а также появ-  
лению и успешной работе других. Значительная часть ликвидируемых и  
создаваемых предприятий относится к малым формам организации про-  
изводства, которые активизируют структурную перестройку экономики,  
оперативно реагируют на изменяющуюся конъюнктуру спроса и создают  
необходимую конкурентную среду, обеспечивающую эффективное раз-  
витие экономики.

В целях создания устойчивого финансового положения малые пред-  
приятия используют два пути: 1) тесно сотрудничают с крупными про-  
изводителями, находя устойчивые рынки сбыта и источники производст-  
венных ресурсов и используя преимущества кооперации производства,  
так как невозможно добиться того, чтобы все вспомогательные и под-  
собные производства крупного предприятия работали высокоэффектив-  
но; 2) выбирают сферу деятельности, в которой невелик минимальный  
эффективный размер производства за счет экономии на транспортных  
расходах, учете индивидуальных запросов потребителей и т. д. Кроме  
того, малые предприятия в развитых зарубежных странах пользуются  
государственной поддержкой и значительная часть их владельцев ценит  
в малом бизнесе независимость и получаемое удовольствие от работы.

В лесном комплексе существуют сферы хозяйственной деятельности,  
в которых вследствие ограниченности сырьевых ресурсов концентрация  
производства нецелесообразна. Это открывает широкие перспективы для  
малого бизнеса. Сырьевой базой для его функционирования могут вы-  
ступать: деконцентрированный лесосечный фонд, древесина, брошенная  
в местах рубок и вдоль лесовозных дорог, лесосечные отходы и отходы  
переработки древесины. В переходный период актуален вопрос о разра-  
ботке механизма государственной поддержки малых предприятий раз-

личных форм собственности. По нашему мнению, более предпочтительны формы финансовой поддержки, оценивающие проекты развития малого бизнеса различных отраслей и учитывающие региональные особенности. Нами предлагается схема организации государственной поддержки малых форм хозяйствования, которую первоначально можно опробовать в лесном комплексе отдельного региона.

В новых условиях хозяйствования экономические отношения малых предприятий претерпевают значительные перемены. Так, недостаток вертикальных связей (министерство — объединение — предприятие) может быть компенсирован организацией «Фонда поддержки малых предприятий» (ФПМП). Основная функция этой организации — содействие и поддержка в развитии малого бизнеса. Для ее реализации необходимо предусмотреть источники финансирования. По опыту развитых стран это бюджетные средства.

Финансирование деятельности ФПМП может осуществляться разными способами. Это отчисления в федеральный и местный бюджет налоговых платежей малых предприятий по установленным процентным ставкам. Возможна также комбинация указанных источников и введение специального местного налога для развития малого бизнеса в регионе. Определение собственной налогооблагаемой базы имеет принципиальное значение, так как позволяет планировать поступление реальных (с учетом инфляции) финансовых средств на достаточно продолжительные отрезки времени, а также отойти от остаточного принципа финансирования, имеющего негативные последствия в связи с наличием более приоритетных для органов власти направлений (социальные программы и др.). Использование налоговых платежей малых предприятий позволяет увязать конечные результаты деятельности ФПМП с затратами финансовых средств, поскольку расширение сферы малого бизнеса и улучшение результатов его функционирования означает увеличение размеров средств, направляемых в ФПМП. Возможна также организация отраслевых ФПМП, требующая четкого выделения всех объектов, относящихся к малому бизнесу в данной отрасли. В любом варианте необходимо функционирование региональных отделений ФПМП, что позволяет полнее учитывать региональные особенности в хозяйственной деятельности малого бизнеса.

Региональные отделения ФПМП, по нашему мнению, должны иметь следующие функциональные отделы: научно-исследовательский и консультационный центр (НИКЦ), страховое общество (СО), инвестиционный фонд (ИФ). К числу основных направлений деятельности НИКЦ можно отнести: исследование перспективных сфер для развития малого бизнеса и определение их потенциальных границ; методическое обеспечение ФПМП и малых форм организации производства; оказание консультационных услуг.

Важной формой поддержки малых предприятий могут выступать также банковские кредиты, предоставляемые на льготных условиях. В каждом конкретном случае банк определяет степень принимаемого на себя риска, размер кредита, условия и формы его выдачи. Поскольку капитал малых предприятий невелик, то степень риска непогашенной задолженности из-за банкротства клиента для банка очень высока. Поэтому если определенную часть риска возьмет на себя специально организованное СО, значительно повысится возможность получения малыми предприятиями кредита через коммерческие банки на льготных условиях.

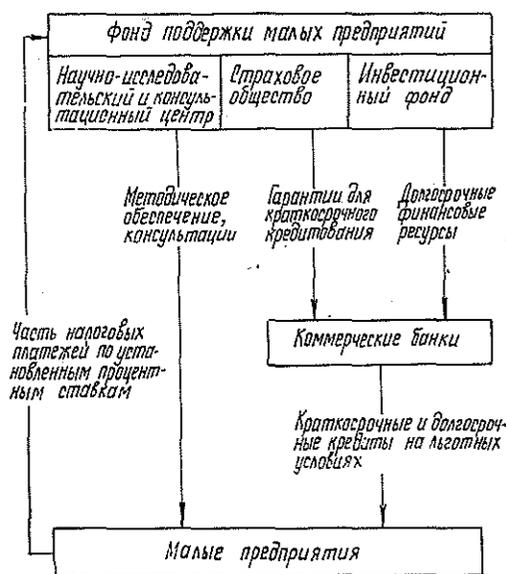
Банковский кредит может быть получен либо после обращения малого предприятия к СО за необходимой гарантией и соответствующего изучения материалов о производственно-хозяйственной деятельности предприятия (балансы, отчеты о финансовых результатах и др.), либо

если СО само рекомендует потенциальному клиенту получить ссуду и предприятие принимает предложенные условия. Функционирование СО, гарантирующего возврат банковской ссуды в срок и уплату необходимых процентов, позволило бы оказывать поддержку малым предприятиям через снижение ставки банковского процента на рынке краткосрочных ссудных капиталов.

Такое достоинство малых форм хозяйствования, как быстрая окупаемость затрат, позволяет считать их приоритетными объектами при инвестициях в производство и сферу услуг. Тем не менее, для долгосрочных инвестиций в наиболее перспективные сферы необходимо в рамках ФПМП создать инвестиционный фонд, занимающийся реализацией долгосрочных инвестиционных проектов.

Долгосрочные инвестиции в приоритетные направления развития малого бизнеса могут осуществляться в различных формах. Это, например, прямое финансирование либо через покупку права на долевое участие в собственности малых предприятий (покупка акций предприятия), либо через целевые займы в обмен на обязательство выплатить их в установленные долговременные сроки с льготным процентом. Однако прямое финансирование может привести к образованию монопольной структуры, объединяющей ряд малых предприятий. Поэтому для ИФ основной, если не единственной, формой инвестиций может стать косвенное финансирование малого бизнеса через финансовых посредников (в первую очередь коммерческие банки или специализированные компании). В этом случае ИФ предоставляет коммерческим банкам долгосрочные ресурсы для кредитования малого бизнеса на льготных условиях и следит за их распределением, а коммерческие банки контролируют использование этих ресурсов малыми предприятиями, получая установленный процент вознаграждения.

Таким образом, экономические отношения ФПМП с малым бизнесом можно представить в виде схемы. К ее достоинствам относится сравнительно несложный механизм организации ФПМП, который может выступать как автономный элемент рыночной экономики, получающий необходимые финансовые средства для реализации своих проектов в процессе хозяйственной деятельности. Однако ФПМП может быть и



государственной структурой, аккумулирующей часть налоговых платежей малых предприятий с последующим их размещением на льготных условиях в приоритетные направления малого бизнеса и оказывающей методические и консультационные услуги этой сфере. Эффективность функционирования подобной организации выражается в улучшении финансовых результатов хозяйственной деятельности малых предприятий и, как следствие, увеличении налоговых отчислений из этой сферы экономики.

Рассмотренная организационная структура ФПМП нацелена на оказание помощи малым формам хозяйствования, которые практически не имеют перспективы дальнейшего роста, но вместе с тем занимают устойчивые позиции на соответствующем рынке, где сформировались достаточно долговременные потребности в их продукции и услугах и имеются соответствующие производственные ресурсы. Финансированием малых предприятий, созданных для реализации научно-технических разработок и новых видов продукции, нацеленных на перспективу роста и получение в будущем значительной прибыли, должны заниматься специализированные инвестиционные фонды.

Предлагаемая схема рассчитана на переходный к рыночной экономике период. В последующем возможен переход на иные формы поддержки малых предприятий.

Поступила 15 сентября 1993 г.

УДК 378 (510)

## МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ ЛЕСНОГО ОБРАЗОВАНИЯ КИТАЯ

*ДУН ЧЖАОЦЗЮНЬ*

Институт экономики и управления при Северо-восточном лесохозяйственном университете (г. Харбин)

Стратегия развития лесного образования представляет собой долговременную программу, процесс разработки которой состоит из трех частей: анализ истории и настоящего состояния системы, прогнозирование, принятие решения.

Необходим комплексный анализ, включая выявление закономерностей исторического развития системы и прогнозирование будущего с учетом развития лесного хозяйства, финансирования, положения в стране.

Процесс развития интересующей нас системы зависит от политики, проводившейся в прошлом и настоящем времени и ожидаемой в будущем.

В данной статье автор посредством системной динамики имитирует разные варианты стратегии развития лесного образования Китая с учетом возможных направлений политики.

Развитие лесного образования зависит от ряда факторов: потребности общества в специалистах разного профиля и направленности знаний в зависимости от перспектив развития лесного хозяйства; уровня образования в настоящее время; возможностей его финансового обеспечения в связи с ростом затрат на подготовку квалифицированных специалистов и др.

Лесное образование финансируется из фонда развития лесохозяйственного производства. Система лесного образования, с одной стороны, способствует развитию производства, с другой — им ограничена. Соотношение между этими системами показано на примере рис. 1.

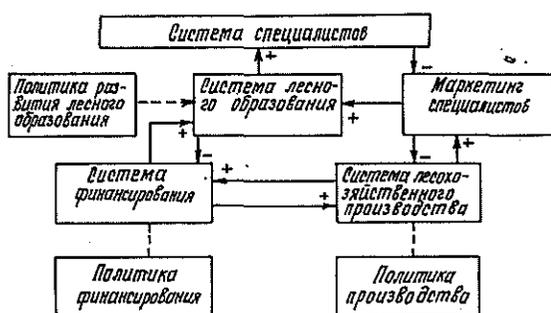


Рис. 1. Схема связей между системами

Из рисунка можно увидеть отношение системы лесного образования к его внешней среде и связи, названные нами путями обратного действия (ПОД). Эти ПОД могут быть положительными и отрицательными.

Первый ПОД — отрицательный — состоит из таких звеньев: система лесного образования  $\xrightarrow{+}$  система специалистов  $\xrightarrow{-}$  потребность рынка в специалистах  $\xrightarrow{+}$  система лесного образования. Этот путь выявил уменьшение потребности в специалистах и сокращение объема лесного образования, т. е. ключом развития последнего стала потребность общества в специалистах. Он ведет к стабилизации развития лесного образования.

Второй ПОД — также отрицательный — включает следующие звенья: система лесного образования  $\xrightarrow{-}$  система финансирования  $\xrightarrow{+}$  система производства  $\xrightarrow{+}$  потребность в специалистах  $\xrightarrow{+}$  система лесного образования. Такой путь показал необходимость финансирования лесного образования за счет снижения финансирования производства. При этом сокращается потребность в специалистах и, следовательно, ограничивается развитие лесного образования. При разработке финансовой политики нужно установить пропорцию между системами лесного образования и производства, необходимую для стимулирования развития обоих звеньев. Финансовая политика стала ключом развития образования. Этот путь вызывает стабилизацию развития лесного образования.

Третий ПОД — положительный — состоит из систем: производство  $\xrightarrow{+}$  финансирование  $\xrightarrow{+}$  производство. Он показал, что лесохозяйственное производство и финансирование способствуют друг другу, в частности важную роль играет политика регулирования структуры производства. Изменение этой политики воздействует на систему лесного образования (СЛО) и является ключом его развития.

Четвертый ПОД — отрицательный — включает системы: лесное образование  $\xrightarrow{-}$  финансирование  $\xrightarrow{+}$  лесное образование. Он характеризует отношение между системами лесного образования и финансирования.

Пятый ПОД — положительный — состоит из звеньев: система лесного образования  $\xrightarrow{+}$  система специалистов  $\xrightarrow{-}$  потребность в специалистах  $\xrightarrow{-}$  система производства  $\xrightarrow{+}$  система финансирования  $\xrightarrow{+}$  система лесного образования. Этот путь выявил закономерность, при которой развитие лесного образования приводит к росту потребности в специалистах и способствует развитию лесохозяйственного

производства, а через него — увеличению финансирования лесного образования.

Шестой ПОД — отрицательный — включает звенья: система производства → потребность в специалистах → система производства. Он выявил взаимодействие между потребностью в специалистах и лесохозяйственным производством.

По теории системной динамики положительный путь обратного действия показывает тенденцию увеличения системы, отрицательный — ее стабилизации. Динамический характер системы зависит от интенсивности ПОД. С ростом интенсивности положительного ПОД наблюдается тенденция увеличения динамического движения системы в целом, с уменьшением — его стабилизация.

Наша задача — изменить интенсивность различных путей, регулируя различные направления политики будущего, осуществить имитацию системы, выявить закономерности развития, выбрать направление политики и применить решение в соответствии с положением Китая.

Изложенное позволяет определить следующие исходные точки для разработки политики управления системой.

1. Ключом к развитию системы лесного образования является развитие рынка специалистов.

2. Разработка политики регулирования структуры производства представляет собой важный элемент при определении потребности в специалистах.

3. Важную роль играет пропорция между капиталовложениями в развитие лесного образования и широкое воспроизводство.

4. Развитие лесного образования тесно связано с ростом лесохозяйственного производства.

#### Анализ внутренней структуры лесного образования Китая

Система лесного образования Китая разделена на четыре уровня: 1) среднее специальное; 2) среднее; 3) высшее; 4) аспирантура. По форме различают повышение квалификации уже существующих кадров и специальное лесное образование (училища и институты), по содержанию — различные специальности. Для удобства анализа все специальности мы разделили на следующие группы: лесное хозяйство, лесозаготовки, обработка древесины, химическая переработка древесины, машиностроение и ремонт машин, строительство, экономика и управление, финансы и бухгалтерия, другие. Конструктивная система лесного образования представлена на рис. 2.

Цель системы лесного образования — удовлетворение потребности в специалистах на основе структуры рынка. Ее «ввод» — финансы, «вы-

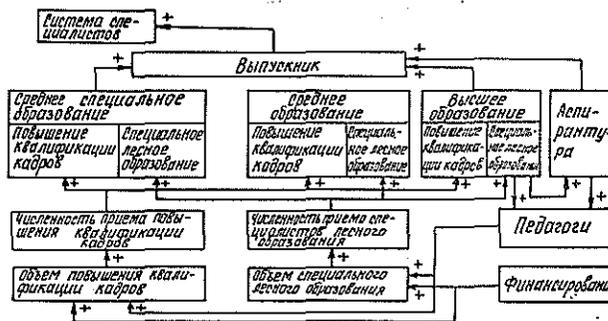


Рис. 2. Система лесного образования

ход» — специалисты разных уровней и специальностей. Система состоит из двух положительных ПОД:

1) численность приема по специальному лесному образованию  $\xrightarrow{+}$  число студентов  $\xrightarrow{+}$  число преподавателей  $\xrightarrow{+}$  объем специального лесного образования  $\xrightarrow{+}$  численность приема по специальному лесному образованию;

2) численность приема по специальному лесному образованию  $\xrightarrow{+}$  число студентов  $\xrightarrow{+}$  аспирантура  $\xrightarrow{+}$  число преподавателей  $\xrightarrow{+}$  объем по специальному лесному образованию  $\xrightarrow{+}$  численность приема по специальному лесному образованию.

В обоих путях число преподавателей занимает центральное место.

### Модель глобального развития лесного образования Китая

В структуре занятых в лесном хозяйстве специалистов существуют следующие недостатки.

1. Нерационален возрастной состав. Из-за влияния «культурной революции» в общей массе число взрослых специалистов (40...50 лет) недостаточно.

2. Преобладают специалисты без систематического специального образования.

3. Из-за нерационального определения уровня подготовки в учреждениях доля специалистов с высшим образованием больше, чем со средним.

4. Под действием старых методов управления экономикой уменьшилась подготовка по таким специальностям, как экономика и управление, внешняя торговля, рекреация леса, разработка биологических лекарственных препаратов, многохозяйственность и т. д., что не соответствует развитию лесохозяйственного производства в условиях рыночной экономики.

Для анализа влияния политических элементов на систему лесного образования и исследования динамической закономерности системы при изменении ее внешних и внутренних элементов мы создали модель глобального развития лесного образования, схема которой представлена на рис. 3 (программа на ЭВМ сокращена).

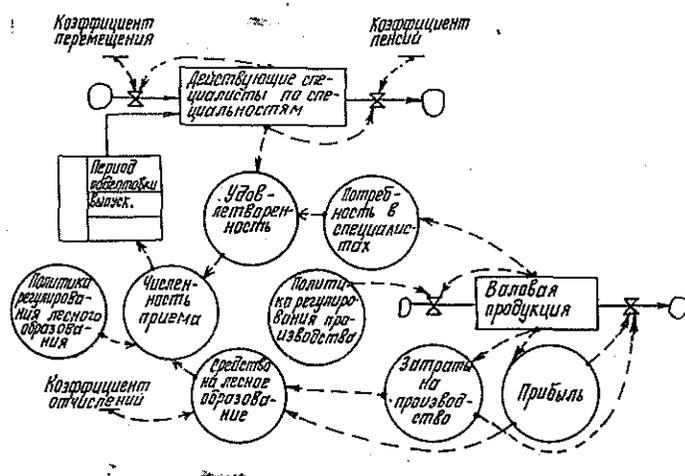


Рис. 3. Упрощенная схема модели глобального развития лесного образования

С помощью этой модели можно определить: влияние регулирования структуры производства на потребность в специалистах; изменение пропорции формирования средства на лесное образование, рост производства и численность приема; средства для своевременного удовлетворения потребности в специалистах; влияние регулирования структуры подготовки по уровням на существующее количество и структуру специалистов.

Для достижения изложенной цели мы исследовали несколько вариантов. Их анализ позволил сделать следующий вывод.

1. Изменение структуры производства, особенно объема выпуска лесопродукции, при постоянстве других элементов влияет на потребность в специалистах и структуру по специальностям. Например, если объем выпуска стабилизируется на уровне 65 млн м<sup>3</sup>, переработка древесины постепенно увеличится с 15 млн м<sup>3</sup> в 1990 г. до 25 млн м<sup>3</sup> в 2020 г., то потребность в специалистах возрастает с 372 тыс. человек в 1990 г. до 659 тыс. человек в 2020 г. Это результат перехода концентрации труда на концентрацию знаний.

2. Доля средств лесного образования в лесной чистой продукции не оказывает большого влияния на развитие лесохозяйственного производства, если ее уровень не превышает 5 %.

3. Своевременное удовлетворение потребности в специалистах привело бы к нестабильности развития системы лесного образования.

4. Структура подготовки должна соответствовать структуре потребности в специалистах. Необходимо постепенно изменить существующую структуру подготовки в сторону увеличения подготовки кадров по должностям.

5. Следует усилить подготовку специалистов со средним образованием и, может быть, изменить нерациональную структуру по уровням. Капиталовложения на среднее образование должны быть больше, чем на высшее.

Рассмотрим оптимальный, на наш взгляд, вариант.

