

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

---

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ  
ЗАВЕДЕНИЙ

---

*Лесной журнал*

*ГОД ИЗДАНИЯ ПЯТНАДЦАТЫЙ*

1

1972

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

Ответственный секретарь редакции А. И. Кольцова.

---

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

Выходит 6 раз в год.

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

---

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 1.

(Год издания пятнадцатый)

---

Сдан в набор 12/1 1972 г. Подписан к печати 3/IV 1972 г. Форм. бум. 70 × 108<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Печ. л. 15,4 + 4 вкл. Физ. л. 11. Уч.-изд. л. 15,485. Тираж 2050.  
Сл 00368. Заказ № 8748. Цена 1 руб.

---

Типография им. Склепина, г. Архангельск, Набережная В. И. Ленина, 86.

## ГОТОВИТЬ ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ ИНЖЕНЕРОВ — ОРГАНИЗАТОРОВ ПРОИЗВОДСТВА, БОРЦОВ ЗА КОММУНИЗМ!

XXIV съезд КПСС разработал грандиозную программу дальнейшего поступательного движения нашего общества к коммунизму. В ней важное место отводится высшей школе, призванной готовить высококвалифицированные кадры для народного хозяйства.

Огромное значение для дальнейшего развития высшего образования имеют положения, выдвинутые в речи Генерального секретаря ЦК КПСС Л. И. Брежнева на первом Всесоюзном слете студентов 19 октября 1971 г.

«Советский специалист сегодня, — говорил Л. И. Брежнев, — это человек, который хорошо овладел основами марксистско-ленинского учения, ясно видит политические цели партии и страны, имеет широкую научную и практическую подготовку, в совершенстве владеет своей специальностью.

Советский специалист сегодня — это умелый организатор, способный на практике применить принципы научной организации труда. Он умеет работать с людьми, ценит коллективный опыт, прислушивается к мнению товарищей, критически оценивает достигнутое.

И, конечно, современный специалист — это человек высокой культуры, широкой эрудиции, в общем, это настоящий интеллигент нового, социалистического общества».

В подготовке такого специалиста первостепенную роль играет овладение им в полном объеме программным материалом. Лишь хорошо подготовленный специалист может идти в ногу с достижениями науки и техники, видеть перспективы их прогресса. Очень важно развивать творческие способности студентов, прививать им навыки информационного поиска.

«Процесс обучения в вузе сегодня все больше опирается на самостоятельную, близкую к исследовательской, деятельность студента», — отметил Л. И. Брежнев. Активное участие студентов в студенческих конструкторских бюро, научных кружках, самостоятельная подготовка научных рефератов, докладов, непосредственная работа в лабораториях должны стать неотъемлемой частью подготовки специалистов. Одна из важнейших задач высшей школы — дальнейшее улучшение экономической подготовки специалистов. Советский инженер обязан в совершенстве знать экономическую теорию, научную организацию труда, вычислительную технику и методы ее применения в технических и экономических расчетах. К решению технических проблем он всегда должен подходить с конкретным экономическим анализом. Ставится задача добиться органической взаимосвязи преподавания специальных дисциплин с экономическими.

Важнейшая составная часть подготовки специалистов — формирование у студентов коммунистического мировоззрения, высокой партийности и идейной убежденности. Глубокое изучение марксистско-ленин-

ской теории играет решающую роль в их коммунистическом воспитании. Поэтому в своей речи Л. И. Брежнев особо подчеркнул, что «творчески освоить специальность, стать активным участником нашего коммунистического строительства, проводником политики партии в массах можно лишь овладев марксистско-ленинской теорией. Учение марксизма-ленинизма — это основа, неотъемлемая составная часть знаний специалиста любого профиля».

Предстоит большая работа по совершенствованию преподавания общественных наук. Важнейшие задачи кафедр общественных наук заключаются в том, чтобы повысить научный уровень курсов истории КПСС, философии, политической экономии, научного коммунизма, обеспечить систематическое изучение студентами трудов Маркса, Энгельса, Ленина, решений XXIV съезда КПСС, дать научно аргументированную критику современной буржуазной идеологии, антикоммунизма, реформистских и ревизионистских концепций.

В решениях XXIV съезда КПСС и в речи Л. И. Брежнева на студенческом слете предъявлены новые повышенные требования и к коммунистическому воспитанию студенческой молодежи. «Мелочей в воспитательной работе не бывает и быть не может, — подчеркнул Л. И. Брежнев. — Ведь здесь речь идет об одном из самых сложных и ответственных дел — о формировании душ и характеров, о закалке сердец и ума строителей будущего!»

Огромную роль в идейном воспитании молодежи должны играть вузовские партийные, комсомольские и профсоюзные организации. Они призваны вооружать молодых специалистов навыками организаторской и общественно-политической работы. В последние годы оправдала себя такая важная форма развития творческого отношения к изучению марксистско-ленинской теории как проведение всесоюзных конкурсов студенческих работ по общественным наукам. Как формы приобщения студентов к агитационно-пропагандистской работе интересны школы молодого лектора, факультеты общественных профессий, агитпоходы. Замечательной школой трудового и идейно-политического воспитания молодежи стали студенческие отряды, получившие высокую оценку Центрального Комитета нашей партии.

Новые задачи в области коммунистического воспитания студенческой молодежи практически поставили вопрос о введении в высших учебных заведениях общественно-политической практики студентов.

В высших учебных заведениях работают 348,8 тыс. научно-педагогических работников, среди которых 11,4 тыс. докторов наук и 104 тыс. кандидатов наук. Л. И. Брежнев с большой теплотой говорил о наставниках нашего студенчества: «У нас тысячи замечательных работников: преподавателей, доцентов, профессоров. Где бы они ни трудились: в знаменитом, со славной историей университете или в новом институте, биография которого только начинается, их труд, их опыт, их знания — бесценный капитал для нашего общества».

Л. И. Брежнев обратился к студентам с призывом быть достойными своих учителей, перенимать их идейную убежденность, сознательное творческое отношение к труду, научную эрудицию, методику работы, активно претворять в жизнь ленинский лозунг: «Учиться, учиться и учиться!».

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 634.0.232

ГУСТОТА ЧАСТИЧНЫХ КУЛЬТУР ЕЛИ  
И ТЕХНОЛОГИЯ ИХ ПРОИЗВОДСТВА

В. В. ОГИЕВСКИЙ

Ленинградская лесотехническая академия

Рассмотрен вопрос об особенностях густоты при частичных культурах ели в основных типах лесорастительных условий. Изложена технология производства культур.

Культуры ели, как правило, создают на вырубках, успешно возобновляющихся мягколиственными породами и кустарниками, которые в дальнейшем, наравне с елью, принимают участие в формировании выращиваемого насаждения. Обладая в молодости более быстрым ростом, они могут заглушать ель и не давать ей выйти в верхний полог. Поэтому особенно важно осветлять еловые культуры. Формирование насаждения с преобладанием в первом ярусе ели можно считать успешным, если в первый ярус выйдет около 500 деревьев ели на 1 га.

Отсюда можно сделать вывод, что частичные культуры ели не должны быть густыми, и за ними следует обеспечить необходимый уход. Аналогичным путем выращивают культуры дуба (коридорным способом А. П. Молчанова).

При больших площадях культур ели особенно важно снизить объемы работ по осветлению. Частичные культуры ели создают редкими рядами, размещенными одиночно или попарно, в которых в дальнейшем возможно своевременное проведение осветлений.

Естественный молодняк, сохранившийся между рядами, обеспечивает достаточную густоту выращиваемых культур, поэтому ту его часть, которая не мешает росту ели, надо сохранять.

Между тем, при выявлении результативности культур ели, требование к их густоте выдвигается не на основании классического опыта культур дуба, а исходя из требований, предъявляемых к наличию ели на вырубках при ее успешном естественном возобновлении. Частичные культуры ели с небольшим числом посадочных мест признаются неудовлетворительными.

На хорошо дренированных почвах (кисличные, кислично-черничные, брусничные и бруснично-черничные типы лесорастительных условий) при частичных культурах с применением плужной подготовки почвы ель следует сажать в дно борозды, которая делается в основном двухотвальным плугом (ПКЛ-70 и др.). При достаточной маневренности и проходимости плуга вспашка не должна вызывать значительного обеднения почвы на обрабатываемой полосе. Каждой полосе будет соответствовать один ряд культур. Перспективна и вспашка ввал плугом, вновь сконструированным ВНИИЛМом.

На свежих вырубках с временным избыточным увлажнением (влажные черничники, таволжники и др.) для подготовки почвы могут быть использованы одноотвальные плуги, посадка (посев) в гребни (пласты). К каждому гребню (пласту) приурочен один ряд культур. Предварительная корчевка пней в этих случаях необязательна.