В 1991—2000 гг. валовая продукция лесозаготовительной промышленности достигнет 10 млрд юаней и будет постепенно увеличиваться; валовая продукция деревообрабатывающей промышленности сначала составит 3,5 млрд юаней, а затем развитие ее сократится; валовая продукция многохозяйственности также будет постепенно развиваться; к 2020 г. все три доли продукции сравняются. Доля средств на лесное

Специальность	Потребность в специалистах по годам					Средний рост за год
	1990	1995	2000	2010	2020	
Лесное хозяйство:						
Лесоводство	132,944	164,010	194,232	213,142	228,168	1,88
Защита леса	119,105	127,396	148,139	158,463	169,342	1,22
Защита леса	7,006	17,545	22,071	26,844	29,371	5,07
Технология производства	4,883	12,978	16,863	19,798	20,586	5,09
Садоводство	1,950	6,091	7,159	8,037	8,869	6,11
Лесозаготовки	3,934	3,121	3,955	4,773	5,146	0,93
Обработка древесины	9,052	17,102	25,210	28,439	32,548	4,51
Химическая переработка древесины	2,337	6,851	8,341	8,957	9,156	4,82
Машиностроение и ремонт	24,447	33,456	38,319	40,751	45,326	2,15
Строительство	15,308	14,094	21,357	25,484	29,763	2,32
Экономика и управление	39,846	61,713	70,596	75,311	78,224	2,35
Финансы и бухгалтерия	34,817	41,025	46,117	50,112	57,523	1,75
Другие:	110,093	121,849	141,013	158,485	173,865	1,59
В том числе педагоги	89,387	92,966	110,940	124,851	136,248	1,46
<b>Итого</b>	<b>372,418</b>	<b>463,221</b>	<b>549,070</b>	<b>605,454</b>	<b>659,701</b>	<b>1,99</b>

образование — 34 % от чистой продукции; капиталовложения на среднее образование — 47 %, высшее — 53 %, в том числе на подготовку должностных кадров — 30 %.

Данные, полученные нами для этого варианта, представлены в таблице.

Результаты нашего исследования нашли применение в разработке системы лесного образования Китая.

---

Поступила 30 марта 1993 г.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 630\*232.315.3 : 581.132

**ВОЗДЕЙСТВИЕ  
ПРЕДПОСЕВНОЙ СОЛЕВОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН  
НА ФОТОСИНТЕЗ ВСХОДОВ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ**

*А. В. ВЕРЕТЕННИКОВ*

Воронежский лесотехнический институт

Значительное распространение засоленных малопродуктивных почв вызвало необходимость в исследованиях степени солеустойчивости растений, в том числе древесных. Большое внимание уделялось и разработке способов, повышающих устойчивость растений к вредному воздействию избытка солей в почве [5, 6]. Этим и обусловлен наш интерес к работам подобного рода\*.

Среда выращивания	Предпосевная обработка	ПСФ семядолей, мг CO <sub>2</sub> /(г·ч), в возрасте всходов, сут				ПСФ первичных листьев, мг CO <sub>2</sub> /(г·ч), в возрасте всходов 21 сут	
		7		21		M ± m	t
		M ± m	t	M ± m	t		
Средна обыкновенная							
Раствор Кюппа	Вода	54,0 ± 1,80	—	91,1 ± 1,98	—	—	—
	В-Г, моль/л:						
	0,3	52,1 ± 1,63	0,8	87,5 ± 1,35	1,5	—	—
	1	44,8 ± 0,82	4,6	81,7 ± 1,13	4,1	—	—
	NaCl, моль/л:						
	0,3	51,0 ± 2,37	1,0	84,9 ± 1,63	2,4	—	—
	1	38,5 ± 2,08	5,6	73,0 ± 2,13	6,2	—	—
В-Г, моль/л: 0,025	Вода	49,2 ± 2,20	—	45,1 ± 1,29	—	—	—
	В-Г, моль/л:						
	0,3	48,2 ± 1,44	0,4	41,9 ± 2,16	1,3	—	—
	1	40,1 ± 2,51	2,7	35,9 ± 2,44	3,3	—	—
	NaCl, моль/л:						
	0,3	47,3 ± 2,34	0,6	38,3 ± 0,97	4,2	—	—
	1	37,9 ± 1,71	4,1	28,2 ± 0,42	12,4	—	—
0,05	Вода	35,8 ± 1,68	—	42,2 ± 2,65	—	—	—
	В-Г, моль/л:						
	0,3	44,2 ± 1,85	3,4	41,1 ± 1,96	0,3	—	—
	1	37,7 ± 1,44	0,9	37,9 ± 1,62	1,4	—	—
	NaCl, моль/л:						
	0,3	40,4 ± 1,34	2,1	33,0 ± 1,97	2,8	—	—
	1	33,1 ± 2,12	1,0	27,5 ± 2,96	3,7	—	—
Вода	Вода	58,1 ± 2,14	—	83,2 ± 1,52	—	—	—
	В-Г, моль/л:						
	0,3	55,6 ± 2,39	0,8	78,9 ± 2,31	1,6	—	—
	1	50,6 ± 1,14	3,1	75,3 ± 1,68	3,5	—	—
	NaCl, моль/л:						
	0,3	52,9 ± 1,76	1,8	74,1 ± 1,27	4,6	—	—
	1	45,9 ± 1,76	4,4	62,9 ± 2,67	6,6	—	—

\* В проведении опытов принял участие аспирант Эмад Эль Дин Тавфик.

Продолжение таблицы

Среда выращивания	Предпосевная обработка	ПСФ семядолей, мг CO <sub>2</sub> /(г · ч), в возрасте всходов, сут				ПСФ первичных листьев, мг CO <sub>2</sub> /(г · ч), в возрасте всходов 21 сут	
		7		21		M ± m	t
		M ± m	t	M ± m	t		
Акация белая							
Раствор Кюпа	Вода	63,1 ± 0,97	—	141,0 ± 1,69	—	185,4 ± 0,52	—
	В-Г, моль/л:						
	0,3	75,4 ± 0,75	10,0	153,5 ± 0,73	6,8	218,9 ± 1,21	25,4
	1	58,5 ± 0,45	4,3	81,6 ± 0,80	31,8	111,6 ± 1,27	53,9
	NaCl, моль/л:						
	0,3	63,0 ± 0,40	0,1	120,0 ± 1,45	9,1	196,0 ± 0,76	11,5
	1	58,2 ± 0,45	4,5	62,9 ± 1,29	36,7	94,0 ± 0,76	99,3
В-Г, моль/л:	Вода	50,6 ± 1,11	—	69,9 ± 1,16	—	98,2 ± 0,75	—
	В-Г, моль/л:						
	0,3	55,7 ± 0,96	3,5	72,8 ± 1,01	1,9	101,0 ± 1,01	2,2
	1	50,5 ± 0,58	0,1	59,2 ± 1,46	5,8	70,0 ± 1,04	22,0
	NaCl, моль/л:						
	0,3	47,5 ± 0,61	2,4	60,8 ± 1,25	5,3	79,5 ± 1,04	14,6
	1	43,4 ± 0,72	5,5	59,5 ± 0,79	7,4	64,2 ± 0,61	35,1
0,05	Вода	61,9 ± 0,85	—	67,2 ± 0,63	—	104,3 ± 0,91	—
	В-Г, моль/л:						
	0,3	72,0 ± 0,53	9,7	88,7 ± 0,73	22,4	117,1 ± 1,47	7,4
	1	70,2 ± 1,64	4,5	75,7 ± 0,97	7,3	87,7 ± 1,02	12,1
	NaCl, моль/л:						
	0,3	63,4 ± 0,29	1,2	73,7 ± 1,02	5,4	98,2 ± 1,51	3,5
	1	53,7 ± 0,91	6,6	65,2 ± 1,80	1,0	66,6 ± 1,57	20,8
0,1	Вода	42,7 ± 0,48	—	52,9 ± 0,94	—	81,1 ± 0,73	—
	В-Г, моль/л:						
	0,3	48,2 ± 1,46	3,6	70,7 ± 0,80	14,5	88,2 ± 1,16	3,8
	1	38,4 ± 0,87	4,3	46,7 ± 1,14	4,2	54,1 ± 0,78	25,2
	NaCl, моль/л:						
	0,3	42,4 ± 0,33	0,5	50,7 ± 1,20	1,4	61,5 ± 1,04	15,4
	1	29,8 ± 0,82	13,6	34,5 ± 0,93	13,9	46,8 ± 0,76	37,2
Вода	Вода	51,5 ± 1,37	—	62,2 ± 0,72	—	103,0 ± 0,95	—
	В-Г, моль/л:						
	0,3	51,8 ± 1,66	0,1	73,0 ± 0,90	9,4	114,8 ± 1,37	7,1
	1	41,8 ± 0,96	5,8	47,5 ± 1,10	11,2	57,5 ± 1,05	32,0
	NaCl, моль/л:						
	0,3	36,5 ± 0,73	9,7	47,8 ± 0,81	13,3	68,5 ± 1,04	24,5
	1	34,6 ± 0,67	11,0	43,7 ± 0,90	16,1	53,1 ± 1,11	34,2

Объектами исследований служили семена сосны обыкновенной и акации белой. Их предпосевную обработку проводили по методу П. А. Генкеля [2] с некоторыми модификациями. Семена в течение суток замачивали в воде, а затем на 1,5 ч помещали в чашки Петри в уравновешенные растворы Вант-Гоффа (В-Г) молярной концентрации 0,3 и 1 моль/л и поваренной соли. После этого семена подсушивали и повторно замачивали в тех же растворах при той же экспозиции. Семена контрольного варианта замачивали в воде. В дальнейшем семена контрольного и опытных вариантов оставляли до наклевывания в растворах В-Г молярной концентрации 0,025, 0,05 и 0,1 моль/л, в воде и растворе Кюпа половинной концентрации. Указанные растворы и воду использовали при выращивании всходов в песчаной культуре. Определение потенциальной скорости фотосинтеза (ПСФ) ассимиляционных частей всходов и другие методические приемы описаны нами ранее [1].

Результаты исследований ПСФ семядолей всходов сосны обыкновенной показаны в таблице.

Как видим, все концентрации растворов В-Г и поваренной соли, использованные для предпосевной обработки семян, привели к снижению ПСФ семядолей всходов сосны обыкновенной. Резко уменьшилась фотосинтетическая активность семядолей при обработке семян наиболее концентрированными растворами В-Г и особенно поваренной соли. По сравнению с контрольным вариантом эти различия вполне достоверны. Обработка семян растворами В-Г концентрацией 0,3 моль/л также привела к снижению ПСФ, но различия эти по сравнению с контролем оказались недостоверными. Отмечена лишь тенденция снижения ПСФ под воздействием указанной предпосевной обработки. Полив всходов засоляющими растворами В-Г усиливал вредное воздействие предпосевной обработки наиболее концентрированными растворами. При поливе раствором В-Г концентрацией 0,1 моль/л проросшие семена сосны обыкновенной даже не укоренились и вскоре погибли.

Совершенно противоположные результаты получены при исследовании ПСФ семядолей и первичных листьев всходов акации белой (см. таблицу). Предпосевная обработка ее семян растворами В-Г концентрацией 0,3 моль/л во всех случаях привела к достоверной стимуляции процесса фотосинтеза как семядолей, так и первичных листьев всходов по сравнению с контролем. Предпосевное намачивание семян в растворе поваренной соли концентрацией 0,3 моль/л или не отразилось на значении ПСФ, или привело к его снижению, а 1 моль/л — только к резкому ингибированию процесса фотосинтеза. Полив раствором В-Г концентрацией 1 моль/л также отрицательно сказался на фотосинтезе всходов, 0,05 моль/л — достоверно положительно.

Можно предположить, что стимуляция фотосинтеза связана с ионами хлора, имеющими большое значение в работе донорной окислительно-восстановительной системы хлоропластов, участвующей в процессе фотолиза воды [3, 4]. Вместе с тем сосна обыкновенная реагировала на солевую обработку отрицательно, что, вероятно, можно объяснить ее меньшей пластичностью из-за более древнего происхождения по сравнению с листовыми древесными растениями.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Веретенников А. В., Эмад Эль Дин Тавфик. Влияние засоления субстрата на фотосинтетическую активность всходов древесных растений // Лесн. журн.— 1992.— № 3.— С. 26—29.— (Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Генкель П. А. Солеустойчивость растений и пути ее направленного повышения.— М.: Изд-во АН СССР, 1954.— 84 с. [3]. Гудвин Г., Марсер Э. Введение в биохимию растений.— М.: Мир, 1986.— Т. 1.— 392 с. [4]. Гэлстон А., Девис П., Сэттер Р. Жизнь зеленого растения.— М.: Мир, 1983.— 550 с. [5]. Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям.— Л.: ВИР, 1988.— 229 с. [6]. Методы оценки устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды.— Л.: Колос, 1976.— 318 с.

УДК 547.422.22

## О ТЕРМИЧЕСКОМ РАСПАДЕ ЭТИЛЕНГЛИКОЛЯ

И. Я. КИСЕЛЕВ

С.-Петербургская лесотехническая академия

Реакции этиленгликоля  $\text{CH}_2\text{OH} - \text{CH}_2\text{OH}$  в основном аналогичны реакциям алканолов, при этом превращения осуществляются в одной или обеих гидроксильных группах. Этиленгликоль легко окисляется неорганическими окислителями до гликолевой или щавелевой кислоты, а также до конечных продуктов  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ . Известен метод каталитического окисления этиленгликоля до глиоксала. При нагревании с кислотами этиленгликоль образует циклический эфир — диоксан, с органическими кислотами — сложные эфиры [2].

Этиленгликоль используют главным образом для получения полимеров, растворителей, антифризов и др.

Цель данной работы — исследовать растворы, содержащие этиленгликоль и доказать возможность протекания реакции распада с образованием формальдегида  $\text{CH}_2\text{O}$ .

Водные растворы этиленгликоля, объемом 25 мл подвергали термической обработке в запаянных стеклянных ампулах. После обработки содержание формальдегида в анализируемом растворе определяли фотометрическим методом. Для этого в пробирку с 5 мл раствора этиленгликоля вносили по 2,5 мл 20 %-го раствора ацетата аммония и 0,4 %-го раствора ацетилацетона. Пробирку с раствором, неплотно закрытую пробкой, нагревали на кипящей водяной бане в течение 10 мин. В присутствии формальдегида раствор окрашивается в желтый цвет продуктом конденсации.

После охлаждения проводили фотометрирование на колориметре фотоэлектрическом КФК-2МП в кювете толщиной 1 см с синим светофильтром (длина волны  $\lambda = 400$  нм). Раствор сравнения содержал 5 мл дистиллированной воды и по 2,5 мл ацетата аммония и ацетилацетона. При этом оптическая плотность раствора не должна превышать значения 0,45, что соответствует концентрации формальдегида 2,55 мг/л [1]. Если концентрация формальдегида оказывалась выше, то анализируемый раствор разбавляли и определение оптической плотности повторяли.

Для расчета концентрации формальдегида в растворе (ммоль/л) использовали математическое выражение закона Бугера — Ламберта — Бера [4]:

$$D = \varepsilon Cl,$$

где  $D$  — оптическая плотность;

$\varepsilon$  — миллимолярный коэффициент поглощения формальдегида,

$$\varepsilon = (5,3 \pm 0,1) \text{ ммоль}^{-1} \cdot \text{л} \cdot \text{см}^{-1};$$

$C$  — концентрация формальдегида, ммоль/л;

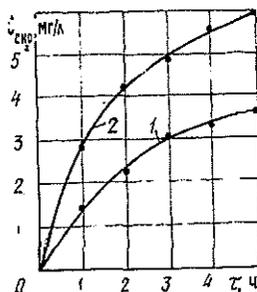
$l$  — толщина поглощающего слоя,  $l = 1$  см.

Для определения концентрации формальдегида в мг/л (мкг/мл) применяли коэффициент пересчета, равный 30. Следует отметить, что формальдегид в водных растворах при малых концентрациях образует устойчивый моногидрат [3].

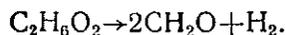
Обработанные результаты представлены на рисунке ( $\tau$  — продолжительность реакции).

Из приведенного рисунка видно, что при температуре 100 °С в течение 5 ч образуется до 3,65 мг/л формальдегида. При повышении температуры до 115 °С концентрация формальдегида за то же время увеличивается до 5,8 мг/л.

Кинетические кривые накопления формальдегида в 0,5 М водном растворе этиленгликоля при температуре 100 (1) и 115 °С (2)



Вероятно, образование формальдегида обусловлено химической реакцией распада активных молекул этиленгликоля. Реакция может протекать необратимо по механизму перегруппировки атомов и химических связей:



На скорость этой реакции оказывает влияние состав и строение молекул этиленгликоля.

Графическим способом были определены значения констант скорости реакции распада этиленгликоля для температуры 100 и 115 °С. По уравнению Аррениуса с использованием полученных данных рассчитана эффективная энергия активации реакции,  $E_a = (103 \pm 7)$  кДж/моль.

Полученное значение энергии активации характерно для эндотермических процессов. Очень медленно эта реакция протекает и при комнатной температуре.

Для подтверждения полученных нами результатов был проведен анализ антифриза Тосол-40 (ТУ 6-02-751—86, выпуск — февраль 1993 г.) через месяц после его приготовления. Концентрация формальдегида в антифризе оказалась равной 9,15 мг/л.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Комарова Е. Е., Рошмаков Б. В., Васильев В. В. Определение выделяемого из древесностружечных плит формальдегида фотоколориметрическим методом с использованием ацетилацетона // Плиты и фанера: Экспресс-инф.— М., 1987.— № 12.— С. 16—19. [2]. Нейланд О. Я. Органическая химия.— М.: Высш. шк., 1990.— 751 с. [3]. Огородников С. К. Формальдегид.— Л.; Химия, 1984.— 271 с. [4]. Практикум по физико-химическим методам анализа / Под ред. О. М. Петрухина.— М.: Химия, 1987.— 248 с.

## ИСТОРИЯ НАУКИ

УДК 630\*902

## УЧЕНЫЙ, ПЕДАГОГ, ОБЩЕСТВЕННЫЙ ДЕЯТЕЛЬ

К 90-летию со дня рождения В. З. Гулисашвили  
(1903—1979)

6 мая 1993 г. исполнилось бы 90 лет со дня рождения выдающегося лесоведа, эколога и геоботаника, академика АН Грузии, заслуженного деятеля науки, профессора, доктора сельскохозяйственных наук, почетного члена Всесоюзного ботанического общества Василия Захаровича Гулисашвили.

В. З. Гулисашвили был признанным ученым в СССР и за рубежом. В Грузии он руководил разработкой проблем горного лесоведения и лесоводства, являясь крупным знатоком природы Кавказа. Его научная деятельность включала исследования в области лесоведения, геоботаники, экологии древесных растений, почвоведения, географии растений и пр.

В. З. Гулисашвили родился в Кахетии в семье писателя и педагога. Гимназию закончил в Тбилиси. Высшее образование получил в Ленинграде в лесотехнической академии, где закончил два факультета: в 1926 г.— химической технологии древесины, а в 1930 г.— лесохозяйственный.

Научную работу В. З. Гулисашвили начал еще со студенческой скамьи в С.-Петербурге под руководством проф. В. В. Гумана. В Лесотехнической академии он написал монографию «Вегетативное размножение осины». В дальнейшем В. З. Гулисашвили пошел по стопам известного русского лесоведа акад. В. Н. Сукачева, создавшего школу лесной биогеоценологии. В 30-х гг. Василий Захарович возвратился в Грузию и до конца жизни работал в Тбилиси, вначале в Закавказском институте лесного хозяйства, а затем в течение 10 лет заведующим ботаническим садом АН Грузии. Одновременно он занял должность заведующего кафедрой общего лесоводства во вновь открывшемся в Тбилиси сельскохозяйственном институте.