На старых вырубках при устойчивом избыточном увлажнении борозды и пласты напахивают двухотвальными плугами, наиболее подходящими в конкретных условиях (ПЛП-135, ПЛН-106/126, ПКЛ-70, ПКН-500 и др.). Обработка почвы, как правило, сочетается с элементарными осушительными мероприятиями. В этих случаях посадку или посев проводят в оба пласта. Имеют место борозды (используемые и для осушительных целей), напаханные на заданном расстоянии (6—8 м), и спаренные ряды культур по пластам, сопутствующим бороздам. Расстояние между спаренными рядами определяется габаритами борозд и пластов.

Пройодимость и маневренность двухотвальных плугов, естественно, ниже, чем одноотвальных, но и при использовании их надо стремиться обойтись без предварительной подготовки трассы для трактора и плуга.

В известной мере это возможно при применении плугов повышенной прочности, выполняющих некоторые функции корчевателя. Пробразом такого плуга является плуг ПЛП-135, навешиваемый перед трактором, способный удалять мелкие пни, готовить дорогу трактору; пласты прикатываются гусеницами трактора. Однако этот плуг требует усовершенствования.

Прямолинейность рядов посадок (посевов) в коридорах создает условия для механизации работ: по подготовке лесокультурной площади, обработке почвы под лесные культуры, посадке сеянцев (саженцев), уходу за лесными культурами различного возраста, борьбе с вредителями, болезнями, по подкормке и т. д. Для удаления крупных пней, которые нельзя обойти, применим разработанный нами взрывной метод (ЦБНТИ — 1971).

Расстояние между серединами коридоров для ели следует принять 6—8 м, а учитывая наличие спаренных рядов культур — его можно увеличить и до 10 м и более (фактически расстояние между парами рядов не более 8 м). Это позволит в 1,5—2 раза сократить протяженность напахиваемых борозд и гребней, объем работ по производству культур на 1 га в целом и, в частности, уходов за культурами.

При создании культур посадкой сеянцев нет особых причин отказываться от общепринятого расстояния между посадочными местами в 1 м; при большей густоте очень скоро придется изреживать культуры, что вызовет дополнительные трудовые затраты. При посадке саженцев или сеянцев по пластам в попарно сближенных рядах с обеих сторон плужной борозды расстояние в рядах может варьировать от 0,5 до 2 м. В последнем случае посадочные места следует располагать в шахматном порядке, строго соблюдая шаг посадки.

Общее число посадочных мест на 1 га в варианте с рядовой посадкой при расстоянии в рядах 1 м и между рядами 6 м составит 1875, при расстоянии 8 м — 1250 мест. Таково же число мест при посадке попарно сближенными рядами (в пласты по обе стороны борозды) при расстоянии в рядах 2 м, а если это расстояние уменьшить до 1 м, число посадочных мест соответственно увеличится.

Учитывая биологическую особенность ели — медленный рост в первые годы жизни, для сокращения потребности в осветлениях при частичных культурах целесообразна посадка ели саженцами, имеющими биологический возраст 4—5 лет, когда они начинают расти быстрее и меньше нуждаются в уходах. Разработанный нами (по опыту Латвии) для северо-запада РСФСР способ выращивания саженцев ели в уплотненных школах, с полной механизацией всех процессов, с выходом 200—300 тыс. саженцев с 1 га школы (уже внедренный Ленинградским областным управлением лесного хозяйства) экономически вполне приемлем.

Вопрос об экономической целесообразности применения посадочных машин при редких посадках (1250—1875 мест на 1 га) следует считать дискуссионным. Надо опробовать на производстве мотобуры и последующую ручную заделку корней.

Не следует целиком отказываться и от культур ели био группами. Механизация работ и здесь все же возможна. По данным Н. И. Казимирова, ель естественных био групп обладает большей способностью выходить в верхний полог, чем одиночные деревья (Карелия).

Если ориентироваться на крупные био группы (как при котловинном способе реконструкции молодняков), число их может быть 100—200 на 1 га. При создании таких био групп в производственных условиях применяют для подготовки почвы бульдозеры или корчеватели-собиратели. Этот опыт следует учесть при конструировании новых машин. Однако производство культур био группами трудно сочетать с элементарным осушением избыточно увлажненных территорий.

Подводя итог, можно сказать, что частичные культуры ели следует создавать так, чтобы при минимальных затратах труда и средств ель в достаточном количестве вышла в верхний полог.

Поступила 28 октября 1971 г.

УДК 634.0.5

## К ИЗУЧЕНИЮ ХОДА РОСТА СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ БИЛИМБАЕВСКОГО ЛЕСХОЗА

М. Н. ЕГОРОВ

Уральский лесотехнический институт

На основании анализа хода роста сосняков Билимбаевской дачи (с 1924 г. по 1968 г.) выведены действительные средние таксационные показатели хода роста и составлены эскизы местных таблиц хода роста сосняков.

Ход роста сосняков Билимбаевского лесхоза, расположенного в южной части Среднего Урала, мы изучали на основе обширных сохранившихся архивных и лесоустроительных материалов. Впервые этот вопрос был затронут в «Сведениях о лесах и лесоводстве в даче Билимбаевского завода 1841—1846» [9], где делается попытка объяснить различия в росте сосны в зависимости от почвенно-грунтовых условий.

А. Е. Теплоухов [11] опубликовал таксационные данные пяти проб Билимбаевского лесничества, из этих данных следует, что наивысшими классами бонитета и полноты представлены сосняки, занимающие богатые гумусом глинистые почвы; низшими — сосняки, приуроченные к каменистым склонам, где «положение выше».

Обстоятельные сведения по определению среднего и текущего приростов сосняков дачи приводятся в объяснительной записке Эгонь-Бессера «Дела Уральского горного управления по доставлению тайному советнику Менделееву сведений о состоянии и эксплуатации лесных дач Уральских казенных и посессионных заводов. 1899—1900 гг.» [2], где, в частности, отмечается: «...для определения прироста среднего и текущего в насаждениях были произведены специальные исследования и заложены в разных местах дачи 4 пробные площади, из них 3 по десятине и одна в  $\frac{1}{2}$  десятины... Средний прирост в 100-летнем сосновом насаждении выразился 108,89 куб. фут (3,08 м<sup>3</sup>), в 30-летнем 48,60 куб. фут (1,38 м<sup>3</sup>) на десятину. Работа велась тщательным образом и по способам, отличающимся наибольшей точностью».

Окружной лесничий Билимбаевского завода А. Н. Бояршинов [1] отмечал, что «сосна при одинаково хорошей полноте (0,8) на разных почвах показывает неодинаковый годовой прирост и наибольшей величины она достигает к различному «возрасту», и что наибольший средний прирост сосна дает на 10 лет раньше в типе леса травяной бор по березовому сметнику, чем в борах зеленомошниках и беломошниках, и на 15 лет раньше, чем в сухом бору.

Вопросы изучения хода роста затрагиваются и в материалах таксации дачи 1876—1877 г. (80 проб), 1900—1901 г. (274 пробы), лесоустройства 1917 г. (57 проб), лесоинвентаризации дачи 1935 г. (2 пробы). Однако наиболее приемлемы для составления местных таблиц хода роста материалы лесоустройств дачи 1924 г. (45 проб) [7], 1928 г. (37 проб) [8], 1938 г. (6 проб) [3], 1955 г. (16 проб) [4], 1968 г. (8 проб) [12], отражающие ход роста сосновых древостоев I, II, III классов бонитета.

На основании анализа хода роста сосняков дачи [7], [8], [3], [4], [12] и статистической обработки результатов нами были выведены действительные средние таксационные показатели и составлены местные таблицы хода роста сосновых насаждений лесхоза (табл. 1).

Таблица 1

Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Средний запас, м <sup>3</sup> на 1 га	Прирост, м <sup>3</sup> на 1 га	
				средний	текущий
I класс бонитета					
30	13,0	11,7	174	5,80	—
40	15,9 ± 0,4	15,8 ± 0,2	260 ± 6	6,50 ± 0,46	7,6
50	19,3 ± 0,4	19,3 ± 0,4	314 ± 19	6,40 ± 0,28	6,7 ± 0,8
60	22,0 ± 0,35	23,2 ± 0,2	374 ± 23	6,27 ± 0,35	6,0 ± 0,5
70	24,1 ± 0,2	25,7 ± 0,4	423 ± 24	6,02 ± 0,37	4,9 ± 0,35
80	25,8 ± 0,1	28,3 ± 0,6	466 ± 27	5,73 ± 0,40	4,3 ± 0,7
90	27,1 ± 0,1	30,2 ± 0,8	505 ± 32	5,46 ± 0,44	4,0 ± 0,9
100	28,2 ± 0,2	31,9 ± 1,0	539 ± 38	5,20 ± 0,47	3,7 ± 0,8
110	29,0 ± 0,1	33,4 ± 1,2	567 ± 41	4,91 ± 0,47	3,5 ± 0,7
120	29,8 ± 0,1	36,8 ± 0,03	632 ± 27	4,89 ± 0,59	3,0 ± 0,8
130	30,2 ± 0,3	38,6 ± 0,03	650 ± 25	4,21 ± 0,96	2,6 ± 1,1
II класс бонитета					
40	14,0 ± 1,5	15,0 ± 1,0	174 ± 1	4,34 ± 0,04	5,4 ± 0,85
50	16,7 ± 1,25	18,9 ± 0,6	223 ± 3	4,45 ± 0,13	5,0 ± 0,0
60	18,9 ± 0,9	22,6 ± 1,0	273 ± 3	4,55 ± 0,13	4,9 ± 0,4
70	20,6 ± 0,6	25,7 ± 1,5	312 ± 7	4,45 ± 0,13	4,1 ± 0,26
80	22,2 ± 0,4	27,1 ± 1,7	353 ± 6	4,42 ± 0,05	4,0 ± 0,26
90	23,5 ± 0,2	29,3 ± 1,9	391 ± 4	4,32 ± 0,07	3,9 ± 0,22
100	24,5 ± 0,4	31,1 ± 2,3	427 ± 5	4,22 ± 0,01	3,7 ± 0,40
110	25,6 ± 0,5	32,6 ± 2,5	460 ± 8	4,12 ± 0,10	3,4 ± 0,5
120	26,5 ± 0,6	33,7 ± 2,6	486 ± 12	3,91 ± 0,16	2,7 ± 0,6
130	27,0 ± 0,7	34,7 ± 2,6	505 ± 13	3,43 ± 0,43	2,3 ± 0,6
140	27,3 ± 0,7	35,4 ± 2,6	520 ± 16	3,06 ± 0,64	2,2 ± 0,6
III класс бонитета					
50	13,0	16,0	194	3,63 ± 0,25	—
60	15,8 ± 0,3	16,0 ± 3,0	238 ± 2,0	3,97 ± 0,10	4,6
70	17,9 ± 0,35	19,3 ± 2,2	280 ± 0,4	4,01 ± 0,0	4,2 ± 0,2
80	19,8 ± 0,3	22,0 ± 2,0	319 ± 3,0	3,99 ± 0,0	3,8 ± 0,4
90	21,2 ± 0,25	24,4 ± 1,7	350 ± 6,0	3,89 ± 0,06	3,0 ± 0,4
100	22,5 ± 0,25	25,8 ± 1,5	378 ± 8,0	3,78 ± 0,08	2,6 ± 0,2
110	23,2 ± 0,2	28,0 ± 1,6	400 ± 10,0	3,64 ± 0,10	2,2 ± 0,2
120	24,1 ± 0,1	29,1 ± 1,4	420 ± 9,5	3,49 ± 0,08	2,0 ± 0,0
130	24,7 ± 0,5	30,1 ± 1,4	436 ± 10,0	3,35 ± 0,07	1,6 ± 0,0
140	24,9 ± 0,4	31,2 ± 1,3	448 ± 8,0	3,20 ± 0,06	1,3 ± 0,1

Изменчивость рассматриваемых показателей слабая (в пределах 5%), достоверность вывода во всех случаях больше 3.

Запасы на 1 га в нашей таблице незначительно отличаются от данных других таблиц хода роста сосны Урала ([5], [6], [10] и др.). Запас по таблицам для Ленинградской области выше на 9,5—27,7%, Куйбышевской — ниже на 6,7—19,6%, Архангельской — ниже на 5,2—13,0%.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. Н. Бояршинов. План лесного хозяйства в Билимбаевской даче графа С. И. Строганова. Свердловский государственный архив, ф. 55, д. 803, 1913. [2]. Дела Уральского горного управления о доставлении Менделееву сведений о состоянии и эксплуатации лесных дач Уральских казенных и посессионных заводов, 1899—1900. Свердловский государственный архив, ф. 55, д. 683. [3]. С. Я. Дикаревский. План лесного хозяйства по Билимбаевскому лесхозу. Т. 3, 1938. [4]. В. И. Жарков. Организационно-хозяйственный план Билимбаевского лесхоза. Кн. 1, Молотов, 1955. [5]. Д. А. Милованович. Ход роста нормальных насаждений сосны, ели и березы Среднего Урала. Пермь, 1929. [6]. М. К. Новиков. Массовые таблицы объема и сбегса сосны Среднего Урала. Кандидатская диссертация, УЛТИ, 1943. [7]. В. И. Панин. Отчет по Б. даче Б. лесничества Уральской области Свердловского округа устройства 1924—1925 гг., т. 1. [8]. В. И. Панин. Отчет по Ново-Уткинскому лесничеству Уральской области Свердловского округа устройства 1928—1929 гг., т. 1. [9]. Сведения о лесах и лесоводстве в даче Билимбаевского завода 1841—1846 гг. Свердловский государственный архив, ф. 9, д. 247. [10]. С. В. Соколов. Исследование роста и товарности сосновых насаждений подзоны южной тайги Зауралья. Кандидатская диссертация, Свердловск, 1970. [11]. А. Е. Теплоухов. Замечания о лесном хозяйстве и поведении важнейших древесных пород на горном Урале сравнительно с породами Новгородской губернии. Сб. «Forstliches Gotta album», 1844. [12]. П. Ф. Трусов. Организационно-хозяйственный план Билимбаевского лесхоза. Т. 1, 1968.

Поступила 15 ноября 1971 г.

УДК 634.0.161.4

### НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ РОСТА ХВОИ СИБИРСКИХ ПОРОД

В. А. ЕЛАГИНА, В. Г. ЛУКАНИНА

Сибирский технологический институт

Установлены различные продолжительность роста хвои сибирских пород и ее размеры в зависимости от положения в кроне дерева, метеорологических условий и сексуальной принадлежности сосны.

Сибирские хвойные — основные лесообразователи сибирской тайги. Всестороннее изучение биологии этих пород представляет определенный теоретический и практический интерес.

Наши исследования по изучению особенностей роста хвойных сибирских пород проведены в двух географических пунктах: в Красноярске (Караульное учебно-опытное лесничество) и в Щучинске, Кокчетавской области (дендрарий Боровского лесного техникума и Бармашинский опытный лесхоз), характеризующихся следующими климатическими показателями: средняя годовая температура соответственно  $+0,5^{\circ}$  и  $+1,1^{\circ}$ ; абсолютная максимальная  $+35^{\circ}$  и  $+41^{\circ}$ ; абсолютная минимальная  $-52^{\circ}$  и  $-47^{\circ}$ ; продолжительность безморозного периода 120 и 115 дней; осадки за год 402 и 306 мм; показатель увлажнения за год 0,32 и 0,21.

Динамику роста хвои изучали в дендрарии Боровского лесного техникума. У десяти 20—40-летних деревьев каждой породы один раз в неделю измеряли длину верхушечного побега и хвоинок с точностью до 0,1 см. Средние замеры хвои представлены в табл. 1. У сосны и

Таблица 1

Дата измерения	Длина верхушечного побега (числитель) и хвои (знаменатель), см			
	сосны	кедра	ели	пихты
5 мая	$\frac{1,3}{-}$	$\frac{1,0}{-}$	—	—
12 "	$\frac{1,4}{-}$	$\frac{1,1}{-}$	—	—
19 "	$\frac{2,3}{-}$	$\frac{1,5}{-}$	—	—
26 "	$\frac{3,3}{-}$	$\frac{2,2}{0,3}$	$\frac{0,6}{-}$	—
2 июня	$\frac{5,5}{0,2}$	$\frac{3,0}{0,7}$	$\frac{0,7}{0,3}$	$\frac{0,6}{-}$
9 "	$\frac{9,6}{0,5}$	$\frac{3,3}{1,2}$	$\frac{1,4}{0,9}$	$\frac{0,7}{-}$
16 "	$\frac{22,0}{1,0}$	$\frac{3,5}{2,7}$	$\frac{4,3}{1,3}$	$\frac{4,8}{-}$
23 "	$\frac{29,0}{1,6}$	—	$\frac{14,5}{1,4}$	$\frac{9,7}{0,2}$
30 "	$\frac{31,0}{2,5}$	—	$\frac{21,5}{1,5}$	$\frac{15,2}{0,5}$
7 июля	$\frac{3,5}{-}$	$\frac{-}{7,0}$	$\frac{22,5}{1,6}$	$\frac{26,0}{0,9}$
14 "	$\frac{4,3}{-}$	$\frac{-}{7,0}$	—	$\frac{31,0}{1,2}$
21 "	$\frac{5,0}{-}$	$\frac{-}{8,0}$	—	$\frac{33,0}{1,4}$
28 "	$\frac{5,5}{-}$	$\frac{-}{8,3}$	—	$\frac{34,2}{2,0}$
4 августа	$\frac{5,8}{-}$	$\frac{-}{8,4}$	—	—

кедра сибирского рост хвои продолжается 9—11 недель и прекращается в конце июля — начале августа. У пихты сибирской и у ели сибирской рост хвои продолжается около пяти недель, причем у ели начинается и заканчивается на полмесяца раньше. В зависимости от метеорологических условий разных лет эти сроки могут смещаться.