В 1935 г. В. З. Гулисашвили защитил в Ленинградской лесотехнической академии диссертацию на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук по генезису лесных субальпийских почв. В 1944 г. избран членом-корреспондентом АН Грузии, а в 1945 г.— ее действительным членом.

В 1945 г. по инициативе В. З. Гулисашвили был создан Тбилисский институт леса, который он возглавлял почти 35 лет.

Велика роль Тбилисского института леса в разработке научных проблем горного лесоводства. В. З. Гулисашвили содействовал развитию лесной биогеоценологии в горных условиях Кавказа и стремился перевести лесостроительство на новую экологическую основу, что существенно повышает не только защитную, но и экономическую роль горных лесов. Институт неоднократно давал рекомендации по ведению лесного хозяйства в отдельных лесхозах Грузии, главным образом через Лесостроительное предприятие. За время работы В. З. Гулисашвили в Тбилисском институте леса было издано более 30 томов трудов института, в которых отражены все стороны лесной науки, включая биогеоценоло-

гию, физиологию и анатомию растений. Кроме того, под руководством и редакцией В. З. Гулисашвили издан ряд крупных монографий, в том числе «Дендрофлора Кавказа» в шести томах. В ней отражены морфология, систематика, экология, ареалы и хозяйственное значение не только дикорастущих деревьев и кустарников Кавказа, но и интродуцированных во всех ботанических садах Кавказа с указанием степени возможного массового лесоразведения в соответствующих географических регионах. Этот труд стал настольной книгой каждого лесоведа и ботаника Кавказа.

Перу В. З. Гулисашвили принадлежит около 120 научных работ, в том числе 15 монографий и учебников. Среди них учебник для студентов лесных вузов «Горное лесоводство». Заслуживают внимания монографии «Природные зоны и естественноисторические области Кавказа», «Саванны-редколесья», «Растительность Кавказа». В первой даны принципиально новая схема деления Кавказа на 14 естественноисторических областей, подробная характеристика особенностей их климата, растительности и пр., зональная поясность господствующих древесных пород. В монографии «Саванны-редколесья» убедительно доказана необходимость выделения природной зоны аридных редколесий, приравненная автором к лесостепи южного типа и представляющая подобие северной субтропической саванны.

Василий Захарович был неутомимым путешественником по Кавказу, совершил ряд экспедиций главным образом в геоботанических целях, а также для определения влияния антропогенного фактора на состояние лесов различных формаций. По его инициативе создано несколько заповедников в Грузии.

В. З. Гулисашвили подготовил около 40 кандидатов и ряд докторов наук.

Помимо активного участия в общественной и научной жизни в родной Грузии, В. З. Гулисашвили был членом редколлегии журнала «Лесоведение», участником многочисленных мировых конгрессов по вопросам лесного хозяйства и лесной биоэкологии.

Страстный защитник природы и неутомимый исследователь, В. З. Гулисашвили останется на долгие годы в памяти знавших его людей, как широко образованный, интеллигентный, обаятельный человек, прекрасный собеседник, добрый, гостеприимный хозяин.

Э. Д. Лобжанидзе, Л. Б. Махатадзе

Институт горного лесоводства АН Грузии

УДК 630\*902

**ВЛАДИМИР НИКОЛАЕВИЧ ЛЮБИМЕНКО —  
ПИТОМЕЦ ПЕТЕРБУРГСКОГО ЛЕСНОГО ИНСТИТУТА  
(к 120-летию со дня рождения)**

Петербургский лесной институт, старейшее учебное и научное учреждение России, широкую известность и признание получил благодаря достижениям в развитии не только лесоведения и лесоводства, но и их теоретической основы — ботаники. Успехи последней в значительной степени были определены еще в конце XIX — начале XX вв. деятельностью И. П. Бородин (1847—1930 гг.), его учеников и сотрудников по кафедре (Л. А. Иванов, Н. А. Максимов, Н. А. Монтеверде, В. Н. Сукачев, В. А. Траншель).

В их числе был Владимир Николаевич Любименко (1873—1937 гг.), ученый с мировым именем, плодотворно работавший в различных обла-

стях науки о растениях — физиологии, биохимии, цитологии, флористики, лесоведения. В этом самобытном исследователе сочетался талант экспериментатора и тонкого наблюдателя природы, натуралиста со склонностью к обобщениям, анализу данных о процессах жизнедеятельности растений, их адаптаций с точки зрения эволюции. Он способствовал формированию экологического и эволюционного направлений в физиологии растений как конкретными исследованиями, так и разработкой теории вопроса — определения сущности направлений, их задач, основополагающих принципов.

В. Н. Любименко действительно поддерживал идеи и начинания В. И. Вернадского и А. С. Фаминцына по изучению и сохранению природных ресурсов России. Он явился сподвижником Н. И. Вавилова в развитии прикладной ботаники, исследовании функциональной активности растений на основе целостности в различных ботанико-географических зонах.

В. Н. Любименко родился 17 (5) января 1873 г. в с. Вейделевке (ныне Белгородской области) в семье служащего. Первоначальное воспитание и образование получил дома и в уездном училище в Новом Осколе. В 1892 г. он закончил Харьковское земледельческое училище, некоторое время работал агрономом на Полтавщине. В 1894 г. приехал в Петербург и стал студентом лесного института, который закончил в 1898 г. с золотой медалью, присужденной ему за работу «Об отложении кристаллов щавелевокислого кальция в органах цветка» (1900 г.). В 1902 г. В. Н. Любименко закончил еще Петербургский университет, пройдя курс вольнослушателем на физико-математическом факультете и специализируясь в области науки о растениях. Это дало ему право занять место ассистента и начать преподавание на кафедре ботаники в Петербургском лесном институте.

Выйдя из социальной среды, далекой от науки, воспитанный в труде и постоянной помощи ближним, В. Н. Любименко в годы учебы и становления личности впитал идеи, лучшие устои и традиции того окружения, которые царили среди петербургских ботаников благодаря деятельности И. П. Бородина, М. С. Воронина, В. И. Палладина, А. С. Фаминцына.

Именно Лесной институт в Петербурге открыл ему путь в науку, создав прекрасные условия для совершенствования знаний, командировав его в лучшие ботанические лаборатории Европы — в Германию к Э. Страсбургеру и во Францию к Г. Боннье.

Служебная деятельность В. Н. Любименко протекала сначала в Крыму в Никитском ботаническом саду (1908—1913 гг.), в последующем в Петербурге в Ботаническом саду (1914—1937 гг.).

В 1910 г. в Петербургском университете он защитил диссертацию на тему «Содержание хлорофилла в хлорофилловом зерне и энергия фотосинтеза» на степень магистра ботаники, в 1917 г. там же — докторскую диссертацию «О превращениях пигментов пластид в живой ткани растения».

В 1927 г. В. Н. Любименко был избран членом-корреспондентом Академии наук СССР, в 1929 г. — действительным членом Академии наук Украины.

В. Н. Любименко создал научные школы ботаников-физиологов в России и на Украине. С научной целью он посетил многие страны, в Австралии, Новой Зеландии, на острове Ява изучал тропические растения.

В. Н. Любименко развивал учение Ч. Дарвина, однако не был его ортодоксальным последователем. Общебиологические взгляды ученого нередко вызывали критику современников, находились в центре дискуссий. Лишь сравнительно недавно были выяснены спорные моменты [8].

В русле эволюционных идей — изучение растительных организмов разного уровня филогенетического развития — им выполнена основная серия исследований, посвященная фотосинтезу и его аппарату.

Пигменты ученый изучал в нескольких направлениях. Одно из них затрагивало проблему их биосинтеза, другое — вопрос о состоянии хлорофилла в хлоропластах. Выполнена огромная работа по количественному учету хлорофилла в связи с фотосинтезом у растений разных широт от Мурманска до о. Ява. Установлены географические закономерности в процессе накопления хлорофилла, показано наличие светового порога для фотосинтеза, выявлены специфические отличия в использовании при фотосинтезе отдельных участков спектра. Результаты работ В. Н. Любименко по хлорофиллу и фотосинтезу получили признание у ботаников и развиваются его последователями.

Он был приглашен к участию в организации и работе IV Международного ботанического конгресса в США (г. Итака), где в 1926 г. выступил с основополагающим докладом «О хлорофилле и генезисе фотосинтетического аппарата растения».

В. Н. Любименко был первым ученым не только в России, но и за рубежом, который после К. А. Тимирязева обратился к разработке концепции возникновения и эволюции фотосинтеза, указал на филогенетическую связь процессов хемосинтеза и фотосинтеза [6].

К циклу исследований воздушного питания растений его привели занятия в области лесоводства. В начале творческого пути он совершил ряд экскурсий флористического плана в леса различных губерний России [1—3]. Вслед за В. И. Талиевым он исследовал влияние на флору антропогенного фактора. Ученый анализировал видовой состав растений на вырубках, выяснял характер смены растительных форм, рассмотрел понятие «сорная растительность», высказал свой взгляд на сущность растительного сообщества. В. Н. Любименко проводил опыты по акклиматизации древесных и кустарниковых пород в связи с облесением степей [5].

Он заострил внимание на проблеме светолюбия и теневыносливости древесных пород, в связи с чем предпринял специальные углубленные исследования пигментов и самой функции фотосинтеза.

В. Н. Любименко экспериментально доказал, что введение в научный оборот таких экологических понятий, как светолюбие и теневыносливость растений, имеет под собой объективное основание и существенно как в теоретическом, так и практическом планах. Обобщая и анализируя итоги изучения фотосинтеза теневыносливых и светолюбивых пород, он установил, что различие между ними состоит в способности накапливать большее или меньшее количество хлорофилла в хлоропласте. Именно эту способность он оценил как адаптацию к разнообразным условиям освещения в природе [4].

Работы В. Н. Любименко публиковались на украинском, немецком и французском языках. Его знаменитый «Курс общей ботаники» (1923), по отзыву И. П. Бородина всеобъемлющий и оригинальный, своего рода энциклопедия ботанических знаний, был переведен на французский язык и издан в 1927 г. в Париже. Широкую известность получили его монографии «Биология растений. Анализ приспособительной деятельности растений» (1924), «Материя и растения» (1924), совместно с В. А. Бриллиант «Окраска растений» (1924), «Фотосинтез и хемосинтез в растительном мире» (1935).

Многие работы В. Н. Любименко были опубликованы на страницах «Лесного журнала» [7]. Основанный в начале 70-х гг. XIX столетия, журнал способствовал распространению в русском обществе лесохозяйственных знаний, укреплению духовных связей людей. На протяжении первого десятилетия XX в. в осуществлении этой задачи заметная роль

принадлежала В. Н. Любименко. Его рефераты и критические статьи общеприкладного и лесохозяйственного плана давали информацию, представляли собой живой отклик на новые идеи, методы, факты, распространяли эколого-физиологические данные о растениях в среде лесоводов.

Жизнь, научная и просветительская деятельность В. Н. Любименко достойны изучения и подражания.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Любименко В. Н. Заметка о флористических экскурсиях в Нижегородской и Пензенской губерниях // Тр. Бот. сада Юрьевского ун-та.— 1902.— Т. 3, вып. 2.— С. 73—83. [2]. Любименко В. Н. К вопросу о сорной растительности сплошных вырубок // Сельск. хоз-во и лесоводство.— 1902.— Т. 205, № 5.— С. 290—341. [3]. Любименко В. Н. О флористических экскурсиях в окрестностях Друскеник // Тр. Бот. сада Юрьевского ун-та.— 1904. Т. 5, вып. 1.— С. 1—17. [4]. Любименко В. Н. О чувствительности хлорофиллоносного аппарата светолюбивых и теневыносливых растений // Лесн. журн.— 1905.— Вып. 8.— С. 1269—1281; Вып. 9.— С. 1435—1449. [5]. Любименко В. Н. Опыты акклиматизации различных пород деревьев и кустарников в Мариупольском лесничестве Екатеринославской губернии // Зап. Никит. сада.— 1911.— Вып. 4.— С. 124—130. [6]. Любименко В. Н. Фотосинтез и хемосинтез в растительном мире.— М.; Л.: Сельхозгиз, 1935.— 321 с. [7]. Любименко В. Н. Избранные труды.— В 2-х т.— Киев, 1963.— Т. 1.— С. 29—613; Т. 2.— С. 3—681. [8]. Манойленко К. В. Развитие эволюционного направления в физиологии растений.— Л.: Наука, 1974.— 254 с.

К. В. Манойленко

С.-Петербургский филиал  
Института истории естествознания  
и техники РАН

## НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

УДК 061.3 : 630\*81

ДВАДЦАТАЯ СЕССИЯ  
КООРДИНАЦИОННОГО СОВЕТА ПО ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЮ

С 18 по 20 октября 1993 г. в Воронежском лесотехническом институте состоялась очередная, юбилейная, сессия Координационного совета по современным проблемам древесиноведения.

В 1966 г. в Московском лесотехническом институте проходило совещание научно-технической общественности, рассмотревшее состояние и перспективы развития древесиноведения в СССР, а также наметившее меры по совершенствованию форм организации и координации научно-исследовательских работ в этой области. Во исполнение решений совещания в мае 1968 г. в г. Красноярске в Институте леса и древесины им. В. Н. Сукачева СО АН СССР (ИЛиД) под руководством акад. А. Б. Жукова состоялась конференция, в которой приняли участие ведущие древесиноведы страны. Конференция рекомендовала учредить при ИЛиД Координационный совет по современным проблемам древесиноведения, председателем был назначен проф. Б. С. Чудинов.

Первая сессия Координационного совета состоялась в 1969 г. в Красноярске, последующие проходили в Москве (МЛТИ, 1970 г.; ЦНИИБ, 1971 г.), Свердловске (УЛТИ, 1972 г.), Воронеже (ВЛТИ, 1973 г.), Красноярске (ИЛиД, 1975 г., 1987 г.), Брянске (БТИ, 1975 г.), Тбилиси (НИИгорлес, 1979 г.), Львове (ЛЛТИ, 1977 г.), Петрозаводске (ИЛ КФ АН СССР, 1978 г.), Риге (ИХД АН ЛССР, 1979 г.), Йошкар-Оле (МарПИ, 1980 г.), Воронеже (ВЛТИ, 1981 г.), Ленинграде (ЛТА, 1983 г.), Таллине (ТПИ, 1984 г.), Архангельске (ЦНИИМОД, 1985 г.), Львове (ЛЛТИ, 1986 г.), Алма-Ате (СХИ, 1988 г.).

За указанный период были проведены также три всесоюзных конференции по древесиноведению (Минск, 1971 г.; Воронеж, 1981 г.; Красноярск, 1987 г.) с участием профессоров В. Е. Вихрова, В. А. Баженова, В. Е. Москалевой, А. А. Яценко-Хмелевского, Б. С. Чудинова, О. И. Полубояринова, А. Я. Любавской, В. П. Рябчука, Э. Д. Лобжанидзе, И. А. Алексеева, Н. И. Федорова, В. В. Панфилова и др. Многие молодые участники этих конференций (А. М. Боровиков, З. Е. Брянцева, И. С. Винтонив, С. Ю. Казанская и др.) стали впоследствии известными учеными.

В 1990 г. решением Государственного комитета по науке и технике Координационный совет был передан в ведение Научного совета по проблеме «Комплексное использование и воспроизводство древесных ресурсов» и начал функционировать при МЛТИ под председательством автора настоящего сообщения. Совету было поручено координировать научно-исследовательские работы по следующим направлениям: анатомия древесины; влияние экологических, селекционно-генетических и лесохозяйственных факторов на формирование строения и свойств древесины и коры; физико-технические свойства древесины; древесиноведческие основы квалитметрии лесоматериалов; стандартизация методов испытаний древесины.

В ноябре 1990 г. в МЛТИ состоялась сессия Координационного совета, в рамках которой проведен симпозиум «Строение, свойства и ка-

чество древесины» с участием ученых из Англии, Швеции, Польши, Чехословакии, Болгарии. Пленарное заседание открыл академик ВАСХНИЛ И. С. Мелехов. На симпозиуме было представлено более 70 докладов, по результатам работы издан сборник трудов, получивший достаточно широкую известность в научных кругах. Сборник трудов хранится в библиотеке ИЮФРО, а краткая аннотация опубликована в бюллетене ИЮФРО-Ньюс № 1—2 за 1992 г.

Осенью 1991 г. состоялся визит президента Международной академии древесиноведения (ИАВС) Т. Хигучи (Япония) в Москву, во время которого были обсуждены история развития, направления и результаты деятельности Координационного совета. Признано целесообразным функционирование Совета под эгидой ИАВС.

В ноябре 1991 г. сессия проходила в Лесотехнической академии (г. С.-Петербург). Она была посвящена 100-летию со дня рождения выдающегося отечественного древесиноведа Л. М. Перельгина.

На Воронежской сессии 1993 г., собравшей более 30 участников, были заслушаны следующие доклады и сообщения: «Использование ЯМР при изучении древесины дуба, пораженного морозом» и «Древесиноведческие исследования в МарПИ» (И. А. Алексеев и В. И. Пчелин, МарПИ); «Термо- и электродинамические задачи в СВЧ-сушке и связанные с ними физические характеристики древесины» (А. Л. Гутман, ВЛТИ); «Пироэлектрические свойства целлюлозы при фазовых переходах кристалл — кристалл» (Н. Н. Матвеев, ВЛТИ); «Система бесконтактного контроля качества древесины и древесных материалов» (В. Н. Кулижников, ТомПУ); «Программа исследований по селекции на декоративность древесины пород России» (А. Я. Любавская, МГУЛ); «Термомеханические исследования молекулярно-массовых характеристик биополимеров древесины» (С. С. Черников, ИХД РАН в Черноголовке); «Древесина как объект селекции» (В. К. Ширнин, ЦНИИГиС); «Размерно-качественная характеристика пиловочного сырья европейской части РФ» (Л. С. Лозовая, ВЛТИ); «Разработка технологических режимов камерной сушки круглых лесоматериалов сосны» (А. Н. Чернышов, ВЛТИ); «Использование методов микроскопии в исследованиях целлюлозных и бумажных материалов» (З. Е. Брянцева, ЦНИИБ); «О перспективах исследований свойств древесины, зараженной радионуклидами» (В. П. Поляков, БТУ); «Фотометрический анализатор древесины» (Т. А. Макарьева, АО щипковых инструментов г. С.-Петербурга); «Современные тенденции развития древесиноведения», «Древесиноведческая подготовка в системе высшего образования Великобритании» (Б. Н. Уголев, МГУЛ).

Были приняты решения о развитии отдельных направлений древесиноведения, создании многоязычного словаря специальных терминов, сообщена информация о новых отечественных и зарубежных приборах для проведения исследований.

Сессия показала, что Совет продолжает оставаться важным координационно-информационным центром, объединяющим усилия ученых в различных областях древесиноведения.

Очередную сессию намечено провести в 1994 г. в Брянске.

**Б. Н. Уголев**

Московский государственный университет леса

УДК 061.3 : 630\*

## МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ЛЕС, ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА И НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СЕВЕРНОЙ ЕВРОПЕ»

С 20 по 23 сентября 1993 г. в Петрозаводске проходила Международная конференция «Лес, окружающая среда и новые технологии в Северной Европе». Ее организаторами выступили Петрозаводский государственный университет и университет г. Йюенсу (Финляндия).

На конференцию прибыли около 100 ученых и 50 специалистов, в том числе свыше 60 участников из 11 стран Европы (Финляндия, Швеция, Норвегия, Великобритания, Польша и др.) и Канады.

Обсужден широкий круг проблем, связанных с лесной средой и системой организации и управления лесным хозяйством. Было представлено 60 докладов, из них 28 — зарубежными учеными, по пяти направлениям: повышение продуктивности лесов; сравнение и развитие методов лесинвентаризации; новые технологии в лесозаготовках; лес и окружающая среда; обучение и образование. В докладах отмечено, что леса могут в значительной мере способствовать решению текущих экономических проблем в ряде стран. При этом должен быть исключен экологический риск, связанный с интенсивным ведением лесного хозяйства.

В заключении конференции указано, что в соответствии с заявлением о принципах лесоведения и конвенцией по проблемам биологического разнообразия, принятых на конференции ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро в 1992 г., а также резолюциями конференции министров «Защита лесов в Европе», состоявшейся в Хельсинки в 1993 г., ученые и специалисты обращают внимание соответствующих органов управления, научных и производственных организаций на то, что для гарантирования экономически эффективной и экологически надежной организации управления лесными ресурсами необходимы:

1) интеграция научного потенциала заинтересованных стран в решении проблем леса, окружающей среды и новых технологий. В этой связи конференция рекомендовала научным и производственным организациям, высшим учебным заведениям внести свои предложения по формированию Международной научной программы «Лес, окружающая среда и новые технологии в Северной Европе». Петрозаводскому университету и университету Йюенсу поручено обобщить эти предложения. Проекты программ представить в соответствующие правительственные организации своих стран;

2) приведение в соответствие с общеевропейскими требованиями и правилами законодательной базы соответствующих регионов с учетом их особенностей;

3) интеграция финансовых и интеллектуальных ресурсов разных стран для разработки и внедрения сберегающих технологий в лесном комплексе соответствующих регионов, рациональное использование лесных ресурсов в целях наиболее полного удовлетворения потребностей населения. Один из механизмов реализации этой интеграции — дальнейшее развитие инфраструктуры совместных предприятий, инвестирование средств, развитие кооперации на основе взаимных интересов;

4) совместная подготовка специалистов на базе современных достижений лесной науки.

Признано целесообразным проводить подобные конференции один раз в три — четыре года поочередно в заинтересованных странах.

В. Н. Васильев, А. В. Питухин

Петрозаводский государственный университет

## КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

УДК [630\*161.4 + 630\*18] (049.3)

**КНИГА О ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВАХ  
ПРОДУКЦИОННОГО ПРОЦЕССА В СОСНЯКАХ  
СРЕДНЕЙ ПОДЗОНЫ ТАЙГИ**

Коллектив сотрудников отдела лесобиологических проблем и лаборатории экологической физиологии древесных растений Института биологии Коми НЦ УрО РАН опубликовал в 1992 г. монографию Эколого-физиологические основы продуктивности сосновых лесов Европейского Северо-Востока (Под ред. К. С. Бобковой.— Сыктывкар, 1992.— 174 с.).

Эта книга является итогом многолетних комплексных стационарных исследований сосняков средней подзоны тайги европейской части страны. В ней приведены сведения о природных условиях района исследований и объектах изучения, охарактеризованы радиационный, тепловой, водный и ветровой режимы основных типов леса сосновых биогеоценозов. Достаточно подробно изложены экспериментальные материалы о почвенной экологии исследованных объектов, в том числе химических свойствах торфяно-подзолисто-глееватых иллювиально-гумусовых почв сосняков-черничников свежих и влажных, черничника сфагнового, динамике температурного и водного режимов почвы, содержании кислорода в почвенной воде и некоторых других параметрах. Из анализа представленных экспериментальных материалов сделан вывод, что ризосфера почвы исследованных сосняков отличается высокой кислотностью, мало насыщена основаниями, бедна основными элементами минерального питания, содержит много алюминия и железа.

Большой и оригинальный материал приведен в главе о фотосинтетической активности ассимиляционных органов сосны, где проанализированы содержание пластидных пигментов в хвое сосны в онтогенетическом аспекте, фотосинтез хвой разного возраста и в различных частях кроны дерева, а также внелистных органов (макростробилы, кора и древесина побегов). Потенциальная скорость фотосинтеза хвой сосны рассмотрена в зависимости от напряженности основных экологических факторов и лесорастительных условий, в частности от освещенности, температуры, влажности воздуха и почвы, некоторых других факторов.

В главе о водном режиме сосны приведены данные о транспирационной способности хвой, оводненности и водном дефиците ее в суточной и сезонной динамике, в связи с возрастом и положением в кроне дерева, сосущей силе хвой в динамике. В книге читатель найдет также сведения о размерах листового индекса в исследованных сосновых лесах и всасывающей поверхности корневых систем сосны.

Весьма оригинальны экспериментальные данные о круговороте азота и зольных элементов в сосновых биогеоценозах, опаде органической массы в сосняках. Существенное внимание уделено пространственной структуре сосновых биогеоценозов и выявлению роли отдельных биогоризонтов и хвой разного возраста в продуцировании органической массы.

Заключение содержит анализ и обобщение всех экспериментальных материалов в сопоставлении с имеющейся научной информацией по данному научному направлению. Эти данные послужат эколого-физиологической основой повышения продуктивности и устойчивости сосняков путем ряда лесохозяйственных и мелiorативных мероприятий.

Хотелось бы пожелать трудолюбивому авторскому коллективу отдела и лаборатории: в теоретическом плане — создать модели биопродукционного процесса в сосняках средней подзоны тайги, а в утилитарном — использовать научный материал для разработки более конкретных практических рекомендаций в целях повышения продуктивности и устойчивости сосняков изучаемого региона.

Воронежский лесотехнический институт

А. В. Веретенников

## ЮБИЛЕИ

## ЮРИЮ МИХАЙЛОВИЧУ СТАХИЕВУ — 60 ЛЕТ

19 февраля 1994 г. исполнилось 60 лет ведущему научному сотруднику ЦНИИМОДа Юрию Михайловичу Стахиеву.

Юрий Михайлович родился в семье врача в г. Конотопе Черниговской области. Жизнь и война заставили семью переехать в Липецк, затем в Караганду, а в 1945 г. в Оршу. Окончив с отличием Ленинградскую лесотехническую академию в 1956 г., Ю. М. Стахиев работал техником, главным механиком и главным технологом лесозавода в Энгельсе. С этого времени он начал интересоваться проблемами устойчивости круглых пил. В 1960 г. Юрий Михайлович поступил в аспирантуру ЦНИИМОДа, где учился под руководством проф. А. Э. Грубе. В 1964 г. после успешной защиты кандидатской диссертации он стал заведующим лабораторией резания древесины и инструментов ЦНИИМОДа.

Ю. М. Стахиев — автор двух монографий, имеет 300 научных работ и более 60 изобретений. Среди них узел резания с «плавающими» круглыми пилами, измерительные приборы для контроля качества подготовки круглых пил. Многие из этих приборов экспонировались на международных выставках. Его труды знакомы специалистам Европы и Америки. Трудовые заслуги Юрия Михайловича и его вклад в науку отмечены орденом Дружбы народов, рядом медалей.

Коллеги, благодарные ученики и друзья поздравляют Юрия Михайловича с юбилеем, желают доброго здоровья, бодрости, физических и духовных сил, дальнейших творческих успехов.

Коллективы ЦНИИМОДа,  
факультета механической обработки древесины  
Архангельского лесотехнического института,  
Редакция «Лесного журнала»

## НЕКРОЛОГИ

## ПЕТР ИОСИФОВИЧ ВОЙЧАЛЬ

Совсем недавно (№ 6 за 1992 г.) мы поздравляли Петра Иосифовича с 90-летием. И вот его не стало: он скончался 24 июля 1993 г.

Немного найдется среди нас людей, чья деятельность была бы столь разнообразна и плодотворна.

Петр Иосифович родился в 1903 г. в семье лесничего и всю жизнь свою посвятил лесу. Только однажды ему пришлось расстаться с любимым делом: на фронтах Великой Отечественной он был командиром взвода, роты, начальником штаба батальона. Кавалер орденов Красной Звезды и Отечественной войны, многих медалей он был в числе наиболее уважаемых ветеранов в Архангельском лесотехническом институте.

А долгий трудовой путь Петра Иосифовича может служить примером. Он работал таксатором, плановиком в леспромхозе, а с 1933 г. он в Архангельском лесотехническом институте: ассистентом, старшим преподавателем, доцентом. Был деканом, начальником учебного отдела и НИСа. С возобновления выпуска «Лесного журнала» в 1958 г. и до 1970 г. П. И. Войчаль — заместитель ответственного редактора. Связь с журналом он сохранил и выйдя на пенсию: давал рецензии, делился опытом.

В памяти всех, кто знал Петра Иосифовича, он останется как настоящий эрудит, человек высокой культуры труда и преданности делу. Он был одним из последних представителей поколения старых интеллигентов, у которых нынешние профессора, доценты, инженеры лесного хозяйства учились не только профессии, но и гражданственности, культуре.

Светлую память о Петре Иосифовиче Войчале мы сохраним навсегда!

Ректорат, деканат лесохозяйственного факультета  
и совет ветеранов Архангельского лесотехнического института,  
редколлегия и редакция «Лесного журнала»

## СОДЕРЖАНИЕ

### ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

<i>А. С. Тихонов.</i> Некоторые черты смены хвойно-широколиственных лесов ольхой черной . . . . .	3
<i>Л. Ф. Ипагов.</i> Кедр сибирский на Соловецких островах . . . . .	7
<i>А. Н. Громцев, В. Е. Голубев.</i> Использование ландшафтной основы при лесоустройстве . . . . .	11
<i>А. В. Лебедев, Э. А. Иванова.</i> Патология деревьев лиственницы в древостоях учебного назначения . . . . .	14
<i>В. В. Тренин, И. Т. Кищенко.</i> Мейоз и развитие пыльцы у ели в условиях интродукции . . . . .	19
<i>Ю. М. Дебринюк.</i> Структура продуктивности древостоев Украинского Расточья . . . . .	22
<i>В. В. Беллев.</i> Влияние стартовой подкормки минеральными удобрениями на состояние и рост лесных культур . . . . .	26
<i>С. С. Штукин.</i> Влияние густоты культур и длительного применения минеральных удобрений на рост ветвей и образование пороков формы ствола у сосны обыкновенной . . . . .	30
<i>Л. Д. Кузнецова, Е. А. Кузнецова.</i> Стимуляция укоренения стеблевых черенков монохроматическим красным светом . . . . .	34
<i>А. Н. Мартынов, А. Н. Красновидов, И. Ю. Корчунова.</i> Перспективы применения мотоделтапланов при охране леса от пожаров . . . . .	37
<i>Н. В. Костин, В. В. Животовский, В. Ф. Иванов.</i> Моделирование производительности еловых насаждений в связи с механическим составом почвы, уровнем и уклоном грунтовых вод . . . . .	40
<i>Н. И. Казимиров.</i> Экологическая продуктивность лесных биогеоценозов . . . . .	44

### ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

<i>В. И. Варава.</i> Оптимизация нелинейного трения в подвесе транспортных машин . . . . .	51
<i>С. И. Морозов, А. П. Елисеев.</i> Износ концов рельсов на лесовозных УЖД . . . . .	54
<i>А. В. Жуков, А. Р. Горюновский, Л. М. Лукерчик, Д. В. Клоков, А. А. Соколан.</i> Оценка плавности хода транспортно-погрузочных колесных лесных машин . . . . .	57
<i>А. К. Леонтьев.</i> Анализ состояния вопроса по исследованию процессов аэродинамического взаимодействия древостоя с окружающей средой . . . . .	62
<i>Д. Г. Шимкович.</i> Об оптимальных углах обхвата дерева рычагами захватного устройства . . . . .	67
<i>В. Е. Сергутин.</i> О скорости речного потока . . . . .	69
<i>В. П. Стуков.</i> К вопросу о применении клееной древесины в мостовых конструкциях . . . . .	73
<i>А. М. Кочнев.</i> Методика и математические модели оценки взаимодействия колесных трелевочных тракторов с волоком . . . . .	77

### МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

<i>Р. Е. Калитеевский.</i> Состояние и перспективы лесопиления России . . . . .	86
<i>Ю. М. Стахив.</i> О поведении вращающегося диска пилы, прокованного до за- критического состояния . . . . .	90
<i>Ю. Ф. Чернышев.</i> Опыт применения прессованной древесины лиственницы си- бирской в узлах трения машин цементной промышленности . . . . .	93
<i>Е. Б. Рюмина, Г. Б. Успенская, Б. А. Кабаков.</i> Обеспечение надежности элемен- тов деревянных конструкций на стадии их изготовления . . . . .	96
<i>В. Н. Волинский.</i> Сравнение физико-механических показателей древесины . . . . .	100
<i>С. В. Ершов.</i> О критических частотах вращения нагретых в центральной зоне круглых пил . . . . .	103
<i>С. М. Плотников.</i> Древесностружечные плиты с асимметричной структурой для горизонтальных несущих элементов . . . . .	108
<i>Ю. А. Варфоломеев, Л. Г. Шаповалова.</i> Прочность древесины при длительной эксплуатации в памятниках архитектуры . . . . .	110

### ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

<i>А. А. Эльберт, И. А. Гамова, С. Н. Вьюнков.</i> Получение древесных плит с ис- пользованием модифицированного растворимого стекла . . . . .	115
<i>О. В. Гинтер, О. М. Соколов, Т. Г. Шестакова, О. П. Яценко.</i> Исследование	

воздухововлекающей способности комплексных химических добавок на основе ЛСТ в цементных системах . . . . .	118
<i>Л. А. Миловидова, Г. В. Комарова, Г. А. Иванова, Л. А. Смирнова.</i> Влияние введения диоксида хлора при хлорировании на показатели сульфатной лиственной целлюлозы . . . . .	122
<i>И. С. Гелес, И. В. Ермаков, Г. М. Левкина, Т. Е. Крутова.</i> Ольха черная и возможности использования ее древесины в целлюлозно-бумажном производстве . . . . .	125
<i>В. И. Комаров, Я. В. Казаков.</i> Определение времени релаксации напряжения целлюлозно-бумажных материалов из статических кривых $\sigma - \varepsilon$ при деформировании и нагружении с постоянной скоростью . . . . .	130
<i>В. И. Комаров, Я. В. Казаков.</i> Расчет коэффициента Пуассона при испытании на растяжение целлюлозно-бумажных материалов . . . . .	133
<i>В. А. Диевский, А. В. Буров.</i> Диффузионная модель кинетики органосольвентной варки . . . . .	136
<i>В. Г. Латыш, А. И. Чернодубов.</i> О влиянии растительного сырья сосны черной австрийской на состав эфирного масла . . . . .	140
<i>С. А. Паюсов, А. И. Орехова, А. М. Халемский, Т. М. Шерстобитова.</i> Эвристическое получение уравнения прикладной кинетики для реакций химического гидролиза . . . . .	144
<i>С. А. Паюсов, А. И. Орехова, А. М. Халемский, Т. М. Шерстобитова.</i> Обнаруженные активационных барьеров в некоторых реакциях гидролиза . . . . .	150
<i>Г. Л. Емпилло, Г. И. Чижов.</i> Проклейка бумаги в слабощелочной среде с использованием сульфата алюминия в качестве коагулянта . . . . .	158
<b>ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА</b>	
<i>Е. С. Романов.</i> Уточненная методика расчета эффективного фонда времени . . . . .	162
<i>И. М. Сияжквич, Е. В. Врублевская.</i> Возмещение экологического ущерба как элемент платности лесопользования . . . . .	166
<i>А. Н. Панютин, Н. В. Мельникова.</i> Направления совершенствования хозяйственной деятельности малых предприятий . . . . .	169
<i>Дун Чжаоцзюнь.</i> Методика разработки стратегии развития лесного образования Китая . . . . .	172
<b>КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ</b>	
<i>А. В. Веретенников.</i> Воздействие предпосевной солевой обработки семян на фотосинтез всходов древесных растений . . . . .	178
<i>И. Я. Кисилев.</i> О термическом распаде этиленгликоля . . . . .	180
<b>ИСТОРИЯ НАУКИ</b>	
<i>Э. Д. Лобжанидзе, Л. Б. Махатадзе.</i> Ученый, педагог, общественный деятель. К 90-летию со дня рождения В. З. Гулисашвили (1903—1979) . . . . .	183
<i>К. В. Манойленко.</i> Владимир Николаевич Любименко — питомец Петербургского лесного института (к 120-летию со дня рождения) . . . . .	184
<b>НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ</b>	
<i>Б. Н. Уголев.</i> Двадцатая сессия Координационного совета по древесноведению . . . . .	188
<i>В. Н. Васильев, А. В. Пигухин.</i> Международная конференция «Лес, окружающая среда и новые технологии в Северной Европе» . . . . .	190
<b>КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ</b>	
<i>А. В. Веретенников.</i> Книга о теоретических основах производственного процесса в сосняках средней подзоны тайги . . . . .	191
<b>ЮБИЛЕИ</b>	
<i>Коллективы ЦНИИМОДа, факультета механической обработки древесины Архангельского лесотехнического института, редакция «Лесного журнала».</i> Юрию Михайловичу Стахиву — 60 лет . . . . .	192
<b>НЕКРОЛОГИ</b>	
<i>Ректорат, деканат лесохозяйственного факультета и совет ветеранов Архангельского лесотехнического института, редколлегия и редакция «Лесного журнала».</i> Петр Иосифович Войчаль . . . . .	193
Рефераты . . . . .	198
Указатель статей, помещенных в «Лесном журнале» в 1993 г. . . . .	205

## CONTENTS

### FORESTRY

A. S. <i>Tikhonov</i> . Some Features of Coniferous-Broadleaved Forest Change for Black Alder . . . . .	3
L. F. <i>Ipatov</i> . Siberian Stone Pine on the Solovets Isles . . . . .	7
A. N. <i>Gromtsev</i> , V. E. <i>Golubev</i> . Landscape Basis Use in Forest Organization . . . . .	11
A. V. <i>Lebedev</i> , E. A. <i>Ivanova</i> . Pathology of Spruce Trees in Stands for Study Purposes	14
V. V. <i>Trenin</i> , I. T. <i>Kishchenko</i> . Meiosis and Spruce Blossom Dust Development under Conditions of Introduction . . . . .	19
Yu. M. <i>Debrinyuk</i> . Structure of stand productivity in Ukrainian Rastochoye . . . . .	22
V. V. <i>Belyaev</i> . Influence of Starting Mineral Fertilizers Dressing on Conditions and Growth of Forest Artificial Stands . . . . .	26
S. S. <i>Shtukin</i> . Influence of Stands Density and Continuous Application of Fertilizers on Common Pine Branches Growth and Formation of its Stem Defects . . . . .	30
L. D. <i>Kuznetsova</i> , E. A. <i>Kuznetsova</i> . Monochromatic Red Light Stimulation of Footstalk Graft Rooting . . . . .	34
A. N. <i>Martynov</i> , A. N. <i>Krasnovidov</i> , I. Yu. <i>Korchunova</i> . The Outlook for Motor-deltaplane Use in Forest Protection against Fires . . . . .	37
N. V. <i>Kostin</i> , V. V. <i>Zhivotovskii</i> , V. F. <i>Ivanov</i> . Modelling of Spruce Plantations Productivity with Reference to Mechanical Soil Composition, Level and Fall of Subsoil Waters . . . . .	40
N. I. <i>Kazimirov</i> . Ecological Productivity of Forest Biogeocenosis . . . . .	44

### WOODEXPLOITATION

V. I. <i>Varava</i> . Optimization of Nonlinear Friction in the Suspension of Transport Machines . . . . .	51
S. I. <i>Morozov</i> , A. I. <i>Eliseev</i> . Wear of Rails Ends on Narrow Gauge Forest Railways	54
A. V. <i>Zhukov</i> , A. R. <i>Goronovskii</i> , L. M. <i>Lukerchik</i> , D. V. <i>Klokov</i> , A. A. <i>Sokoldan</i> . Evaluation of Smoothness Motion of Transport-Loading Wheeled Machines . . . . .	57
A. K. <i>Leont'ev</i> . Analysis of Problem State on Research into Aerodynamic Tree Stand-Environment Relationship . . . . .	62
D. G. <i>Shimkovitch</i> . On Optimum Angles of Tree Grabbing by Take-in Device Levers	67
V. E. <i>Sergutin</i> . On River Stream Speed . . . . .	69
V. P. <i>Stukov</i> . On Problem of Laminated Wood Use in Bridge Constructions . . . . .	73
A. M. <i>Kochnev</i> . Methods and Mathematical Estimation Models of Interaction between Wheeled Extraction Tractors and Skidder Track . . . . .	77

### MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOOD SCIENCE

R. E. <i>Kaliteevskii</i> . State and Prospects for Sawmilling in Russia . . . . .	86
Yu. M. <i>Stakhiev</i> . On Performance of Rotary Saw Disc Forged to Overcritical Stressed Condition . . . . .	90
Yu. F. <i>Chernyshev</i> . Usage Experience of Siberian Larch Compressed Wood in Friction Units of Cement Manufacture Machines . . . . .	93
E. B. <i>Ryumina</i> , G. B. <i>Uspenskaya</i> , B. A. <i>Kabakov</i> . Wooden Structure Member Reliability Support at the Stage of Prefabrication . . . . .	96
V. N. <i>Volynskii</i> . Comparison of Physico-Mechanical Indices of Domestic and American Wood Species . . . . .	100
S. V. <i>Ersloy</i> . On Critical Rotational Speed of Circular Saws Heated in the Central Zone . . . . .	103
S. M. <i>Plotnikov</i> . Asymmetric Structure Particleboards for Horizontal Bearing Elements	108
Yu. A. <i>Yarfolomeev</i> , L. G. <i>Shapovalova</i> . Investigations into Wood Strength when Durably Used in Architectural Monuments . . . . .	110

## CHEMICAL TECHNOLOGY OF WOOD

A. A. Elbert, I. A. Gamova, S. N. V'yunkov. Using Modified Soluable Glass in Manufacturing Wood Panels . . . . .	115
O. V. Ginter, O. M. Sokolov, T. G. Shestakova, O. P. Yatsenko. Investigation into Air-Entrainment Property of Complex Chemical Additives on the Basis of LST Cement Systems . . . . .	118
L. A. Milovidova, G. V. Komarova, G. A. Ivanova, L. A. Smirnova. Effect of Chlorine Dioxide Introducing in the Process of Chloridizing on Sulphate Hardwood Pulp Indices . . . . .	122
I. S. Geles, I. V. Ermafov, G. M. Levkina, T. E. Krutova. European Alder and Possibilities of its Wood Utilization in Pulp and Paper Production . . . . .	125
V. I. Komarov, Ya. V. Kazakov. Determination of Tension Relaxation Time ( $\tau$ ) of Pulp & Paper Materials by Static Curves " $\delta$ - $\epsilon$ " at Deforming and Loading at Constant Rate . . . . .	130
V. I. Komarov, Ya. V. Kazakov. Poisson Coefficient Calculation ( $\nu$ ) by Tension Testing of Pulp & Paper Materials . . . . .	133
V. A. Dievskii, A. V. Burov. Diffusion Kinetics Model of Organosolvent Cooking . . . . .	136
V. G. Latysh, A. I. Chernodubov. On Influence of Austrian Black Pine Plant Raw Material on Ether Oil Composition . . . . .	140
S. A. Payusov, A. I. Orekhova, A. M. Khalemsky, T. M. Sherstobitova. Heuristic obtaining of equation of applied kinetics for chemical hydrolysis reactions . . . . .	144
S. A. Payusov, A. I. Orekhova, A. M. Khalemsky, T. M. Sherstobitova. Identification of Activation Barriers in Certain Reactions of Hydrolysis . . . . .	150
G. L. Yempilo, G. I. Chizhov. Paper Sizing in Weak Alkaline Medium with the Use of Sulphate of Aluminium as a Coagulant . . . . .	158

## ECONOMICS AND MANAGEMENT

E. S. Romanov. Refined Calculation Methods of Effective Time Fund . . . . .	162
I. M. Sinyakevitch, E. V. Vrublevskaya. Compensation for Ecological Damages as Element of Paid Forest Utilization . . . . .	166
A. N. Panyutin, N. V. Mel'nikova. Lines of Economic Improvement Activity of Small Businesses . . . . .	169
Dun Chzhaoztzun. Methods of Development Strategy of Forest Education in China . . . . .	172

## SUMMARIES AND EXCHANGE OF EXPERIENCE

A. V. Veretennikov. Influence of Presowing Seed Salt Treatment on Photosynthesis of Woody Plants Seedlings . . . . .	178
I. Ya. Kiselyov. Thermal Decomposition of Ethylene Glycol . . . . .	180

## HISTORY OF SCIENCE

E. D. Lobzhanidze, L. B. Makhutadze. Scientist, Teacher, Public Figure. To the 90th Birthday of V. Z. Gulisashvili (1903 - 1979) . . . . .	183
K. V. Manoilenko. Vladimir N. Lyubimenko - a Pupil of St.-Petersburg Forest Institute To the 120th Birthday . . . . .	184

## SCIENTIFIC AND LEARNED CONFERENCES

V. N. Ugolev. Anniversary Session of Coordinating Council on Woodscience . . . . .	188
V. N. Vasilyev, A. V. Pitukhin. International Conference "Forest, Environment and Modern Technologies in Northern Europe" . . . . .	190

## CRITIQUE AND BIBLIOGRAPHY

A. V. Veretennikov. Book on Theoretical Background of Producing Process in Pine Forests of Middle Taiga Subzone . . . . .	191
---	-----

## JUBILEES

Staff of CSRIMWT, Faculty of Mechanical Wood Treatment, "Lesnoi Zhurnal". Yury M. Stakhiev - 60 years old . . . . .	192
---	-----

## OBITUARIES

<i>Rector, Dean of Forestry Faculty and Veteran's Council of Arkhangelsk Forestry &amp; Engineering Institute, Editorial Board and Editorial Staff of "Lesnoi Zhurnal". Petr I. Voychal</i> . . . . .	193
Précis . . . . .	198
Index of Articles Published in "Lesnoi Zhurnal" in 1993 . . . . .	205

## РЕФЕРАТЫ

УДК 630\*182.2

Некоторые черты смены хвойно-широколиственных лесов ольхой черной. ТИХОНОВ А. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 5—6, с. 3—6.

Рассмотрен процесс смены хвойно-широколиственных лесов ольхой черной в результате сплошных рубок и повышения влажности почвы. В наибольшей степени он распространен в травяной группе типов леса даже при создании культур ели. Табл. 1. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 630\*561:674.032.15 (470.1)

Кедр сибирский на Соловецких островах. ИПАТОВ Л. Ф. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 5—6, с. 7—11.

Подведены итоги изучения роста старых и молодых посадок кедра сибирского на Соловецких островах, дана их количественная и качественная характеристика. Отмечены успешное естественное возобновление от старых посадок и повреждения кедра человеком. Табл. 2. Библиогр. список: 10 назв.

УДК 630\*62:911.62 (470.22)

Использование ландшафтной основы при лесоустройстве. ГРОМЦЕВ А. Н., ГОЛУБЕВ В. Е. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 5—6, с. 11—14.

Изложены основные итоги исследований лесного покрова различных типов таежного ландшафта Карелии. Обоснована целесообразность использования ландшафтной основы при инвентаризации лесов. На конкретных примерах рассмотрена возможность реализации системы структурных единиц ландшафта в системе лесоустроительных категорий. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 630\*453

Патология деревьев лиственницы в древостое учебного назначения. ЛЕБЕДЕВ А. В., ИВАНОВА Э. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 5—6, с. 14—19.

Рассмотрены результаты изучения патологии деревьев лиственницы в типичных древостоях средней подзоны тайги. Приведены видовой состав и характеристика деятельности дереворазрушающих грибов и стволовых насекомых в древостоях с преобладанием лиственницы. Определено влияние интенсивности учебного лесопользования на состояние и устойчивость древостоев. Табл. 1. Библиогр. список: 12 назв.

УДК 581.331.2:58.036:582.475.2(470.22)

Мейоз и развитие пыльцы у ели в условиях интродукции. ТРЕНИН В. В., КИЩЕНКО И. Т. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журнал., 1993, № 5—6, с. 19—22.

Установлены сроки прохождения отдельных стадий в развитии пыльцы у ели колючей и канадской. Показана связь микробиологических явлений с суммой эффективных температур. Выявлено опережение сроков мейоза местной ели европейской по сравнению с интродуцированной елью колючей. Табл. 1. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 630\*548

Структура продуктивности древостоев Украинского Расточья. ДЕБРИНСК Ю. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 5—6, с. 22—25.

Исследовано распространение суборей на территории Расточья, рассмотрена структура продуктивности древостоев суборейных типов леса, определена их фактическая и потенциальная продуктивность. Рассчитаны объемы

недополученной древесины. Приведен перечень мероприятий, способствующих повышению продуктивности насаждений средней и слабой группы роста. Табл. 3. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 630\*425

Влияние стартовой подкормки минеральными удобрениями на состояние и рост лесных культур. БЕЛЯЕВ В. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 5—6, с. 26—30.

Показана эффективность стартовой подкормки культур сосны и ели минеральными удобрениями, особенно в сочетании с использованием селекционно улучшенного посадочного материала. Табл. 3. Библиогр. список: 9 назв.

УДК 630\*237.4

Влияние густоты культур и длительного применения минеральных удобрений на рост ветвей и образование пороков формы ствола у сосны обыкновенной. ШТУКИН С. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 5—6, с. 30—33.

Изучены особенности роста изреженных сосновых культур от 8- до 23-летнего их возраста. Рассмотрены варианты с применением удобрений и гербицидов. Табл. 3. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 58.035:631.535

Стимуляция укоренения стеблевых черенков монохроматическим красным светом. КУЗНЕЦОВА Л. Д., КУЗНЕЦОВА Е. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 5—6, с. 34—37.

Изучено влияние лазерного облучения на развитие стеблевых черенков древесных растений. В ряде случаев отмечено повышение их жизнеспособности. Проведено исследование укоренившихся черенков физическими методами. Ил. 2. Табл. 1. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 630\*432.31

Перспективы применения мотодельтапланов при охране леса от пожаров. МАРТЫНОВ А. Н., КРАСНОВИДОВ А. Н., КОРЧУНОВА И. Ю. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 5—6, с. 37—39.

Дана сравнительная оценка стоимости обслуживания патрульного маршрута самолетом АН-2 и мотодельтапланом Т-2 при одинаковой вероятности обнаружения лесного пожара и оптимальном расписании полетов. Ил. 2. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 630\*114.14:582.475.2.001.57

Моделирование производительности еловых насаждений в связи с механическим составом почвы, уровнем и уклоном грунтовых вод. КОСТИН Н. В., ЖИВОТОВСКИЙ В. В., ИВАНОВ В. Ф. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 5—6, с. 40—43.

Методом структурно-экологических рядов насаждений выявлена и математически описана зависимость средней высоты 50-летних ельников от содержания в почве физической глины при разной глубине залегания грунтовых вод. Ил. 2. Табл. 1. Библиогр. список: 12 назв.

УДК 630\*18:630\*522.3

Экологическая продуктивность лесных биоценозов. КАЗИМИРОВ Н. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 5—6, с. 44—50.

Рассмотрены вопросы о количественных показателях структурной организации и функционирования лесов. Показана зависимость интенсивности обмена веществ и роста насаж-

дений от климатических и почвенно-гидрологических условий. Предложена идея по использованию описаний типов леса и математической модели экологической продуктивности насаждений для составления кадастра лесных земель. Ил. 2. Библиогр. список: 12 назв.

УДК 630\*:629.114.2

Оптимизация нелинейного трения в подвесе транспортных машин. ВАРАВА В. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 5—6, с. 51—54.

Методом статистической линеаризации выявлены оптимальные параметры нелинейного трения в стохастической рессорной системе транспортных машин. Проанализированы полученные расчетные выражения параметров диссипации. Ил. 1. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 625.143-2

Износ концов рельсов на лесовозных УЖД. МОРОЗОВ С. И., ЕЛИСЕЕВ А. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 5—6, с. 54—57.

Приведены материалы обследования рельсов на лесовозных УЖД Литвиновского леспрохоза. Изложена методика работ, дан анализ результатов обследования. Ил. 1. Табл. 1. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 629.114.45.001.57

Оценка плавности хода транспортно-погрузочных колесных лесных машин. ЖУКОВ А. В., ГОРОНОВСКИЙ А. Р., ЛУКЕРЧИК Л. М., КЛОКОВ Д. В., СОКОЛДАН А. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 5—6, с. 57—62.

Приведена методика оценки вертикальной динамики и плавности хода форвардеров различного типа. Ил. 3. Табл. 1. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 630\*181.23

Анализ состояния вопроса по исследованию процессов аэродинамического взаимодействия древостоя с окружающей средой. ЛЕОНТЬЕВ А. К. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 5—6, с. 62—66.

Дан критический анализ публикаций о влиянии различных природных факторов на сопротивляемость древостоя ветровалу и бурелому. Сформулирована задача исследования вопроса. Библиогр. список: 8 назв.

УДК 630\*377.1

Об оптимальных углах обхвата дерева рычагами захватного устройства. ШИМКОВИЧ Д. Г. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 5—6, с. 67—69.

Рассмотрен вопрос об определении оптимальных углов обхвата дерева. Даны рекомендации по выбору этого угла для одно- и двухрычажных схем захватных устройств. Ил. 1. Табл. 1. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 556.536

О скорости речного потока. СЕРГУТИН В. Е. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 5—6, с. 69—73.

Предложен способ определения средней скорости речного лесосплавного или судоходного потока без учета коэффициента шероховатости с использованием средней глубины и эмпирического коэффициента, полученного по натурным данным гидрологических ежегодников издания до 1975 г. Ил. 3. Библиогр. список: 10 назв.

УДК 624.21:691.116

К вопросу о применении клееной древесины в мостовых конструкциях. СТУКОВ В. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 5—6, с. 73—76.

Рассмотрен вопрос о перспективности применения клееной древесины в мостах. Отмечен большой срок ее службы в конструкции по сравнению с железобетоном и металлом.

Обоснована целесообразность ее использования в балках комбинированного сечения совместно с железобетоном. Библиогр. список: 8 назв.

УДК 630\*377.44.001.4/5

Методика и математические модели оценки взаимодействия колесных трелевочных тракторов с волоком. КОЧНЕВ А. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 5—6, с. 77—85.

Разработаны методика и математические модели оценки взаимодействия колесных трелевочных тракторов с волоком, позволяющие осуществлять выбор основных конструктивных параметров тракторов, повысить их эксплуатационную эффективность и существенно сократить сроки поставок на серийное производство. Ил. 4. Библиогр. список: 12 назв.

УДК 674.093

Состояние и перспективы лесопиления в России. КАЛИТЕВСКИЙ Р. Е. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 5—6, с. 86—90.

Рассмотрены перспективы развития лесопильной отрасли в России.

УДК 674.053:621.934

О поведении вращающегося диска пилы, прокованного до закритического напряженного состояния. СТАХИЕВ Ю. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 5—6, с. 90—93.

Изложены результаты контрольных опытов по изучению поведения пилы диаметром 915 мм, толщиной 2,2 мм, прокованной до закритического напряженного состояния при разгонных испытаниях с увеличением частоты вращения от 250 до 1600 мин<sup>-1</sup>. Ил. 1. Табл. 1. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 621.822.6:674.815

Опыт применения прессованной древесины лиственницы сибирской в узлах трения машин цементной промышленности. ЧЕРНЫШЕВ Ю. Ф. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 5—6, с. 93—95.

Рассмотрены результаты применения изготовленных из прессованной древесины лиственницы сибирской подшипников скольжения в сырьевой мельнице и инерционном холодильнике цементного завода, а также вычислена условногодовая экономия по сравнению с металлическими подшипниками. Табл. 1. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 624.011.1

Обеспечение надежности элементов деревянных конструкций на стадии изготовления. РЮМИНА Е. Б., УСПЕНСКАЯ Г. Б., КАБАКОВ Б. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 5—6, с. 96—100.

Установлено, что заданный уровень надежности элементов деревянных конструкций обеспечивается только измерительным контролем прочности пиломатериалов. Ил. 2. Табл. 1.

УДК 630\*812

Сравнение физико-механических показателей древесины. ВОЛЫНСКИЙ В. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 5—6, с. 100—103.

Рассмотрены показатели физико-механических свойств древесины для пород, произрастающих в России и США. Как для хвойных, так и для лиственных пород не обнаружено разницы в средних величинах базисной плотности, пределах прочности на изгиб, сжатие и скалывание вдоль волокон. Модули упругости хвойных пород России в среднем на 8% выше, чем США. Табл. 5. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 674.053:621.934

О критических частотах вращения нагретых в центральной зоне круглых пил. ЕРШОВ С. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн. 1993, № 5—6, с. 103—108.

Рассмотрено влияние температуры на критические частоты вращения круглых пил. Показано, что в зависимости от формы кривой распределения температуры по радиусу пилы ее нагрев может как увеличивать, так и уменьшать критические частоты вращения, соответствующие формам и числом узловых диаметров  $\lambda \geq 2$ . Ил. 2. Табл. 2. Библиогр. список: 7 назв.

УДК 674.815-41

Древесностружечные плиты с асимметричной структурой для горизонтальных несущих элементов. ПЛОТНИКОВ С. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 5—6, с. 108—110.

Теоретически и экспериментально показана возможность экономии связующего в слоях древесностружечной плиты, испытывающих сжатие, без ухудшения ее прочности на изгиб и при отсутствии покоробленности. Ил. 1. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 624.011.04.004.67

Исследование прочности древесины при длительной эксплуатации в памятниках архитектуры. БАРФОЛОМЕЕВ Ю. А., ШАПОВАЛОВА Л. Г. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 5—6, с. 110—114.

На основании экспериментальных исследований стандартных образцов, выпиленных из различных конструктивных элементов определены расчетные сопротивления древесины при статическом изгибе и сжатии вдоль волокон. Табл. 2. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 674.815-41

Получение древесных плит с использованием модифицированного растворимого стекла. ЭЛЬБЕРТ А. А., ГАМОВА И. А., ВЬЮНКОВ С. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 5—6, с. 115—118.

Показана возможность использования модифицированного растворимого стекла в качестве связующего в производстве древесных плит, которые по своим характеристикам приближаются к древесностружечным плитам, полученным с использованием карбамидоформальдегидной смолы. Ил. 2. Табл. 5. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 676.084.2:693.542.4

Исследование воздухопроницающей способности комплексных химических добавок на основе ЛСТ в цементных системах. ГИНТЕР О. В., СОКОЛОВ О. М., ШЕСТАКОВА Т. Г., ЯЦЕНКО О. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 5—6, с. 118—121.

Установлено, что увеличение содержания отработанных нейтрально-сульфитных шелоков (НСЩ) в модифицированных лигносульфонатах (ЛСТ) приводит к повышению вязкости ЛСТ. Модифицирование ЛСТ сызущими маслами (СМ) и верхней фракцией НСЩ способствует снижению вязкости полученных пластификаторов для высокопрочных бетонов. Показано, что комплексная пластифицирующая добавка, состоящая из ЛСТ, верхней фракции НСЩ и СМ, практически не вовлекает воздух в бетонах. Ил. 3. Табл. 2. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 676.1.023.1:630\*861.14

Влияние введения диоксида хлора при хлорировании на показатели сульфатной лиственной целлюлозы. МИЛОВИДОВА Л. А., КОМАРОВА Г. В., ИВАНОВА Г. А., СМЕРНОВА Л. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 5—6, с. 122—125.