Известно, что на вес и влажность хвои влияет ее собственный возраст [2]—[4]. Наши данные (табл. 2) подтверждают, что влажность хвои уменьшается с повышением ее возраста и увеличивается в верхних частях кроны.

Широкая изменчивость размеров хвои сосны отмечена многими исследователями [6]. Размеры хвои зависят от ряда факторов, прежде всего, от биологических особенностей каждой древесной породы, которые в порядке возрастания длины хвои располагаются следующим образом: ель сибирская, пихта сибирская, сосна обыкновенная, кедр сибирской. У одной и той же особи хвоя различается в зависимости от положения ее в кроне. У 40-летней сосны абс. сухой вес 100 пар хвоек в верхней секции кроны составил  $6,5 \pm 0,05$  г, в нижней  $1,7 \pm 0,01$  г.

Вес хвои зависит и от положения дерева в древостое. У деревьев 1-го и 2-го классов роста длина и вес хвои больше, чем у деревьев 4-го

Таблица 2

Возраст дерева, лет	Секция кроны	Влажность хвои, % к весу сухой хвои, в возрасте, лет				
		1	2	3	4	5
Сосна обыкновенная						
50	Верхняя	187	130	120	109	102
	Нижняя	157	114	111	108	101
Кедр сибирский						
50	Верхняя	211	140	127	121	—
	Нижняя	154	138	127	119	—
Ель сибирская						
50	Верхняя	146	129	113	109	102
	Нижняя	154	115	108	101	94
Пихта сибирская						
50	Верхняя	140	119	113	107	104
	Нижняя	138	116	112	107	101

и 5-го классов. Так, у 40-летней сосны 5-го класса роста хвоя в верхней секции кроны по сухому весу в 4—5 раз меньше, чем на деревьях 1-го класса. В нижней секции кроны разница в размерах хвоинок относительно невелика. В условиях засушливого климата Кокчетавской области заметно существенное влияние осадков на рост хвои у сибирских пород (табл. 3 и 4).

Таблица 3

Год	Количество осадков, мм, по месяцам				
	май	июнь	июль	всего в мае и июне	всего в мае, июне и июле
1963	22,3	4,7	150	27	177
1964	55,2	34,8	58,6	89,5	148
1965	32,3	17,1	23,9	49,4	73,5
1966	50,9	22,6	29,5	73,5	103,0

Таблица 4

Порода	Возраст деревьев, лет	Длина хвои, см, по годам			
		1963	1964	1965	1966
Кедр сибирский . . . . .	30	6,3 ± 0,34	12,6 ± 0,98	5,9 ± 0,45	7,5 ± 0,66
Сосна обыкновенная . . . . .	30	6,0 ± 0,39	6,9 ± 0,42	3,8 ± 0,29	4,2 ± 0,31
Ель сибирская . . . . .	30	1,5 ± 0,14	2,0 ± 0,17	1,8 ± 0,15	1,9 ± 0,14
Пихта сибирская . . . . .	30	2,7 ± 0,19	3,2 ± 0,31	2,6 ± 0,22	2,9 ± 0,18

Данные табл. 3 и 4 показывают, что средняя длина хвои главного верхушечного побега находится в прямой зависимости от количества осадков, выпавших в период роста. Существенно не только общее их количество, но и характер распределения на протяжении этого периода. Например, несмотря на большое количество осадков в 1963 г., длина хвои, особенно у кедра, была ниже ожидаемой. Объясняется это неравномерным распределением осадков во времени. В июне, когда рост хвои наиболее интенсивен, стояла засуха (за месяц выпало меньше 5 мм). Дожди пошли в июле. В этот период рост хвои заканчивался и

осадки уже не могли ему способствовать. В 1964 г. на протяжении всего вегетационного периода условия увлажнения были оптимальными, и хвоя этого года у всех пород резко выделяется по размерам.

На рост хвои существенно влияет состояние самого дерева, в частности, соотношение между размерами кроны и корневой системы. Резкое снижение густоты кроны в результате уничтожения хвои первичными вредителями сопровождается увеличением размеров хвои, образующейся в следующем году. Повреждения корневой системы служат причиной образования мелкой хвои.

В Кокчетавской области хвоя у сибирских пород опадает во второй половине августа и начале сентября. В благоприятные годы опад хвои может и не быть и, наоборот, в засушливые годы (1957, 1968) он в 2—3 раза превышал годовую норму; в эти годы одновременно отмирала хвоя двух-трех возрастов.

В литературе имеются сведения [6] о большой продолжительности жизни хвои (иногда до 9 лет) на побегах с мужскими генеративными органами. Интересна одна биологическая особенность сосны: продолжительность жизни ее хвои в пределах кроны одного дерева заметно варьирует. На верхних женских ветвях, образующих женские генеративные органы, хвоя живет 2—4 года; в нижней части кроны на ветвях с мужскими генеративными органами — до 7 лет.

В природе существуют три сексуальные формы сосны: только с мужскими цветами, только с женскими цветами и однодомные растения с цветами обоих полов [1], [5]. У мужских растений и особей с преобладанием признаков мужской сексуализации крона редкая, количество хвои на годичных побегах меньше, чем у женских. Благодаря большей продолжительности жизни хвои на мужских ветвях, разница в густоте кроны мужских и женских особей несколько сглаживается.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Г. Д. Гальперн. О лесной сосне. Журн. «Природа» № 5, 1949. [2]. М. Д. Данилов. Изменение веса и влажности хвои ели обыкновенной и пихты сибирской в связи с собственным возрастом. ДАН, т. 61, № 2, 1948. [3]. М. Д. Данилов. Изменение веса и влажности хвои сосны обыкновенной в связи с собственным возрастом и возрастом дерева. ДАН, т. 59, № 8, 1948. [4]. А. А. Молчанов. Запасы хвои в сосновых древостоях. ДАН, т. 67, № 5, 1949. [5]. Л. Ф. Правдин. Половой диморфизм у сосны обыкновенной. Труды Института леса АН СССР, т. 3, 1950. [6]. Л. Ф. Правдин. Сосна обыкновенная. Изд-во «Наука», М., 1964.

Поступила 1 июня 1971 г.

УДК 634.05

## ИЗМЕНЕНИЕ НОРМАЛЬНЫХ ВИДОВЫХ ЧИСЕЛ ЕЛИ ПО РАЗЯДАМ ВЫСОТ

И. И. ГУСЕВ

Архангельский лесотехнический институт

Статистическая обработка экспериментальных материалов на ЭВМ подтвердила известный вывод об отсутствии связи между нормальным видовым числом и высотой, а также между нормальным видовым числом и диаметром. Среднее нормальное видовое число постоянно только в пределах разряда; с изменением разряда оно также меняется.

Исследование нормальных видовых чисел мы проводили в разновозрастных ельниках средней, северной и предтундровой подзон евро-

пейской тайги на 13 пробных площадях со сплошной рубкой деревьев. Пробные площади заложены в Виноградовском (пробы 37, 39), Каргопольском (36, 56, 57), Шенкурском (48, 49, 50) районах Архангельской области, а также в Ухтинском (80, 81, 82) и Усть-Цилемском (92, 94) районах Коми АССР. Они представлены ельниками-кисличниками (37), различными вариантами черничников (36, 39, 48, 56, 57, 81), зеленомошниками чистыми (48), долгомошниками (80, 92, 94) и сфагновыми (50, 82) типами леса. У всех деревьев на пробах определяли возраст, измеряли длину ствола, диаметры на середине двухметровых секций, подробно отмечали данные о приросте, кроне, фауности и другие признаки. Для каждого дерева вычисляли нормальное видовое число (в коре) по формуле

$$f_{0,1} = \frac{v}{g_{0,1} \cdot h} \quad (1)$$

где  $v$  — объем древесного ствола;  
 $g_{0,1}$  — площадь сечения на 0,1 высоты ствола;  
 $h$  — высота ствола.

Статистическая обработка экспериментальных материалов на ЭВМ «Проминь-М» [5] подтвердила вывод В. К. Захарова, А. С. Головачева и др. [1] — [3], [9] об отсутствии связи между  $f_{0,1}$  и  $h$ , а также между  $f_{0,1}$  и  $d_{1,3}$ . Наряду с этим, В. К. Захаров считает, что для каждой породы среднее нормальное видовое число — величина постоянная. Он выдвинул гипотезу об единстве формы древесных стволов по относительным высотам и предложил новый метод составления сбеговых таблиц [7], [8], [10].