Показано, что при замещении хлора на диоксид хлора возрастает жесткость целлюлозы после хлорирования и щелочения с одновременно увеличением белизны на 4...5%. Отмечено некоторое повышение вязкости целлюлозы после щелочения. Отрицательный эффект увеличения температуры хлорирования (от 20 до 60°C) не компенсируется даже 60...70%-м замещением хлора. Ил. 2. Табл. 2. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 676.16.022.6.031:676.031.22

Ольха черная и возможности использования ее древесины в целлюлозно-бумажном производстве. ГЕЛЕС И. С., ЕРМАКОВ И. В., ЛЕВКИНА Г. М., КРУТОВА Т. Е. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 5—6, с. 125—130.

Приведена дендрометрическая характеристика деревьев ольхи черной, осины и березы, произрастающих на юге Карелии. Из щепы указанных пород получены небеленые сульфитные и натронные целлюлозы и определены показатели их физико-механических свойств. Табл. 3. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 676.017

Определение времени релаксации напряжения ( $t$ ) в целлюлозно-бумажных материалах из статических кривых « $\sigma - \varepsilon$ » при деформировании и нагружении с постоянной скоростью. КОМАРОВ В. И., КАЗАКОВ Я. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 5—6, с. 130—133.

Показана возможность применения при испытаниях целлюлозно-бумажных материалов методики, ранее разработанной для полимерных материалов. Представлены экспериментальные данные испытания образцов сульфатной небеленой целлюлозы со степенью делигнификации в интервале 20...50 ед. Каппа. Ил. 2. Табл. 1. Библиогр. список: 10 назв.

УДК 676.017

Расчет коэффициента Пуассона ( $\nu$ ) при испытании на растяжение целлюлозно-бумажных материалов. КОМАРОВ В. И., КАЗАКОВ Я. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 5—6, с. 133—136.

Приведена методика определения коэффициента Пуассона, а также оценка вкладов механизмов крейзования и сдвиговой вынужденной эластичности в пластическую деформацию целлюлозно-бумажных материалов. Представлены экспериментальные данные испытания образцов сульфатной небеленой целлюлозы с различной степенью помола и картона с различной массой 1 м<sup>2</sup>. Ил. 2. Табл. 1. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 547.992.3:630\*86

Диффузионная модель кинетики органосольвентной варки. ДИВЕСКИЙ В. А., БУРОВ А. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 5—6, с. 136—140.

Предложены диффузионные модели кинетики делигнификации древесины в водно-органических растворах, учитывающие изменение градиента концентрации лигнина в процессе варки. Показано, что скорость процесса лимитируется внутренним массопереносом. Оценены значения эффективных коэффициентов диффузии фрагментов лигнина. Табл. 2. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 547.913:674.032.475.449

О влиянии растительного сырья сосны черной австрийской на состав эфирного масла. ЛАТЫШ В. Г., ЧЕРНОДУБОВ А. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 5—6, с. 140—144.

Рассмотрен выход и состав эфирного масла сосны черной австрийской из различных видов сырья — почек, коры, хвоя, древесины побегов. Табл. 3. Библиогр. список: 7 назв.

УДК 541.127:547.458

Эвристическое получение уравнения прикладной кинетики для реакции химического гидролиза. ПАУСОВ С. А., ОРЕХОВА А. И., ХАЛЕМСКИЙ А. М., ШЕРСТОБИТОВА Т. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 5—6, с. 144—150.

Показано, что все реакции гидролиза могут быть описаны единым кинетическим уравнением (с разными коэффициентами), поскольку в основе их механизма имеется общая единая закономерность. Ил. 3. Табл. 2. Библиогр. список: 16 назв.

УДК 541.127:547.458

Обнаружение активационных барьеров в некоторых реакциях гидролиза. ПАЮСОВ С. А., ОРЕХОВА А. И., ХАЛЕМСКИЙ А. М., ШЕРСТОБИТОВА Т. М. Изв. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 5—6, с. 150—158.

С помощью тестового уравнения ПХ прикладной химической кинетики идентифицированы активационные барьеры в некоторых реакциях гидролиза. Ил. 3. Табл. 5. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 676.1.023.7

Проклейка бумаги в слабощелочной среде с использованием сульфата алюминия в качестве коагулянта. ЕМПИЛО Г. Л., ЧИЖОВ Г. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 5—6, с. 158—161.

Исследован процесс проклейки бумаги из эвкалиптовой целлюлозы с использованием в качестве коагулянта сульфата алюминия. Отмечено ухудшение степени проклейки при увеличении pH среды. Установлено, что обработка сульфата алюминия различными полнэлектродитами позволяет получить хорошую проклейку в широком диапазоне значений pH. Ил. 5.

УДК 630\*31:658.512

Уточненная методика расчета эффективного фонда времени. РОМАНОВ Е. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 5—6, с. 162—166.

Предложена методика, позволяющая выявить резерв увеличения эффективного фонда времени около 5%. Приведены расчетные формулы и пример применительно к лесозаготовкам. Табл. 1. Библиогр. список: 10 назв.

УДК 630\*96

Возмещение экологического ущерба как элемент платности лесопользования. СИНЯКОВИЧ И. М., ВРУБЛЕВСКАЯ Е. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 5—6, с. 166—169.

Рассмотрены теоретические вопросы экологического ущерба при лесозаготовках. Обоснованы предельные значения платы за лесопользование и природоохранных затрат из условия минимизации суммарных затрат производителя. Ил. 1. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 630\*68

Направления совершенствования хозяйственной деятельности малых предприятий. ПАНЮТИН А. Н., МЕЛЬНИКОВА Н. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 5—6, с. 169—172.

Обоснованы необходимость создания фонда поддержки малых предприятий и направления его деятельности. Предложена схема экономических отношений государственных структур по поддержке малого бизнеса и малых предприятий в условиях регулируемой рыночной экономики. Ил. 1.

УДК 378 (510)

Методика разработки стратегии развития лесного образования Китая. ДУН ЧЖАО-ЦЗЮНЬ. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 5—6, с. 172—177.

Разработан оптимальный вариант стратегии развития лесного образования КНР и определена потребность в лесных специалистах на перспективу до 2020 г. Ил. 3. Табл. 1.

УДК 630\*232.215.3:581.132

Воздействие предпосевной солевой обработки семян на фотосинтез всходов древесных рас-

тений. ВЕРЕТЕННИКОВ А. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 5—6, с. 178—180.

Изложены результаты влияния предварительной обработки семян растворами Вант-Гоффа и поваренной соли на фотосинтетическую активность всходов сосны обыкновенной и акации белой. Показана видовая специфика воздействия. Табл. 2. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 547.422.22

О термическом распаде этиленгликоля. КИСЕЛЕВ И. Я. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 5—6, с. 180—182.

Доказана возможность протекания химической реакции распада этиленгликоля с образованием формальдегида и определена эффективная энергия активации этой реакции. Полученное значение  $E_a = (103 \pm 7)$  кДж/моль характерно для эндотермических процессов. Установлено, что в растворах, содержащих этиленгликоль, всегда присутствует формальдегид. Ил. 1. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 630\*902

Ученый, педагог, общественный деятель. К 90-летию со дня рождения В. З. Гулисашвили (1903—1979). ЛОБЖАНИДЗЕ Э. Д., МАХАТАДЗЕ Л. Б. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 5—6, с. 183—184.

УДК 630\*902

Владимир Николаевич Любименко — питомец Петербургского лесного института (к 120-летию со дня рождения). МАНОЙЛЕНКО К. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 5—6, с. 184—187.

УДК 061.3:630\*81

Двадцатая сессия Координационного совета по лесовосстановлению. УГОЛЕВ Б. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 5—6, с. 188—189.

УДК 061.3:630\*

Международная конференция «Лес, окружающая среда и новые технологии в Северной Европе». ВАСИЛЬЕВ В. Н., ПИТУХИН А. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 5—6, с. 190.

УДК [630\*161.4 + 630\*18] (049.3)

Книга о теоретических основах продукционного процесса в сосняках средней подзоны тайги. ВЕРЕТЕННИКОВ А. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 5—6, с. 191—192.

Юрию Михайловичу Стахиву — 60 лет. КОЛЛЕТИВЫ ЦНИИМОДА, ФАКУЛЬТЕТА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ АРХАНГЕЛЬСКОГО ЛЕСОТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА, РЕДАКЦИЯ «ЛЕСНОГО ЖУРНАЛА». Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 5—6, с. 192.

Петр Иосифович Войчалъ. РЕКТОРАТ, ДЕКАНАТ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННОГО ФАКУЛЬТЕТА И СОВЕТ ВЕТЕРАНОВ АРХАНГЕЛЬСКОГО ЛЕСОТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА, РЕДКОЛЛЕГИЯ И РЕДАКЦИЯ «ЛЕСНОГО ЖУРНАЛА». Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 5—6, с. 193.

## PRÉCIS

**Some Features of Coniferous-Broadleaved Forest Change for Black Alder.** TIKHONOV A. S. *IVUZ. Lesnoi Zhurnal*, 1993, N 5 - 6, p. 3 - 6.

The process of coniferous-broadleaved forests change for black alder as a result of clear cutting and ground humidity increase has been considered. It is most widespread in grassy group of forest types even in creating spruce-artificial stands. 1 tab. Bibl. list: 5 ref.

**Siberian Stone Pine on the Solovets Isles.** IPATOV L. F. *IVUZ. Lesnoi Zhurnal*, 1993, N 5 - 6, p. 7 - 11.

The study results of old and young growth of Siberian stone pine plantations on the Solovets Isles have been summed up. Their quantitative and qualitative characteristics are given. The successful natural old planting regeneration as well as damages caused by human activities are pointed out. 2 tab. Bibl. list: 10 ref.

**Landscape Basis Use in Forest Organization.** GROMTSEV A. N., GOLUBEV V. E. *IVUZ. Lesnoi Zhurnal*, 1993, N 5 - 6, p. 11 - 14.

The main investigation results of forest cover of different taiga landscape types in Karelia are stated. Sensible use of landscape basis in forest stock-taking is substantiated. Specific examples of landscape structural units system realization being possible within the system of forest organization categories are considered. Bibl. list: 5 ref.

**Pathology of Spruce Trees in Stands for Study Purposes.** LEBEDEV A. V., IVANOVA E. A. *IVUZ. Lesnoi Zhurnal*, 1993, N 5 - 6, p. 14 - 19.

The study results of spruce trees pathology in typical stands of middle taiga subzone have been examined. Species composition and characteristics of wood-destroying fungi activities as well as stem insects in tree stands with spruce predominated are given. The influence of training forest exploitation intensity on condition and stability of tree stands is determined. 1 tab. Bibl. list: 12 ref.

**Meiosis and Spruce Blossom Dust Development under Conditions of Introduction.** TRENIN V. V., KISHCHENKO I. T. *IVUZ. Lesnoi Zhurnal*, 1993, N 5 - 6, p. 19 - 22.

The periods of passing certain stages in blue and pine spruce blossom dust development are determined. The relation between microphenological phenomena and total of effective temperatures is revealed. Common spruce meiosis period advance as compared to that of introduced blue spruce is brought out. 1 tab. Bibl. list: 3 ref.

**Structure of Stand Productivity in Ukrainian Rastochye.** DEBRINYUK YU. M. *IVUZ. Lesnoi Zhurnal*, 1993, N 5 - 6, p. 22 - 25.

Spread of subors within the Rastochye territory is investigated. Structure of subor forests types stands productivity is studied, and their actual and potential productivity is determined. Volumes of unreceived pulp are calculated. List of measures promoting increasing of productivity of average and weak growth groups plantation is enclosed. 3 tab. Bibl. list: 4 ref.

**Influence of Starting Mineral Fertilizers Dressing on Conditions and Growth of Forest Artificial Stands.** BELYAEV V. V. *IVUZ. Lesnoi Zhurnal*, 1993, N 5 - 6, p. 26 - 30.

The efficiency of mineral fertilizers' using in starting dressing of pine and spruce artificial stands, especially combined with using of selected and improved plant material. 3 tab. Bibl. list: 9 ref.

**Influence of Stands Density and Continuous Application of Fertilizers on Common Pine Branches Growth and Formation of its Stem Defects.** SHUKIN S. S. *IVUZ. Lesnoi Zhurnal*, 1993, N 5 - 6, p. 30 - 33.

The growth features of thinned pine stands of 8 to 23 years of age have been studied. The modifications with fertilizers and herbicides application have been considered. 3 tab. Bibl. list: 3 ref.

**Monochromatic Red Light Stimulation of Footstalk Graft Rooting.** KUZNETSOVA L. D., KUZNETSOVA E. A. *IVUZ. Lesnoi Zhurnal*, 1993, N 5 - 6, p. 34 - 37.

The effect of laser exposure on footstalk graft development

of woody plants has been studied. In a number of cases there has been a remarkable rise in their viability. The physical method investigation into rooted grafts has been carried out. 2 illus. 1 tab. Bibl. list: 5 ref.

**The Outlook for Motor-deltaplane Use in Forest Protection against Fires.** MARTYNOV A. I., KRASNOVIDOV A. N., KORCHUNOVA I. YU. *IVUZ. Lesnoi Zhurnal*, 1993, N 5 - 6, p. 37 - 39.

A comparative costs assessment of patrol route service by air plane AN-2 and motor-deltaplane T-2 at equal probability of forest fire location and optimal flight schedule is given. 2 illus. Bibl. list: 3 ref.

**Modelling of Spruce Plantations Productivity with Reference to Mechanical Soil Composition, Level and Fall of Subsoil Waters.** KOSTIN N. V., ZHIVOTOVSKII V. V., IVANOV V. F. *IVUZ. Lesnoi Zhurnal*, 1993, N 5 - 6, p. 40 - 43.

The relation ship of 50 year old spruce trees of average height and physical clay content of soil at different depths of subsoil waters bedding has been evaluated by method of structural ecological stand rows. 2 illus. 1 tab. Bibl. list: 12 ref.

**Ecological Productivity of Forest Biogeocenosis.** KAZIMIROV N. I. *IVUZ. Lesnoi Zhurnal*, 1993, N 5 - 6, p. 44 - 50.

Problems of quantitative indices of structural organization and functioning of forests are considered. Relation of metabolism intensity, stand growth, and climatic and soil-hydrological conditions are revealed. A concept of use of forest type descriptions and mathematical model of ecological stand productivity for compiling of forest land cadastre. 2 illus. Bibl. list: 12 ref.

**Optimization of Nonlinear Friction in the Suspension of Transport Machines.** VARAVA V. I. *IVUZ. Lesnoi Zhurnal*, 1993, N 5 - 6, p. 51 - 54.

Optimal parameters of nonlinear friction in the stochastic spring system of transport machines by statistic linearizing method were revealed. The calculated expressions obtained of dissipation parameters were analysed. 1 illus. Bibl. list: 2 ref.

**Wear of Rails Ends on Narrow Gauge Forest Railways.** MOROZOV S. I., ELISEEV A. I. *IVUZ. Lesnoi Zhurnal*, 1993, N 5 - 6, p. 54 - 57.

Survey reports on rails examination of forest narrow gauge railways of Litvinovskii industrial forestry have been presented. Methods of work are set forth, and the analysis of survey results is given. 1 illus. 1 tab. Bibl. list: 3 ref.

**Evaluation of Smoothness Motion of Transport-Loading Wheeled Machines.** ZHUKOV A. V., GORONOVSKII A. R., LUKERCHIK L. M., KLOKOV D. V., SOKOLDAN A. A. *IVUZ. Lesnoi Zhurnal*, 1993, N 5 - 6, p. 57 - 62.

Evaluation methods of vertical dynamics and smoothness motion of forwarders of different type have been presented. 3 illus. 1 tab. Bibl. list: 6 ref.

**Analysis of Problem State on Research into Aerodynamic Tree Stand-Environment Relationship.** LEONTEV A. K. *IVUZ. Lesnoi Zhurnal*, 1993, N 5 - 6, p. 62 - 66.

Critical survey of publications on influence of various natural factors on tree stand resistance to windfall and windbreak has been given. The problem of research into the subject is formulated. Bibl. list: 8 ref.

**On Optimum Angles of Tree Grabbing by Take-in Device Levers.** SHIMKOVIICH D. G. *IVUZ. Lesnoi Zhurnal*, 1993, N 5 - 6, p. 67 - 69.

Problem of optimum angle of tree grabbing determination has been considered. Recommendations on the angle selection for one- and two-lever grab diagrams are given. 1 illus. 1 tab. Bibl. list: 2 ref.

**On River Stream Speed.** SERGUTIN V. E. *IVUZ. Lesnoi Zhurnal*, 1993, N 5 - 6, p. 69 - 73.

Method of river floatage and navigable average steam speed determination without reference to roughness factor using average depth and empirical factor obtained from

natural data of hydrological year-books published before 1975. 3 illus. Bibl. list: 10 ref.

**On Problem of Laminated Wood Use in Bridge Constructions.** STUKOV V. P. IVUZ. Lesnoi Zhurnal, N 5 - 6, p. 73 - 76.

The problem of long-term use of laminated wood in bridges has been considered. There has been pointed out its long service life in comparison with reinforced concrete and metal. The suitability of its use in beams of combined reinforced concrete section has been substantiated. Bibl. list: 8 ref.

**Methods and Mathematical Estimation Models of Interaction between Wheeled Extraction Tractors and Skidder Track.** KOCHNEV A. M. IVUZ. Lesnoi Zhurnal, 1993, N 5 - 6, p. 77 - 85.

Methods and mathematical estimation models of interaction between wheeled extraction tractors and skidder track have been developed which allow to select the main structural parameters of tractors to raise their operating efficiency and to considerably shorten the time of putting them into serial production. 4 illus. Bibl. list: 12 ref.

**State and Prospects for Sawmilling in Russia.** KALITEVSKII R. E. IVUZ. Lesnoi Zhurnal, 1993, N 5 - 6, p. 86 - 90.

The prospects for development of sawmilling industry in Russia have been considered.

**On Performance of Rotary Saw Disc Forged to Overcritical Stressed Condition.** STAKHIEV YU. M. IVUZ. Lesnoi Zhurnal, 1993, N 5 - 6, p. 90 - 93.

The results of control tests on performance examination of the saw with diameter of 915 mm, 2,2 mm thick forged to overcritical stressed condition at accelerating tests with increased rotary frequency ranging 250...1600 min-1. 1 illus. 1 tab. Bibl. list: 6 ref.

**Usage Experience of Siberian Larch Compressed Wood in Friction Units of Cement Manufacture Machines.** CHERHYSHEV YU. F. IVUZ. Lesnoi Zhurnal, 1993, N 5 - 6, p. 93 - 95.

The results of Siberian larch sleeve bearing usage in grinding mill and inertial refrigerator of cement plant have been considered as well as conditionally annual economies as compared to metal bearings have been calculated. 1 tab. Bibl. list: 5 ref.

**Wooden Structure Member Reliability Support at the Stage of Prefabrication.** RYUMINA E. B., USPENSKAYA G. B., KABAKOV B. A. IVUZ. Lesnoi Zhurnal, 1993, N 5 - 6, p. 96 - 100.

The given level of wooden structure member reliability has been established to be secured by only measuring control of lumber strength. 1 illus. 1 tab.

**Comparison of Physico-Mechanical Indices of Domestic and American Wood Species.** VOLYNSKII V. N. IVUZ. Lesnoi Zhurnal, 1993, N 5 - 6, p. 100 - 103.

The indices of physico-mechanical properties of wood species growing in Russia and USA. No difference has been revealed both for softwood and hardwood species in average values of basic density, in ultimate bending strength, compression and shear cracking. Modulus of softwood species elasticity in Russia is on the average 8% higher than in USA. 5 tab. Bibl. list: 5 ref.

**On Critical Rotational Speed of Circular Saws Heated in the Central Zone.** ERSHOV S. V. IVUZ. Lesnoi Zhurnal, 1993, N 5 - 6, p. 103 - 108.

The influence of temperature on critical rotational speed of circular saws has been considered. It has been shown that depending on the curve form of temperature distribution on saw radius, its heating can both increase and decrease the critical rotational speeds corresponding to forms with the number of unit diameters. 2 illus. 2 tab. Bibl. list: 7 ref.

**Asymmetric Structure Particleboards for Horizontal Bearing Elements.** PLOTNIKOV S. M. IVUZ. Lesnoi Zhurnal, 1993, N 5 - 6, p. 108 - 110.

It has been theoretically and experimentally shown the possibility of adhesive economy in particleboard layers contracting without declining its bending strength or causing

warping. 1 illus. Bibl. list: 6 ref.

**Investigations into Wood Strength when Durably-Used in Architectural Monuments.** VARFOLOMEEV YU. A., SHAPOVALOVA L. G. IVUZ. Lesnoi Zhurnal, 1993, N 5 - 6, p. 110 - 114.

The rated resistances of wood at static bending and compression along the grain have been determined on the basis of experimental investigations of standard specimens cut out from different structural elements. 2 tab. Bibl. list: 2 ref.

**Using Modified Soluable Glass in Manufacturing Wood Panels.** ELBERT A. A., GAMOVA I. A., VYUNKOV S. N. IVUZ. Lesnoi Zhurnal, 1993, N 5 - 6, p. 115 - 118.

The possibility of using modified soluble glass as a binding in manufacture of wood panels which, by their characteristics are closer to particle boards produced with application of carbamideformaldehyde resin, has been revealed. 2 illus. 5 tab. Bibl. list: 3 ref.

**Investigation into Air Entrainment Property of Complex Chemical Additives on the Basis of LST Cement Systems.** GINTER O. V., SOKOLOV O. M., SHESTAKOVA T. G., YATSENKO O. P. IVUZ. Lesnoi Zhurnal, 1993, N 5 - 6, p. 118 - 121.

It is established that spent neutral sulphite liquors content increase in modified lignosulphonates (LS) results in increasing of LS viscosity. LS modification by Fusel oils and by upper fraction of spent neutral sulphite liquors (NSL) facilitates viscosity reduction of plasticizers obtained for high strength concretes.

It is shown that the complex plasticizing additives consisting of modified lignosulphonates, NSL upper fraction and fusel oils do not practically entrain air in concretes. 3 illus. 2 tab. Bibl. list: 4 ref.

**Effect of Chlorine Dioxide Introducing in the Process of Chloridizing on Sulphate Hardwood Pulp Indices.** MILOVIDOVA L. A., KOMAROVA G. V., IVANOVA G. A., SMIRNOVA L. A. IVUZ. Lesnoi Zhurnal, 1993, N 5 - 6, p. 122 - 125.

It has been shown that by substituting chlorine for chlorine dioxide pulp hardness increases after chlorination and alkalization with a simultaneous increase of whiteness by 4...5%. A certain pulp viscosity increase after alkalization has been recorded. Some negative effect of chloridizing the temperature rise (from 20 to 60 degrees Centigrade) is not compensated even for a 60...70% chlorine substitution. 2 illus. 2 tab. Bibl. list: 5 ref.

**European Alder and Possibilities of its Wood Utilization in Pulp and Paper Production.** GELES I. S., ERMAKOV I. V., LEVKINA G. M., KRUTOVA T. E. IVUZ. Lesnoi Zhurnal, 1993, N 5 - 5, p. 125 - 130.

Dendrometry characteristic of black alder, aspen and birch growing in the south of Karelia has been given. Unbleached sulphite and soda pulps are manufactures from the chips of the above species. Their physico-mechanical properties are determined. 3 tab. Bibl. list: 6 ref.

**Determination of Tension Relaxation Time ( $\tau$ ) of Pulp & Paper Materials by Static Curves "6-ε" at Deforming and Loading at Constant Rate.** KOMAROV V. I., KAZAKOV YA. V. IVUZ. Lesnoi Zhurnal, 1993, N 5 - 6, p. 130 - 133.

The possibility of using formerly developed methods for polymer materials in pulp & paper materials is revealed. Experimental specimen testing data of sulphate unbleached pulp with the delignification degree ranging 20...50 Kappa units are presented. 2 illus. 1 tab. Bibl. list: 10 ref.

**Puasson Coefficient Calculation ( $\nu$ ) by Tension Testing of Pulp & Paper Materials.** KOMAROV V. I., KAZAKOV YA. V. IVUZ. Lesnoi Zhurnal, 1993, N 5 - 6, p. 133 - 136.

Methods of Puasson coefficient determination are given as well as evaluation of mechanisms inserting of crazing and shear forced elasticity into plastic deformation of pulp & paper materials. Some experimental data of specimen testing of sulphate unbleached pulp of different beating degree and paperboard of different m2 stock are presented. 2 illus. 1 tab. Bibl. list: 4 ref.

**Diffusion Kinetics Model of Organosolvent Cooking.** DIEVSKII V. A., BUIROV A. V. *IVUZ. Lesnoi Zhurnal*, 1993, N 5 - 6, p. 136 - 140.

Diffusion kinetics models of wood delignification in aqueous-organic solutions taking into account concentration gradient variation of lignin as it is cooked are offered. It is shown that the rate of the process is limited by internal mass transference. The values of lignin fragments diffusion coefficients are estimated. 2- tab. Bibl. list: 4 ref.

**On Influence of Austrian Black Pine Plant Raw Material on Ether Oil Composition.** LATYSH V. G., CHERNODUBOV A. I. *IVUZ. Lesnoi Zhurnal*, 1993, N 5 - 6, p. 140 - 144.

The yield and composition of Austrian black pine ether oil from raw materials of different kind-buds, bark, needles, shoot wood have been considered. 3- tab. Bibl. list: 7 ref.

**Heuristic Obtaining of Equation of Applied Kynetics for Chemical Hydrolysis Reactions.** PAYUSOV S. A., OREKHOVA A. I., KHALEMSKY A. M., SHERSTOBITOVA T. M. *IVUZ. Lesnoi Zhurnal*, 1993, N 5 - 6, p. 144 - 150.

As it has been revealed, all reactions of hydrolysis can be described by common kinetic equation (with different coefficients), because general conformity presents the basis of their mechanism. 3 illus. 2 tab. Bibl. list: 16 ref.

**Identification of Activation Barriers in Certain Reactions of Hydrolysis.** PAYUSOV S. A., OREKHOVA A. I., KHALEMSKY A. M., SHERSTOBITOVA T. M. *IVUZ. Lesnoi Zhurnal*, 1993, N 5 - 6, p. 150 - 158.

By a test equation PX of applied chemical kinetics activation barriers of certain reactions of hydrolysis have been identified. 3 illus: 5 tab. Bibl. list: 5 ref.

**Paper Sizing in Weak Alkaline Medium with the Use of Sulphate of Aluminium as a Coagulant.** YEMPILO G. L., CHIZHOV G. I. *IVUZ. Lesnoi Zhurnal*, 1993, N 5 - 6, p. 158 - 161.

The process of paper sizing from eucalpt cellulose with the use of sulphate of aluminium as a coagulant has been investigated. It is established that the degree of sizing is reduced while pH medium is increased. It is revealed that sulphate of aluminium treatment by different polyelectrolites permits to obtain qualitative sizing in wide range of pH values. 5 illus.

**Refined Calculation Methods of Effective Time Fund.** ROMANOV E. S. *IVUZ. Lesnoi Zhurnal*, 1993, N 5 - 6, p. 162 - 166.

The methods allowing to reveal a reserve of about 5% increase in effective time fund are offered. Estimated formulae and an illustration with reference to logging are included. 1 tab. Bibl. list: 10 ref.

**Compensation for Ecological Damages as Element of Paid Forest Utilization.** SINYAKEVITCH I. M., VRUBLEVSKAYA E. V. *IVUZ. Lesnoi Zhurnal*, 1993, N 5 - 6, p. 166 - 169.

Theoretical problems of ecological damage at logging are considered. Limit values of payment for forest use and forest protection expenses from minimized condition of total producer costs are substantiated. 1 illus. Bibl. list: 5 ref.

**Lines of Economic Improvement Activity of Small Businesses.** PANYUTIN A. N., MEL'NIKOVA. N. V. *IVUZ. Lesnoi Zhurnal*, 1993, N 5 - 6, p. 169 - 172.

The necessity for formation of small business support fund

and direction of its activity has been substantiated. A scheme of economic government, structure, relations on small business support under the conditions of regulated market economy has been proposed. 1 illus.

**Methods of Development Strategy of Forest Education in China.** DUN CHZHAOZTZUN. *IVUZ. Lesnoi Zhurnal*, 1993, N 5 - 6, p. 172 - 177.

The optimum variant of development strategy of forest education in China has been elaborated and demand for forestry specialists in prospective till 2020 year has been determined. 3 illus. 1 tab.

**Influence of Presowing Seed Salt Treatment on Photosynthesis of Woody Plants Seedlings.** VERETENNIKOV A. V. *IVUZ. Lesnoi Zhurnal*, 1993, N 5 - 6, p. 178 - 180.

The results of seed pre-treatment by Vant-Goff and cooking salt solutions influence effect on photosynthesis activity of common pine and black locust seedlings have been stated. Species specific features of the exposure are revealed. 2 tab. Bibl. list: 6 ref.

**Thermal Decomposition of Ethylene Glycol.** KISELYOV I. YA. *IVUZ. Lesnoi Zhurnal*, 1993, N 5 - 6, p. 180 - 182.

The possibility of ethylene glycol decomposition chemical reaction proceeding with formaldehyde formation has been proved, and the effective energy of the above reaction activation has been determined. The value obtained  $E_a = (103 \pm 7)$  kJ/mole is characteristic for endoenergetic processes. Ethylene glycol solutions have been established to always have formaldehyde. 1 illus. Bibl. list: 4 ref.

**Scientist, Teacher, Public Figure. To the 90th Birthday of V. Z. Gullshashvili (1903 - 1979).** LOBZHANIDZE E. D., MAKHATADZE L. B. *IVUZ. Lesnoi Zhurnal*, 1993, N 5 - 6, p. 183 - 184.

**Vladimir N. Lyubimenko - a Pupil of St-Petersburg Forest Institute. To the 120th Birthday.** MANOILENKO K. V. *IVUZ. Lesnoi Zhurnal*, 1993, N 5 - 6, p. 184 - 187.

**Anniversary Session of Coordinating Council on Woodscience.** UGOLEV B. N. *IVUZ. Lesnoi Zhurnal*, 1993, N 5 - 6, p. 188 - 189.

**International Conference "Forest, Environment and Modern Technologies in Northern Europe".** VASILYEV V. N., PITUKHIN A. V. *IVUZ. Lesnoi Zhurnal*, 1993, N 5 - 6, p. 190.

**Book on Theoretical Background of Producing Process in Pine Forests of Middle Taiga Subzone.** VERETENNIKOV A. V. *IVUZ. Lesnoi Zhurnal*, 1993, N 5 - 6, p. 191 - 192.

**Yury M. Stakhiev - 60 years old.** STAFF OF CSRIMWT, FACULTY OF MECHANICAL WOOD TREATMENT, "LESNOI ZHURNAL". *IVUZ. Lesnoi Zhurnal*, 1993, N 5 - 6, p. 192.

**Petr I. Voychal. RECTOR, DEAN OF FORESTRY FACULTY AND VETERAN'S COUNCIL OF ARKHANGELSK FORESTRY & ENGINEERING INSTITUTE, EDITORIAL BOARD END EDITORIAL STAFF OF "LESNOI ZHURNAL".** *IVUZ. Lesnoi Zhurnal*, 1993, N 5 - 6, p. 193.

**УКАЗАТЕЛЬ СТАТЕЙ,  
ПОМЕЩЕННЫХ В «ЛЕСНОМ ЖУРНАЛЕ»  
В 1993 г.**

**ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО**

- Беляев В. В. Влияние стартовой подкормки минеральными удобрениями на состояние и рост лесных культур. № 5—6—26.
- Гордненко В. А. Нарушения среды при рубках леса в горах. № 1—8.
- Громцев А. Н., Голубев В. Е. Использование ландшафтной основы при лесоустройстве. № 5—6—11.
- Дебринюк Ю. М. Структура продуктивности древостоев Украинского Расточья. № 5—3—22.
- Добрынин Ю. А. Модели профилактического обслуживания каналов лесосушительной системы. № 4—19.
- Землянухин А. И. О причинах попадания кондиционных семян в отходы в сеяночистительных машинах. № 4—26.
- Инатов Л. Ф. Кедр сибирский на Соловецких островах. № 5—6—7.
- Казимиров Н. И. Экологическая продуктивность лесных биогеоценозов. № 5—6—44.
- Карамышев В. Р. Динамика лесохозяйственных машин с двухточечной фрикционной муфтой при упругих связях. № 4—7.
- Костин Н. В., Живоцовский В. В., Иванов В. Ф. Моделирование производительности еловых насаждений в связи с механическим составом почвы, уровнем и уклоном грунтовых вод. № 5—6—40.
- Кузнецова Л. Д., Кузнецова Е. А. Стимуляция укоренения стеблевых черенков монокрохматическим красным светом. № 5—6—34.
- Лебедев А. В., Иванова Э. А. Патология деревьев сосны в древостоях учебного назначения. № 1—12.
- Лебедев А. В. Классификация факторов устойчивости ели к неоднотипным патологическим воздействиям. № 4—28.
- Лебедев А. В., Иванова Э. А. Патология деревьев лиственницы в древостоях учебного назначения. № 5—6—14.
- Маркевич И. А., Шужмов А. А. Методика эстетической оценки элементарных ландшафтов при движении по маршрутам. № 1—17.
- Маркевич И. А., Шужмов А. А. Методика эстетической оценки пейзажей на видových точках. № 4—34.
- Мартьянов А. Н., Красновидов А. Н., Корчунова И. Ю. Перспективы применения мотоделательных при охране леса от пожаров. № 5—6—37.
- Писанов В. С. Динамика ельников-черничников Дарвинского заповедника под влиянием водохранилища. № 2—3—19.
- Пуцько Б. М. Использование регрессионного метода при оценке накопления надземной фитомассы. № 1—5.
- Рысин Л. П., Рысин С. Л. Типология лесных культур. № 2—3—10.
- Рябокоть А. П. Продуктивность сосняков различного происхождения в Сумской области. № 2—3—13.
- Соколова Г. В. Практическое прогнозирование пожарной опасности в лесах на примере юга Хабаровского края. № 4—11.
- Тихонов А. С. Некоторые черты смены хвойно-широколиственных лесов ольхой черной. № 5—6—3.
- Тренин В. В., Кищенко И. Т. Мейоз и развитие пыльцы у ели в условиях интродукции. № 5—6—19.
- Усольцев В. А. Глобальные экологические программы и базы данных о фитомассе лесов. № 4—3.
- Чибисов Г. А. Целевое воспроизводство лесов на основе динамической типологии леса. № 2—3—3.
- Чураков Б. П. К проблеме усыхания дуба дерещчатого в Среднем Поволжье. № 4—15.
- Швиденко А. И. Подрост и нижний ярус древостоя, их отличие и взаимосвязь. № 1—3.
- Шиманский П. С., Рыбальченко А. Г., Колытков В. В. Диагностика питания приспевающих сосняков по химическому анализу лесной подстилки. № 1—23.
- Штукин С. С. Влияние густоты культуры и длительного применения минеральных удобрений на рост ветвей и образование пороков формы ствола у сосны обыкновенной. № 5—6—30.

**ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ**

- Варава В. И. Оптимизация нелинейного трения в подвесе транспортных машин. № 5—6—51.
- Вологдин В. А. Математическая модель для исследования поворота гусеничного колесного сортиментовоза. № 2—3—34.
- Жуков А. В., Янушко В. В. Оценка напряженно-деформированного состояния несущей системы лесовозного тягача при безгрузовых пробегах. № 1—58.
- Жуков А. В., Мохов С. П., Гороновский А. Р. Оценка динамической нагруженности автоцеповозов. № 2—3—27.
- Жуков А. В., Мохов С. П., Гороновский А. Р. Моделирование нагрузок на кузов автоцеповоза. № 4—40.
- Жуков А. В., Гороновский А. Р., Лукерчик Л. М., Клоков Д. В., Соколан А. А. Оценка плавности хода транспортно-погрузочных колесных лесных машин. № 5—6—57.
- Жуков А. В., Мохов С. П., Гороновский А. Р. Моделирование нагрузок на кузов автоцеповоза. № 4—40.
- Заливко Б. М., Соколова С. Д. Размерно-качественные характеристики еловых хлыстов. № 2—3—25.
- Ильин В. А. Оптимизация руководящего подъема на лесных дорогах. № 1—28.
- Ковалев Р. Н. Параметрическое описание транспортных систем лесных предприя-
- тий с учетом принципов рационального лесопользования. № 4—48.
- Кочнев А. М. Методика и математические модели оценки взаимодействия колесных трелевочных тракторов с волоком. № 5—6—77.
- Леонтьев А. К. Анализ состояния вопроса по исследованию процессов аэродинамического взаимодействия древостоя с окружающей средой. № 5—6—62.
- Мигляченко В. П. Энергоемкость возведения земляного полотна лесовозных автомобильных дорог. № 1—33.
- Морозов С. И., Попов М. В., Ярьев А. В. Износ рельсов лесовозных УЖД. № 1—36.
- Морозов С. И., Елисеев А. П. Износ концов рельсов на лесовозных УЖД. № 5—6—54.
- Сергутин В. Е. О гидравлике лесосплавных и судоходных рек Сибири. № 1—50.
- Сергутин В. Е. Зимний коэффициент. № 2—3—32.
- Сергутин В. Е. Натурное подобие и гидравлическое моделирование. № 4—53.
- Сергутин В. Е. О скорости речного потока. № 5—6—69.
- Стуков В. П. К расчету мостовых клееных деревянных балок, работающих совместно с железобетонной плитой. № 1—45.
- Стуков В. П. К вопросу о применении клееной древесины в мостовых конструкциях. № 5—6—73.

Фролов В. А. Потребность в трелевочной технике на горных лесозаготовках. № 1—43.  
Харитонов В. Я., Долгова И. И., Вихарев А. Н. Прогнозирование водности и перспективы транспорта леса по р. Пинеге. № 2—3—23.

Шимкович Д. Г. К обоснованию коэффициента запаса управляющего момента при направленной валке дерева. № 4—44.  
Шимкович Д. Г. Об оптимальных углах обхвата дерева рычагами захватного устройства. № 5—6—67.

## МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

Барфоломеев Ю. А., Костина Е. Г. Влияние активных ингибиторов антисептиков на метаболизм и структуру клеток. № 1—82.  
Барфоломеев Ю. А., Курбатова Н. А., Ростовцева Н. С. Биотестирование водных растворов с использованием водорослей. № 4—64.  
Барфоломеев Ю. А., Шаповалова Л. Г. Прочность древесины при длительной эксплуатации в памятниках архитектуры. № 5—6—110.  
Вольнский В. Н. Сравнение физико-механических показателей древесины. № 5—6—100.  
Гутман А. Л., Саушкин В. В. Выравнивание влажности при СВЧ-сушке. № 1—64.  
Ершов С. В. Влияние неравномерного нагрева на изгибную жесткость и устойчивость вращающихся круглых пил. № 1—69.  
Ершов С. В. О критических частотах вращения нагретых в центральной зоне круглых пил. № 5—6—103.  
Калитевский Р. Е., Гудков А. С. Оперативное управление и планирование процессов подготовки и раскроя сырья на пиломатериалы. № 2—3—39.  
Калитевский Р. Е. Состояние и перспективы лесопиления России. № 5—6—86.  
Орлович Р. Б., Лабудин Б. В. Деформативность упругоподатливых соединений в деревянных конструкциях при длительных воздействиях. № 1—78.  
Плотников С. М. Древесностружечные плиты с асимметричной структурой для горизонтальных несущих элементов. № 5—6—108.