М. Л. Дворецкий и И. В. Мамаев, положительно оценивая метод исследования формы ствола, предложенный В. К. Захаровым, указывают на ошибочность его гипотезы об единстве средней формы стволов

Таблица 1

№ проб	Количество деревьев	Средний возраст, лет	Разряд высот	Среднее нормальное видовое число с ошибкой	Коэффициент изменчивости, %	Точность опыта, %	Мера косости	Мера крутости
49	220	152	II	0,548 ± 0,0030	8,2	0,6	— 0,08	0,40
36	173	120	III	0,532 ± 0,0030	7,3	0,6	0,16	0,22
48	205	150	III	0,536 ± 0,0039	10,2	0,7	0,53	1,49
56	176	140	III	0,530 ± 0,0029	7,3	0,6	0,06	0,06
57	174	145	III	0,528 ± 0,0027	6,7	0,5	— 0,71	1,21
80	728	Среднее		0,532 ± 0,0016	8,2	0,3	0,33	1,86
81	202	131	IV	0,518 ± 0,0033	9,0	0,6	— 0,22	1,36
81	202	128	IV	0,525 ± 0,0029	7,8	0,6	0,46	1,47
37	404	Среднее		0,521 ± 0,0022	8,4	0,4	0,04	1,68
39	147	187	V	0,509 ± 0,0038	9,1	0,8	— 0,01	1,68
39	172	135	V	0,499 ± 0,0036	9,4	0,7	— 0,07	0,90
50	168	137	V	0,514 ± 0,0050	12,6	1,0	— 0,34	0,28
82	487	Среднее		0,507 ± 0,0024	10,6	0,5	— 0,13	0,79
92	203	112	VI	0,489 ± 0,0036	10,5	0,7	— 0,41	0,88
92	196	142	VI	0,487 ± 0,0038	10,9	0,8	0,30	1,20
94	197	142	VI	0,479 ± 0,0032	9,5	0,7	— 0,26	0,23
	596	Среднее		0,485 ± 0,0021	10,3	0,4	— 0,07	0,89
	2435	Ср. для ели		0,515 ± 0,0011	10,1	0,2	— 0,13	0,96

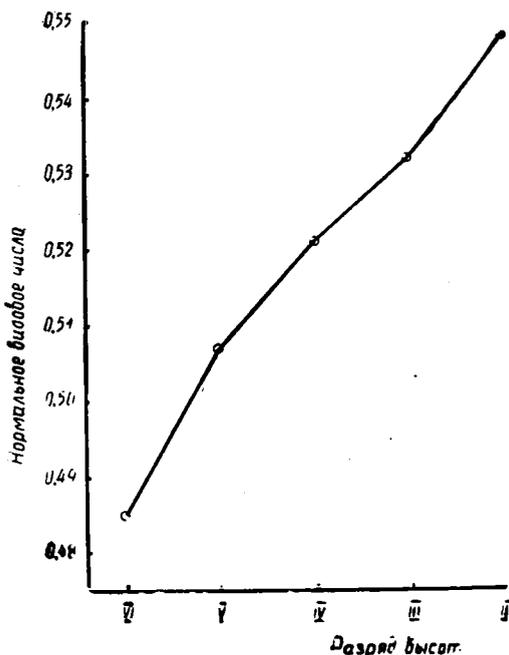


Рис. 1. Изменение средних нормальных видовых чисел ели по разрядам высот.

для всех условий роста [6]. Н. Т. Смирнов поставил под сомнение метод В. К. Захарова, а его гипотезу считает неприемлемой для маломерных стволов [11].

На практике объем растущих деревьев определяется по таблицам, которые для массовой таксации составлены по разрядам высот. Это сделано не случайно. Разряд высот — весьма емкий размерный показатель древостоя, который надо определять не только при перечислительной, но и при глазомерной таксации. Он достаточно полно отражает факторы, оказывающие влияние на форму древесного ствола. В связи с этим изменение нормальных видовых чисел стволов ели анализируется по разрядам высот нашей шкалы [4].

В пределах одного разряда высот (табл. 1), независимо от типа леса и класса бонитета, среднее нормальное видовое число ели остается постоянным ( $t < 3$ ). Нет также существенной разницы в коэффициентах изменчивости и кривых распределения стволов ели по ступеням видовых чисел. По мере снижения разряда высот закономерно уменьшаются видовые числа (рис. 1). Если во II разряде  $f_{0,1} = 0,548$ , то в IV — 0,521, а в VI — 0,485. Показатели различия значений нормальных видовых чисел смежных разрядов высот ( $t < 3$ ) свидетельствуют о существенной разнице в полнодревесности стволов этих разрядов. По нашим расчетам, различие в нормальных видовых числах стволов в 0,01 вызывает различие в их объемах около 2%.

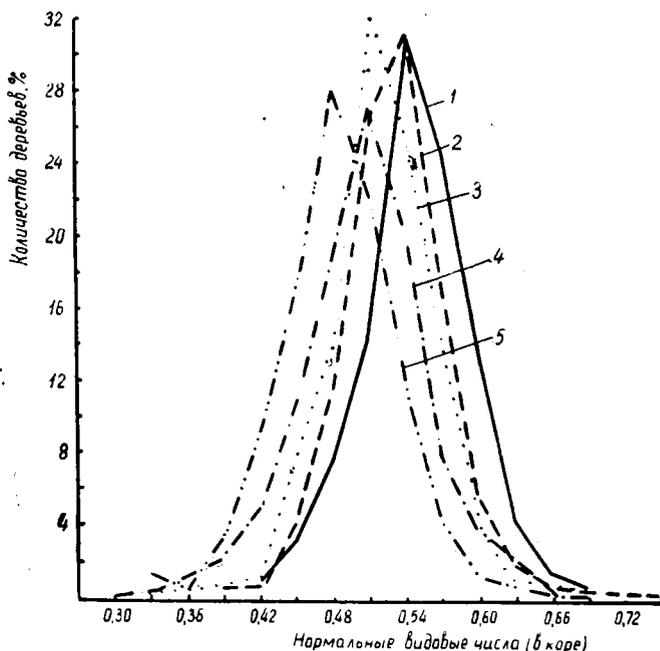
Как известно, нормальное видовое число  $f_{0,1}$  правильных геометрических тел вращения вычисляется по формуле

$$f_{0,1} = \frac{1}{m+1} \cdot 1,10^m. \quad (2)$$

Для обыкновенного параболоида  $m = 1,0$ ,  $f_{0,1} = 0,550$ ; для конуса  $m = 2$  и  $f_{0,1} = 0,403$ . Если в формулу (2) подставить среднее  $f_{0,1}$  каждого разряда и решить уравнение относительно  $m$ , то этот показатель

Рис. 2. Распределение нормальных видовых чисел в разновозрастных ельниках Севера.

1 — II разряд; 2 — III разряд; 3 — IV разряд; 4 — V разряд; 5 — VI разряд.



для II, III, IV, V, VI разрядов соответственно будет равен: 1,01; 1,09; 1,14; 1,21; 1,34. Как и следовало ожидать, показатель степени  $m$  закономерно увеличивается с падением разряда. Чем выше разряд, тем ближе форма древесных стволов северной ели к обыкновенному параболоиду. Таким образом, среднее нормальное видовое число северной ели и, очевидно, других пород постоянно только в пределах разряда; с изменением разряда высот оно также меняется.

Несмотря на разновозрастность исследуемых ельников, распределение стволов по классам  $f_{0,1}$  приближается к нормальному, о чем говорит небольшая мера косости вариационных рядов (рис. 2). Изменчивость нормальных видовых чисел незначительно увеличивается с понижением разряда. Например, во II разряде коэффициент изменчивости равен 8,2%, в IV — 8,4%, а в VI — 10,3%, средний коэффициент изменчивости  $f_{0,1}$  в разновозрастных ельниках Севера составляет 10%.

В связи с нашими новыми данными о нормальных видовых числах следует внести изменения в методику составления сбеговых таблиц В. К. Захарова, которая предусматривает определение среднего относительного сбega древесной породы по отношению к диаметру на 0,1 высоты ствола, а также установление связи между таксационным диаметром и диаметром на 0,1  $h$ . Для применения методики В. К. Захарова указанные выше технические приемы следует выполнять по разрядам высот.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. М. Бедик. Форма и полндревесность стволов. Журн. «Лесное хозяйство» № 4, 1965. [2]. А. С. Головачев. Средняя форма стволов сосны и определение нормальных видовых чисел. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1966. [3]. А. С. Головачев. Нормальные видовые числа и связь их с высотой, диаметром и возрастом деревьев и насаждений. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1966. [4]. И. И. Гусев. Методика построения разрядной шкалы высот. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 6, 1971. [5]. И. И. Гусев, Е. Ф. Попова. Статистическая обработка лесотаксационных материалов на ЭВМ «Проминь-М». Труды АЛТИ, т. XXIX, Архангельск, 1971. [6]. М. Л. Дво-

рецкий, И. В. Мамаев. О средней форме древесных стволов. Сборник трудов Поволжского лесотехнического института, № 58, вып. 3, 1967. [7]. В. К. Захаров и др. Лесотаксационный справочник. Минск, 1962. [8]. В. К. Захаров. Нормальные видовые числа. Журн. «Лесное хозяйство» № 5, 1964. [9]. В. К. Захаров, А. С. Головачев. Исследование нормальных видовых чисел. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1965. [10]. В. К. Захаров. Новое в технике лесной таксации. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1966. [11]. Н. Т. Смирнов. О методе В. К. Захарова по составлению таблиц объема и сбega. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1970.

Поступила 14 сентября 1971 г.

УДК 634.0.892.5

## О ВИДОВОМ СОСТАВЕ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ В ПОЙМЕННЫХ ЛЕСАХ И ЛУГОВЫХ УГОДЬЯХ ДОНА

В. Р. КАРЛИН, И. А. СОЛДАТОВ

Воронежский лесотехнический институт

Выполнен количественный учет лекарственных растений на сенокосах и под пологом леса в пойменных лесах Дона.

Несмотря на быстрое развитие синтетической химии, природные лекарственные средства, употребляемые в фармакопее, составляют, по одним данным, около 30% [1], по другим — около 45% [6]. Для их получения используется почти 200 видов растений. Некоторые из них выращиваются на плантациях специальных хозяйств «Лекраспрома», но большинство дикорастущие, в изобилии встречающиеся на землях гослесфонда.

Аптечная сеть, химико-фармацевтическая промышленность и экспортирующие организации испытывают недостаток сырья многих лекарственных растений. Одна из важнейших причин этого — отсутствие точных сведений о запасах сырья растений, в которых нуждается заготовительная сеть [5]. Поэтому лесоустройство призвано обеспечить разработку мероприятий по наиболее производительному использованию лекарственно-технического сырья [2].

Цель нашего исследования — количественный учет лекарственных и кормовых растений на сенокосах и под пологом леса в пойменных лесах Дона Ростовской и Волгоградской областей. Работа выполнена в порядке творческого содружества кафедры лесной таксации и лесоустройства ВЛТИ с Юго-Восточным предприятием «Леспроект» при ревизии лесоустройства в 1970 г.

По данным лесоустройства 1969—1970 гг., в Вешенском мехлесхозе, самом большом в Ростовском управлении лесного хозяйства (51 тыс. га, площади гослесфонда составляют 35%) имеется 853 га сенокосов, в основном сосредоточенных на пойменных землях. Сенокосы хорошего качества занимают «спокойную» часть центральной зоны поймы. Почвы здесь лугово-лесные, по механическому составу тяжелосуглинистые, отличаются зернистой структурой. Величина гумусового горизонта до 40 см. Продолжительность паводкового затопления в 1970 г. составляла 47 дней. Грунтовые воды в июле находились на глубине 1,4 м. Сенокосы среднего качества занимают более пониженные места центральной поймы, где почвы тяжелого механического состава, уровень грунтовых вод до 0,8 м. Сенокосы низкого качества расположены узкой полосой 50—200 м в прирусловой зоне поймы, где преобладают аллювиальные, слабо развитые почвы. Величина гумусового горизонта всего лишь 25 см. Под этим горизонтом находятся

Т а б л и ц а 1

пески с прослойками наилка, ракушечника.

Уровень грунтовых вод в июле — 4,6 м.

Таксацию травостоев проводили на сенокосах в период массового цветения трав в конце июня 1970 г.

Было заложено в трехкратной повторности 20 пробных площадей (12 на сенокосах разных категорий качества, 8 под пологом леса), размером по 0,5 га и включающих 6—12 учетных площадок по 1 м<sup>2</sup> [3].

Исходный материал для получения количественных показателей — вес надземной биомассы каждого вида растений (в сыром и затем в воздушно сухом состоянии) пробных укосов с учетных площадок. По полученным данным вычисляли запас на 1 га (табл. 1).

На сенокосах хорошего качества отмечено наличие следующих кормовых и лекарственных трав (в сухом весе на 1 га для сенокосов всех категорий): осоки ранней (*Carex praecox* Schreb.) — 1625 кг, мышиного горошка (*Vicia cracca* L.) — 277 кг, тимофеевки луговой (*Phleum pratense* L.) — 43 кг и др. Вес надземной биомассы лекарственных растений составляет: девясила британского (*Inula britannica* L.) — 229 кг, окопника лекарственного (*Symphytum officinale* L.) — 120 кг, душицы обыкновенной (*Origanum vulgare* L.) — 52 кг, шалфея лекарственного (*Salvia officinalis* L.) — 46 кг и др.

На сенокосах среднего качества осоки различных видов составляют 640 кг, разнотравье — 33 кг, мятлик луговой (*Poa pratensis* L.) — 144 кг, клевер ползучий (*Trifolium repens* L.) — 58 кг. Лекарственные растения: девясил британский (*Inula britannica* L.) — 106 кг, кровохлебка лекарственная (*Sanguisorba officinalis* L.) — 88 кг, василистник желтый (*Thalictrum flavum* L.) — 55 кг, шалфей лекарственный (*Salvia officinalis* L.) — 38 кг и др.

Сенокосы низкого качества в основном представлены осоками. Среди лекарственных растений преобладают шалфей лекарственный (*Salvia officinalis* L.) — 120 кг, щавель конский — (*Rumex confertus* Willd.) — 33 кг.

На опушках леса, с южной стороны, встречаются заросли валерьяны лекарственной, в которых заложена пробная площадь. Средняя высота побегов 0,9 м. Основная масса корней сосредоточена в поверхностном 10-сантиметровом слое почвы. Вес сырых корней составляет 644 кг, сухих — 144 кг на 1 га.

Значительное количество лекарственных трав растет под пологом лесов, которые в пойме Дона, в связи с пестрыми экологическими условиями и хозяйственной деятельностью человека, не образуют сплошных массивов. Они или вытянуты полосами вдоль реки, или носят куртинный характер. Среди куртин леса встречаются сенокосные поляны, земли сельскохозяйственного пользования, протоки, озера и т. д. Более повышенные места поймы заняты дубом черешчатым, тополями белым и черным, вязом обыкновенным. На пониженных местах притеррасной зоны поймы встречаются куртины ольхи черной и ивы ломкой.

Видовой состав и биологический запас лекарственных трав изучали на нивелирном профиле, заложенном нами поперек поймы Дона в 1965 г. Таксационная характеристика пробных площадей, отражаю-

Примечание. В числителе данные о весе биомассы всех трав; в знаменателе — лекарственных.

Площадь учетных площадок, м <sup>2</sup>	Качество сенокосов	Вес биомассы, кг	
		сырой	сухой
30	Хорошее	13060	3200
		4020	723
36	Среднее	5930	1860
		1070	298
18	Низкое	2650	1310
		320	153

щая рост и продуктивность порослевых пойменных насаждений, была дана ранее [4]. Название типов пойменных лесов приведено по Ф. С. Яковлеву [8] и Н. С. Поповой [7].

В каждом типе леса на пробной площади размером 0,5 га по диагонали заложено 15 учетных площадок (2×2 м). Методика определения биомассы растений рассмотрена выше.

По всем типам леса приведен вес надземной части растений в воздушно сухом состоянии. В дубравах преобладали дубняки ежевичковые. Состав 10Д, возраст 40 лет, полнота 0,8, запас ствольной древесины 97 м<sup>3</sup> на 1 га. В этих дубравах вес надземной биомассы травянистых растений на 1 га составляет 1480 кг, в том числе лекарственных растений 789 кг, из них: ежевики сизой (*Rubus caesius* L.) — 445 кг, крапивы двудомной (*Urtica dioica* L.) — 233 кг, листьев ландыша майского (*Convallaria majalis* L.) — 31 кг, кирказона ломоносовидного (*Aristolochia Clematidis* L.) — 39 кг.

Основной тип леса в ольшаниках — ольшаник папоротниковый. Состав 10Ол, возраст — 50 лет, полнота 0,7, запас 188 м<sup>3</sup> на 1 га. Вес надземной части биомассы травянистых растений 816 кг на 1 га; из них крапивы двудомной (*Urtica dioica* L.) — 575 кг, щитовника мужского (*Driopteris filix mas* L.) — 220 кг.

В усыхающих вязовниках, имеющих возраст 50 лет, полноту 0,5, запас 40 м<sup>3</sup> на 1 га, вес надземной биомассы трав почти такой же, как и на сенокосах хорошего качества — 3230 кг; из них лекарственных трав 2200 кг. Здесь преобладают чистотел большой (*Chelidonium majus* L.) — 1510 кг, ежевика сизая (*Rubus caesius* L.) — 122 кг и др.