Прус Ф. В. Методика определения технической обоснованной трудоемкости работ по подготовке режущего инструмента. № 1—76.  
Рюмина Е. Б., Успенская Г. Б., Кабаков Б. А. Обеспечение надежности элементов деревянных конструкций на стадии их изготовления. № 5—6—96.  
Сенькевич Л. В. К вопросу определения вязкости разрушения древесины при антиплоском сдвиге. № 2—3—45.  
Сенькевич Л. В. Анализ процесса резания древесины при получении технологической щепы. № 4—59.  
Стахнев Ю. М. Проблемы совершенствования конструкций круглых пил для распиловки древесины. № 2—3—48.  
Стахнев Ю. М. О поведении вращающегося диска пилы, прокованного до закритического состояния. № 5—6—90.  
Чернышев Ю. Ф., Зырянов И. А. Деревянная толстенная втулка равного сопротивления внешнему давлению. № 1—84.  
Чернышев Ю. Ф., Редькин В. Ф. Показатели упругих деформаций прессованной древесины лиственницы сибирской при сжатии. № 2—3—42.  
Чернышев Ю. Ф., Зырянов И. А. К расчету артротропной втулки равного сопротивления внутреннему давлению. № 4—56.  
Чернышев Ю. Ф. Опыт применения прессованной древесины лиственницы сибирской в залах трения машин цементной промышленности. № 5—6—93.

## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

Аксенова Е. Г., Абиев Р. Ш., Островский Г. М., Васильев С. Н., Рощин В. И., Алябьева М. Ю. Извлечение экстрактивных веществ древесины зелени при резонансных колебательных воздействиях. № 2—3—176.  
Бровка О. С., Боголицын К. Г., Айзенштадт А. М., Бурков К. А. Ион-молекулярное состояние сульфатов церия (III, IV) в сернистом растворе. № 2—3—154.  
Бровка О. С., Боголицын К. Г., Айзенштадт А. М. Механизм процесса окисления модельных соединений структурного звена лигнина сернистым церием (IV). № 2—3—161.  
Гелес И. С., Ермаков И. В., Левкина Г. М., Крутова Т. Е. Слыха черная и возможности использования ее древесины в целлюлозно-бумажном производстве. № 5—6—125.  
Гермер Э. И. Катализ 1, 10-фенантролином кислородно-щелочной делигнификации древесины при низких температурах и на начальной стадии варки. № 2—3—68.  
Гинтер О. В., Соколов О. М., Шестакова Т. Г., Яценко О. П. Исследование воздуховывлекающей способности комплексных химических добавок на основе ЛСТ в цементных системах. № 5—6—118.  
Горбунова О. Ф., Пивоварова В. А., Чертовская В. П., Вербицкая С. А. Исследование лигноуглеводного состава щелоков при азотно-кислотно-аммиачных обработках древесины. № 2—3—137.  
Горбунова О. Ф., Чертовская В. П., Пивоварова В. А., Вербицкая С. А., Герасимова Л. В. Исследование образования вторичных продуктов при концентрировании азотнокислотных щелоков. № 2—3—142.  
Горбунова О. Ф., Вербицкая С. А., Герасимова Л. В. Исследование образования дианид-нов на модельных соединениях в условиях азотнокислотной делигнификации древесины. № 2—3—179.

Гурьев А. В., Чижов Г. И., Комаров В. И. Влияние композиции и степени помола массы основного слоя на деформационные и прочностные свойства тарного картона. № 1—33.  
Гурьев А. В., Чижов Г. И., Комаров В. И. Влияние массы 1 м<sup>2</sup> и соотношения масс основного и покровного слоев на деформационные и прочностные свойства тарного картона. № 4—69.  
Дневский В. А., Буров А. В. Диффузионная модель кинетики органосольвейтной варки. № 5—6—136.  
Емпило Г. Л., Чижов Г. И. Проклейка бумаги в слабощелочной среде с использованием сульфата алюминия в качестве коагулянта. № 5—6—158.  
Иванов Ю. С., Иоффе Л. О., Двоскин Ш. Ф., Бродерзон А. Б., Воробьев Ю. П., Сергеева В. В., Луканина Л. К., Бакина Г. Г. Исследование влияния pH на стабилизацию и деструкцию полисахаридов при кислородно-щелочной варке древесины. № 2—3—80.  
Калинин Н. Н. Нестационарный режим гипохлоритной отбелики целлюлозы. № 2—3—93.  
Каницкая Л. В., Заказов А. Н., Россинский О. А., Рохин А. В., Бабкин В. А. Исследование структурных изменений диоксидлигнина ели при действии пероксида водорода и боргидрида натрия. № 2—3—147.  
Комаров В. И., Казаков Я. В. Связь фундаментальных свойств (по Кларку) неразмолотой сульфатной небеленой целлюлозы с характеристиками деформативности и прочности. № 2—3—112.  
Комаров В. И. Анализ зависимости напряженно-деформация при испытании на растяжение целлюлозно-бумажных материалов. № 2—3—123.  
Комаров В. И. «Критическая» длина волокон — фактор, определяющий деформативность и прочность целлюлозно-бумажных материалов. № 4—79.

- Комаров В. И., Казаков Я. В. Определение времени релаксации напряжения целлюлозно-бумажных материалов из статических кривых  $\sigma - \epsilon$  при деформировании и нагружении с постоянной скоростью. № 5—6—130.
- Комаров В. И., Казаков Я. В. Расчет коэффициента Пуассона при испытании на растяжение целлюлозно-бумажных материалов. № 5—6—133.
- Коржничая З. А., Голубева Л. В., Коржова М. А. Получение небеленой сульфитной целлюлозы из древесины сосны. № 2—3—83.
- Корзун Т. Г., Морозова З. П., Горский Г. М. Пути повышения качества обоев высокого способа печати. № 1—90.
- Костюкевич Н. Г., Евтюгин Д. В., Никандров А. Б. Молекулярно-массовые характеристики кислородно-органо-солевых лигнинов. № 2—3—131.
- Латыш В. Г., Чернодубов А. И. О влиянии растительного сырья сосны черной австрийской на состав эфирного масла. № 5—6—140.
- Маковская Т. И., Медведева Е. Н., Закасов А. Н., Гизетдинов Ф. М., Бабкин В. А. Исследование изменений хромофорного состава ТММ и ХТММ при пероксидной отбелке. № 2—3—96.
- Миловидова Л. А., Комарова Г. В., Иванова Г. А., Смирнова Л. А. Влияние введения диоксида хлора при хлорировании на показатели сульфатной лиственной целлюлозы. № 5—6—122.
- Никандров А. Б. Влияние размера древесного сырья на растворение лигнина в условиях кислородно-уксуснокислотной варки. № 2—3—87.
- Никандров Б. Ф., Преденна Н. И., Коврижных Л. П., Эльберт А. А. Изучение влияния совмещенного связующего для древесностружечных плит на коррозию металлов. № 4—76.
- Паюсов С. А., Орехова А. И., Халемский А. М., Шерстобитова Т. М. Эвристическое получение уравнения прикладной кинетики для реакций химического гидролиза. № 5—6—144.
- Паюсов С. А., Орехова А. И., Халемский А. М., Шерстобитова Т. М. Обнаружение активационных барьеров в некоторых реакциях гидролиза. № 5—6—150.
- Пен Р. З., Суворова С. И., Леонова М. О. Низкотемпературная окислительная деглигнификация древесины и свойства волоконистых полуфабрикатов. № 2—3—57.
- Петрова В. В., Мелех М. В. Исследование структурного состояния целлюлозы ранней и поздней древесины сосны и ели методами рентгенографии. № 2—3—116.
- Прокшин Г. Ф., Мухин Ю. А., Троянская А. Ф., Коктытская Н. М. Влияние добавок элементарной серы на образование метилсернистых соединений при низкосульфидной сульфатной варке целлюлозы. № 2—3—74.
- Прокшин Г. Ф., Мухин Ю. А., Попова Л. А. Сульфатная варка целлюлозы с добавками продуктов щелочной активизации гидролизного лигнина водным раствором сульфида натрия. № 2—3—77.
- Пу Цзюнь Вень, Бутко Ю. Г. Исследование сульфатной варки лиственницы маньчжурской с добавками арахинона. № 1—96.
- Пу Юзюнь Вень, Бутко Ю. Г. Влияние антрахинона на расход активной щелочи при сульфатной варке древесины лиственницы маньчжурской. № 4—72.
- Терентьев О. А., Смирнова Э. А., Куров В. С., Смирнов В. А. Теоретическое исследование реологических характеристик бумажной массы с учетом тиксотропно-реопектических свойств. № 2—3—102.
- Терентьев О. А., Васильева С. Г., Тотухов Ю. А., Смирнова Э. А. Внутреннее структурообразование в наполненном каолином волокнистых суспензиях с пониженным содержанием воды. № 2—3—105.
- Тиранов П. П. Снижение расхода химикатов при получении малозольного сульфатного лигнина. № 2—3—166.
- Филатов Б. Н., Павлова Н. Н., Храмов Ю. В., Цветков О. В., Алейник С. В., Преминин В. Ф., Вловин А. А. Оптические методы как средство исследования течения концентрированных целлюлозных суспензий. № 2—3—107.
- Хабаров Ю. Г., Манахова С. В., Софрыгина Л. М. Влияние расходов реагентов и условий обработки на свойства железистого сульфатного комплекса. № 2—3—171.
- Чибриев В. Е., Курятников А. Б., Астахов Ю. С. Технологические аспекты экологически безопасного процесса получения полуфабрикатов сверхвысокого выхода и возможности его промышленной реализации. № 2—3—91.
- Чупка Э. И., Ходырева Н. В., Семенов С. Г. Квантовохимическая оценка влияния растворителя на скорость окисления фенолов, моделирующих нуклеофильные фрагменты лигнина. № 2—3—60.
- Эльберт А. А., Проденна Н. И., Коврижных Л. П. Использование модифицированных лигносульфонатов при синтезе карбамидных смол. № 2—3—88.
- Эльберт А. А., Гамова И. А., Вьюнков С. Н. Получение древесных плит с использованием модифицированного растворимого стекла. № 5—6—115.

## ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

- Блинов А. О., Гейзлер П. С. Об экономическом механизме управления территориальным развитием лесного комплекса в период перехода к рыночным отношениям. № 1—100.
- Гейзлер П. С. Оптимизация сортиментного плана лесозаготовительного предприятия в условиях рынка. № 2—3—184.
- Дун Чжаоцзюнь. Методика разработки стратегии развития лесного образования Китая. № 5—6—172.
- Павлова Н. Ф. Состояние и перспективы рынка малых деревянных домов на Европейском Севере России. № 1—102.
- Панютин А. Н., Мельникова Н. В. Направление совершенствования хозяйственной деятельности малых предприятий. № 5—6—169.
- Романов Е. С. Уточненная методика расчета эффективного фонда времени. № 5—6—162.
- Синякевич И. М., Врублевская Е. В. Возмещение экологического ущерба как элемент платности лесопользования. № 5—6—166.
- Чупров Н. П., Антуфьева Е. Д., Ярунова Т. П., Шунина В. Б. Динамика и тенденции потребления древесины на Европейском Севере. № 1—106.

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

- Алексеев Н. А. Роль ксилофагов в естественных фисташниках Бадхыза (Туркменистан). № 1—115.
- Алексеев Н. А. Медная златка — опасный вредитель шиповника на Колгатаге. № 4—86.
- Вересин М. М., Чернодубов А. Н., Беспаленко О. Н., Белякова Е. Ю. К систематике сосны обыкновенной, подвид кричковайта. № 4—84.
- Веретенников А. В. Воздействие предпосевной солевой обработки семян на фотосинтез всходов древесных растений. № 5—6—178.
- Гоголина Т. В., Мошкалева А. Г. Влияние серных выбросов Череповецкой ГРЭС на ход роста молодых сосны. № 1—118.
- Голяков А. Д. К вопросу о производительности позиционных торцовочных устройств в лесопильном потоке. № 4—97.
- Киселев И. Я. Воздействие предпосевной солевой обработки семян на фотосинтез всходов древесных растений. № 5—6—178.

**У С Л О В И Я**  
**КОНКУРСА ИМЕНИ М. В. ЛОМОНОСОВА**  
**НА ЛУЧШУЮ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКУЮ**  
**И ВНЕДРЕНЧЕСКУЮ РАБОТУ**  
**ПО ПРОБЛЕМАМ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**  
**АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ**

Цель конкурса — привлечение к разработке и внедрению на территории области:

ресурсосберегающих технологических приемов добычи, переработки природных ресурсов, утилизации и захоронения отходов;

эффективных мер по предотвращению загрязнения и деградации природной среды, коренному улучшению экологической обстановки;

условий для улучшения жизни людей и сохранения их здоровья.

**Участники конкурса:** трудовые коллективы, технические группы и отдельные граждане, работающие на промышленных, сельскохозяйственных, транспортных и других предприятиях, в исследовательских, проектных и прочих организациях, в том числе общественных, независимо от форм собственности.

Конкурс проводят: Ломоносовский фонд, Комитет охраны окружающей среды и природных ресурсов Архангельской области, внебюджетный Государственный экологический фонд Архангельской области.

**Условия конкурса.** Конкурс является открытым, в нем могут принимать участие граждане как России, так и других государств, представившие материалы, отражающие вклад автора (авторов) в решение экологических проблем территории области, к которым относятся:

схрана и рациональное использование природной среды в районах интенсивного освоения и использования природных ресурсов;

функционирование водных экосистем;

снижение техногенного пресса от предприятий химической переработки древесины;

ограничение поступления загрязняющих веществ от транспортных средств;

оценка природно-ресурсного потенциала;

выявление и регламентация природных комплексов, наиболее ценных для туризма, отдыха и курортного лечения;

изучение медико-экологических вопросов;

правовое и экономическое регулирование природопользования в условиях перехода от централизованного планирования к рыночным отношениям.

Участники до 1 февраля 1995 года должны представить в конкурсную комиссию, учрежденную организаторами конкурса, материалы исследований или внедрений, а также обоснования необходимости продолжения исследовательских или внедренческих работ в 1995 году.

Объем материалов не должен превышать 30—50 страниц машинописного текста (через полтора или два интервала). Чертежи и иллюстрации должны быть скомпонованы на листе того же размера. Срок устанавливается по почтовому штемпелю.

Представляемые материалы должны содержать теоретические предпосылки к исследованиям или их внедрению, описание исследова-

ний или внедренческого проекта, практическую значимость и способы реализации. Необходимо указать фамилии авторов и руководителей работ, организации или коллективы соисполнителей.

В срок до 1 марта 1995 года материалы будут рассмотрены группами экспертов. Заключение будет представлено в конкурсную комиссию, которая подведет итоги конкурса к 25 марта и объявит их в день 230-летия со дня смерти М. В. Ломоносова — 5 апреля.

**Основные критерии** для определения победителей конкурса:

научные достижения, подтвержденные публикациями и авторскими свидетельствами;

ценность и выполнимость исследовательского проекта;

эффективность применения и возможность широкого использования внедренческой работы.

**Поощрения.** Для победителей конкурса установлены дипломы и премии:

в области научных исследований три премии по 3 млн рублей;

в области внедрения наиболее эффективных работ две премии по 4 млн рублей;

пять поощрительных премий по 1 млн рублей.

Размеры премий будут индексированы с учетом инфляции.

Работы победителей конкурса предусмотрено опубликовать в научных журналах и средствах массовой информации.

---

- Киселев Н. Я. О термическом распаде этиленгликоля. № 5—6—180.
- Кузнецов Ю. А. Уравнения высоты и длины пламени фронта пожара на беслесных площадях Забайкалья. № 4—93.
- Кунтыш В. Б., Пивр А. Э. Теплообмен и аэродинамическое сопротивление в пучках из труб с накатными ребрами для воздухоподогревательных установок. № 4—107.
- Литвак П. В., Ляшенко Н. И. Летуние выделения сосны обыкновенной в Полесье Украины. № 1—113.
- Максимов В. М., Кошовский Н. В. Изучение структуры плюсовых посадений сосны обыкновенной по составу монотерпенов живицы в условиях Цинцигского бора Тамбовской области. № 1—129.
- Некрасов В. В. Влияние природы растворителя на удельные объемы сульфатного лигнина. № 4—120.
- Попова Л. Г., Юринова А. А., Киррианов А. И. Применение биопрепаратов на основе черного сульфатного шелока при выращивании саженцев ели с закрытой корневой системой. № 4—90.
- Рыльщикова В. В., Веселков В. И., Мильченко И. В. Контроль углов разворота шкивса ленточноопильного станка способом бесового нивелирования. № 4—98.
- Сабуров Э. Н., Власов Ю. А., Остафев С. И. Экспериментальное исследование аэродинамики циклонной эллиптической камеры. № 1—123.
- Самощанин Е. Н., Крючкова Л. А. Активация роста культур сосны N-нитрозодиметиламоновой. № 4—88.
- Серов Е. Н., Лабудин Б. В., Шаловалова Л. Г. Проблемы сохранения и инженерной реставрации деревянных конструкций в памятниках архитектуры. № 4—103.
- Ушатин И. П., Ащеулов Д. И. Перспективы лесовосстановления на вырубках в зависимости от способа рубки и технологии лесоразработок в условиях Пермской области. № 1—120.
- Чернодубов А. И., Чернодубова О. А. К проблеме облесения меловых обнажений юга Русской равнины. № 4—95.
- Шепель Г. А. Определение параметров процесса индукционного нагрева ферромагнитных сталей. № 4—112.

### ИСТОРИЯ НАУКИ

- Богомолов Б. Д. Выдающийся ученый Надежда Николаевна Шерыгина. № 4—122.
- Либжанидзе Э. Д., Махатадзе Л. Б. Ученый, педагог, общественный деятель. К 90-летию со дня рождения В. З. Гулисанили (1903—1979). № 5—6—183.
- Манойленко К. В. Владимир Николаевич Любимовко — выходец Петербургского лесного института (к 120-летию со дня рождения). № 5—6—184.
- Редько Г. И., Брашовский М. Я. Память ученого (к 100-летию со дня рождения В. В. Огневского). № 1—132.
- Тюрин Е. Г. Трудные первопроходцы (к 110-летию Вологодского лесоустройства). № 2—3—188.

### ИЗ ЖИЗНИ ВУЗОВ

- Омелин В. И. 100 лет Санкт-Петербургской лесотехнической академии. № 2—3—191.

### НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

- Васильев В. И., Питухин А. В. Международная конференция «Лес, окружающая среда и новые технологии в Северной Европе». № 5—6—190.
- Уголев Б. Н. Двнадцатая сессия Координационного совета по лесосиноводству. № 5—6—188.
- Цехмистренко А. Ф. Годичное собрание Отделения лесного хозяйства и защитного лесоразведения Российской академии сельскохозяйственных наук. № 4—123.
- Чибисов Г. А. Бореальные леса. Международная информация. № 4—127.

### КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

- Веретенников А. В. Книга о теоретических основах продуцирования процесса в сосняках средней подзоны тайги. № 5—6—191.
- Медехов Н. С. Ценный научный труд. № 4—129.
- Родин А. Р., Набатов Н. М. Полезные учебные пособия. № 1—134.

### ЮБИЛЕИ

- Коллективы ЦНИИМОДА, факультета механической обработки древесины Архангельского лесотехнического института, редакция «Лесного журнала». Юрию Михайловичу Стахову — 60 лет. № 5—6—192.

### НЕКРОЛОГИ

- Константинов В. К. Академик Дмитрий Павлович Столяров. № 4—134.
- Ректорат, деканат лесохозяйственного факультета и Совет ветеранов Архангельского лесотехнического института, редакция и редакция «Лесного журнала». Петр Носифович Войчал. № 5—6—193.