В высокопродуктивных насаждениях тополя белого (осокорник высоких уровней), имеющих состав 10Т.б, ед. В3, возраст 35 лет, полноту 0,9, запас 297 м<sup>3</sup> на 1 га, вес надземной части биомассы трав 691 кг, в том числе лекарственных трав 680 кг: ежевики сизой (*Rubus caesius* L.) — 513 кг, листьев ландыша майского (*Convallaria majalis* L.) — 136 кг и др.

Следовательно, можно отметить, что на сенокосах вес надземной биомассы лекарственных растений составляет 15—23%, под пологом леса 53—98% общего веса биомассы травянистых растений.

Комплексная оценка насаждений выполнена по таксам на древесину (прейскурант № 07—01) и по закупочным ценам на лекарственное сырье (заготовка продуктов побочного пользования в лесах производится бесплатно). В чистых ольховых насаждениях стоимость лекарственных растений составляет около 38% общей стоимости всего насаждения. В чистых усыхающих вязовниках стоимость древесины составляет только 14%, а лекарственных трав — 86% общей стоимости насаждения. Таким образом, в некоторых типах леса стоимость лекарственных трав гораздо выше стоимости древесины.

Проведенная работа в некоторой мере поможет решить вопрос об определении общей продуктивности пойменных лесов в лесоуправительной практике.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. И. К. Абу бакиров. Самолечение травами тоже опасно. Журн. «Здоровье» № 12, 1970. [2]. И. В. Воронин. Основы хозяйственной деятельности лесхоза. Гослесбуиздат, М.—Л., 1960. [3]. И. В. Ларин. Луговое хозяйство и пастбищное хозяйство. Изд-во «Колос», Л., 1969. [4]. В. Р. Карлин. Рост и продуктивность пойменных насаждений Среднего Дона. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1969. [5]. И. Л. Крылов, А. И. Шретер. Методические указания по изучению запасов дикорастущих лекарственных растений. КМП ВИЛР, М., 1971. [6]. В. П. Махлаук. Лекарственные растения в народной медицине. Саратов, 1967. [7]. Н. С. Попова. Быстрорастущие породы в поймах рек степной зоны. Быстрорастущие и хозяйственные породы. М., 1958.

[8]. Ф. С. Яковлев. Классификация и основные закономерности распространения ольшаников и дубняков в поймах рек Дона и Н. Волги. Научные записки Воронежского лесохозяйственного института, т. IX, Воронеж, 1946.

Поступила 22 июня 1971 г.

УДК 595.70

## ВЛИЯНИЕ ПОЧВЕННЫХ УСЛОВИЙ НА РАЗВИТИЕ МИКОЗА ВОСТОЧНОГО МАЙСКОГО ХРУЩА, ВЫЗЫВАЕМОГО

*Beauveria tenella* (Delacr.) Siem.

Г. Г. ЭРСКАЯ

Марийский политехнический институт

Проанализировано влияние почвенных условий на развитие микоза восточного майского хруща на пробных площадях и в природных очагах мюскардиноза.

Численность восточного майского хруща изменяется под влиянием микроорганизмов, в основном, патогенного гриба *Beauveria tenella* (Delacr.) Siem. [1] и, в меньшей степени, *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. (*Fungi imperfecti*, порядок *Moniliales*).

По литературным данным [2], [4] — [8], на развитие микозов влияют почвенные условия. Перед нами были поставлены задачи: установить степень влияния влажности почвы, содержания в ней гумуса, подвижных соединений фосфора и калия и кислотности почвы на развитие мюскардиноза восточного майского хруща на лесокультурных площадях; решить вопрос о возможности применения биопрепарата *Beauveria tenella* против хруща.

В Куярском лесхозе Марийской АССР мы заложили 17 пробных площадей общей площадью 2,82 га в трех типах леса: сухом, свежем и влажном борах. Биопрепарат вносили при посадке сосны на лесокультурных площадях со сплошной и частичной обработкой почвы (в борозды, междурядья и под пласт). Размер пробных площадей — 0,01—0,5 га.

На пробах были взяты образцы в горизонтах 0—3 и 10—15 см для исследования полевой влажности почвы, pH, гумуса, содержания  $P_2O_5$  и  $K_2O$ .

Полевую влажность определяли по Качинскому, содержание гумуса — по методу Тюрина в модификации Симакова, реакцию почвы в водной и солевой суспензии — потенциометрически, содержание подвижного фосфора — по методу Кирсанова, подвижного калия — по методу Кирсанова в модификации ВИУА с последующим определением на пламенном фотометре Цейса.

Проследим, как влажность почвы на пробных площадях влияет на развитие микозов. Для выяснения данного вопроса мы в августе — октябре 1965 г. и в мае — октябре 1966 г. (в конце каждого месяца) брали образцы (в трехкратной повторности) для установления полевой влажности почвы из горизонта 10—15 см на пробах с частичной обработкой почвы и определяли гибель хруща при внесении биопрепарата *B. tenella* (из расчета 1 г, или 15 млрд. конидий на 1 пог. м) под пласт борозд на октябрь 1966 г. Результаты анализов приведены в табл. 1.

Данные таблицы показывают снижение численности вредителя и колебания влажности в горизонте 10—15 см на пробных площадях в условиях трех типов леса: сухом — 2,2—9,0%, свежем — 3,5—14,8% и влажном бору — 12,8—18,3%.

Дисперсионный анализ полученных результатов, проведенный методом Н. А. Плохинского [3], показывает существенное различие между гибелью личинок в опыте и в контроле:  $F_{расч} = 7,01$ ;  $F_{табл} = 6,9$ ;  $P < 0,01$ .

Таблица 1

Показатели	Тип бора		
	сухой	свежий	влажный
Площадь, га . . . . .	0,01	0,01	0,02
Полевая влажность, %			
август 1965 г. . . . .	2,2	3,5	16,1
сентябрь . . . . .	5,8	5,6	17,0
октябрь . . . . .	2,8	7,7	13,0
май 1966 г. . . . .	3,2	10,1	14,7
июнь . . . . .	3,6	10,9	14,9
июль . . . . .	4,8	12,1	16,8
август . . . . .	9,0	14,8	18,3
сентябрь . . . . .	8,0	10,5	14,3
октябрь . . . . .	5,7	8,5	12,8
Плотность вредителя, экз./м <sup>2</sup> до внесения биопрепарата			
опыт . . . . .	3,3	48,8	2,8
контроль . . . . .	3,3	48,8	2,8
после внесения биопрепарата			
опыт . . . . .	1,3	32,5	1,8
контроль . . . . .	3,0	42,0	2,3

Преобладающее колено вредителя во время обследований находилось в стадии личинки третьего возраста.

Очаг мюскардиоза в условиях свежего бора в квартале 5 Куярского лесхоза Марийской АССР обследовали в июне, августе, сентябре и октябре 1967 г. Образцы на полевую влажность почвы брали в трехкратной повторности из горизонтов с наибольшим количеством мюскардиозных особей и с отсутствием последних.

Результаты анализов показывают, что при колебаниях влажности в пределах 4,2—9,2% гибель хруща составила 22,2—54,2%. В горизонтах с влажностью ниже 3,5% зараженности хруща мюскардиной не наблюдалось. Высокий процент гибели объясняется тем, что преобладающее колено вредителя в период обследования находилось в стадии личинки IIIа возраста и куколки.

Условия для развития микоза различны в бороздах, междурядьях и под пластом на лесокультурных площадях с частичной обработкой почвы. Колебания влажности в горизонте 10—15 см на пробных площадях в августе—сентябре 1965 г. и мае—октябре 1966 г. для све-

Таблица 2

Показатели	Место взятия образцов		
	борозда	под пластом	между-рядья
Площадь, га . . . . .	0,02	0,02	0,02
Полевая влажность почвы, %			
август 1965 г. . . . .	2,8	3,5	5,1
сентябрь . . . . .	3,8	6,6	10,7
октябрь . . . . .	5,9	7,7	7,3
май 1966 г. . . . .	5,9	10,1	5,7
июнь . . . . .	6,1	10,9	5,7
июль . . . . .	5,8	12,1	7,2
август . . . . .	8,1	14,8	8,8
сентябрь . . . . .	8,2	10,5	9,7
октябрь . . . . .	7,2	8,9	8,6
Плотность вредителя, экз./м <sup>2</sup> до опыта . . . . .	12,0	48,8	12,0
после опыта			
на пробе . . . . .	10,0	32,5	9,0
в контроле . . . . .	11,0	42,0	11,0

жего бора приведены в табл. 2 (данные получены в конце каждого из указанных месяцев). Снижение численности вредителя дано на октябрь 1966 г.

В условиях свежего бора влажность почвы меньшая в борозде (2,8—8,2%), большая под пластом борозд (3,5—14,8%) и средняя в междурядьях (5,1—9,7%).

Статистическая обработка полученных результатов показывает, что гибель личинок в опыте существенно отличается от гибели их в контроле во всех типах леса:  $F_{расч} = 6,35$ ;  $F_{табл} = 3,9$ ;  $P < 0,05$ .

Для выяснения влияния содержания гумуса, подвижных соединений фосфора и калия, а также кислотности почвы на развитие мюскардиноза восточного майского хруща на лесокультурных площадях с частичной обработкой почвы мы брали (в трехкратной повторности) на пробных площадях из горизонтов 0—3 см и 10—15 см образцы на гумус,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$  и рН. Результаты анализов приведены в табл. 3.

Таблица 3

Показатели	Сухой бор		Свежий бор		
	борозда	под пластом	борозда	под пластом	междурядья
Площадь, га	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02
рН вытяжки					
солевой	$\frac{4,45}{4,43}$	$\frac{4,7}{4,95}$	$\frac{5,0}{4,8}$	$\frac{4,5}{4,5}$	$\frac{4,6}{4,2}$
водной	$\frac{5,4}{5,1}$	$\frac{6,05}{6,39}$	$\frac{6,6}{5,0}$	$\frac{5,8}{5,6}$	$\frac{4,98}{4,87}$
Гумус, %	$\frac{0,34}{1,02}$	$\frac{0,95}{1,16}$	$\frac{0,64}{1,42}$	$\frac{0,85}{1,85}$	$\frac{0,85}{1,45}$
$P_2O_5$ , мг на 100 г почвы	$\frac{—}{\text{Следы}}$	$\frac{3,75}{3,10}$	$\frac{1,0}{1,25}$	$\frac{10,0}{1,25}$	$\frac{7,5}{1,0}$
$K_2O$ , мг на 100 г почвы	$\frac{—}{\text{Следы}}$	$\frac{4,0}{2,0}$	$\frac{11,0}{3,2}$	$\frac{7,0}{18,0}$	$\frac{18,0}{6,0}$
Плотность вредителя, экз./м <sup>2</sup> до опыта	2,0	3,3	12,0	48,8	12,0
после опыта					
на пробе	1,5	1,3	10,0	32,5	9,0
в контроле	1,8	3,0	11,0	42,0	11,0

Примечание. В числителе данные для горизонта почвы 0—3 см; в знаменателе — 10—15 см.

Данные таблицы свидетельствуют о том, что на лесокультурных площадях с частичной обработкой почвы условия для развития микоза неоднородны: менее благоприятны в борозде (меньше гумуса, подвижных соединений фосфора и калия), значительно лучше под пластом (больше гумуса и соединений фосфора и калия). В междурядьях показатели имеют среднее значение. Гибель майского хруща большая при внесении биопрепарата под пласт борозд, меньшая — при внесении в борозды и средняя в междурядьях. Статистическая обработка показывает достоверность сделанных выводов:  $F_{расч} = 3,29$ ;  $F_{табл} = 2,7$ ;  $P < 0,05$ .

Кислотность почвы (солевая вытяжка) колеблется в пределах 4,7—4,8 (в борозде), 4,2—4,6 (в междурядьях) и 4,43—4,8 (под пластом).

Становятся объяснимы результаты опытов по применению биопрепарата на пробных площадях с частичной обработкой почвы: во всех вариантах опытов лучшие результаты получены при внесении гриба под пласт борозд, худшие — в борозду и промежуточные — в между-рядья.

Проанализированы аналогичные показатели, полученные по результатам исследования на лесокультурных площадях со сплошной подготовкой почвы (табл. 4). При сплошной подготовке почвы создается более однородная среда, чем при более благоприятной для развития микоза частичной.

Таблица 4

Показатели	Квартал 77	Квартал 54
рН вытяжки солевой	4,35	4,8
	4,34	4,6
водной	5,05	5,2
	5,45	4,9
Гумус, %	1,1	0,74
	0,92	2,31
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг на 100 г почвы	1,0	1,25
	1,0	1,0
K <sub>2</sub> O, мг на 100 г почвы	6,0	18,0
	6,0	6,0
Площадь, га	0,5	0,4
Средняя плотность вредителя, экз./м <sup>2</sup>		
	до опыта	5,6
	после опыта	12,0
	на пробе	0,66
в контроле	2,80	4,8
		6,7

Примечание. В числителе данные для горизонта почвы 0—3 см; в знаменателе — 10—15 см.

Статистическая обработка полученных результатов показывает, что в условиях сухого бора при плотности личинок 2—5,6 экз./м<sup>2</sup> этот вывод несуществен:  $F_{расч} = 1,6$ ;  $F_{табл} = 2,9$ . В условиях свежего бора при плотности личинок 12 и 48,8 экз./м<sup>2</sup> вывод достоверен:  $P < 0,01$ ;  $F_{расч} = 2,82$ ;  $F_{табл} = 2,8$ .

Мюскардиозные особи хруща встречались почти на всей глубине обитания вредителя (3—87 см). В летнее время гибель хруща от микоза наблюдалась, главным образом, на глубине 12—37 см и в осенние месяцы — 28—87 см (преимущественно 28—45 см).

Следовательно, при внесении биопрепарата на лесокультурных площадях численность вредителя снижается в 2—3 раза по сравнению с контролем. Почвенные условия оказывают влияние на развитие микоза восточного майского хруща.

Результаты опытов позволяют рекомендовать биопрепарат для испытания против восточного майского хруща в условиях его очагов.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. И. С. Аверкиев, В. И. Охотников, Г. Г. Эрская. Опыт микробиологической борьбы с майским хрущом. Труды IX Международного конгресса по микробиологии, М., 1966. [2]. В. И. Охотников. Влияние экологических факторов на зараженность майского хруща патогенными микроорганизмами. ИВУЗ. «Лесной журнал» № 2,

1966 [3]. Н. А. Плохинский. Биометрия. М., 1970. [4]. P. Ferron. Etude en laboratoire de facteurs determinant la mycose a *Beauveria tenella* (Delacr.) Siem. chez les larves de *Melolontha melolontha* L. Ann. Soc. et France, N. S., 1 (3), 1965, 619—625. [5]. P. Ferron. Sur les possibilites de lutte microbiologique contre les larves du hanneton commun (*Melolontha melolontha* L.) an moyen de la mycose a *Beauveria tenella* (Delacr.) Siemaszko. Inter. col. an insect pathology and microbial control. Wageninnen the Netherlands, September, 1966, 5—10. [6]. P. Ferron. Etude en laboratoire des conditions ecologiques favorisant le developpement de la mycose a *Beauveria tenella* du ver blanc. Entomophaga, 12, 1967, 257—293. [7]. P. Ferron. Les possibilites de lutte microbiologique contre *Melolontha melolontha* L. an moyen de la mycose a *Beauveria tenella* (Delacr.) Siemaszko. Insect pathology et microbial control. North-Holland, Amsterdam, 1968. [8]. B. Hurpin, P. Ferron. Essais parcellaires de lutte contre les larves de *Melolontha melolontha* L. par la mycose a *Beauveria tenella*. Rev. de Path. et. Ent. agr. de France, 43(4), 1964.

Поступила 19 апреля 1971 г.

УДК 631.82

## ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА РОСТ СОСНОВОГО ПОДРОСТА В ВЫСОТУ И НАКОПЛЕНИЕ ФИТОМАССЫ \*

В. Н. ТОЛКАЧ

Белорусский технологический институт

Изложены результаты трехлетних исследований роста и накопления фитомассы соснового подростка под пологом леса. Показано, что внесение на поверхность почвы полного минерального удобрения и внекорневая подкормка растворами мочевины, хлористого калия и суперфосфата вызывают повышение прироста по высоте.

Вопросы применения минеральных удобрений с целью улучшения роста соснового подростка под пологом леса почти не исследованы [2].

Для изучения действия минеральных удобрений, внесенных на поверхность почвы, и внекорневой подкормки на рост соснового подростка под пологом 115-летнего сосняка-брусничника в квартале 81 Негорельского учебно-опытного лесхоза в 1964 г. заложен стационар 3-а. Состав верхнего яруса 10С, ед. Е, средний диаметр 32 см, средняя высота 23 м, полнота 0,66, сомкнутость крон 0,5, класс бонитета III. Под пологом леса насчитывалось до 20 тыс. шт./га 14-летнего соснового подростка, таксационная характеристика которого приведена в табл. 1.

Почва на стационаре дерново-подзолистая, слабоподзоленная, развивающаяся на песке связном, подстилаемая глубокими рыхлыми песками флювиогляциального происхождения. Весной 1964 г. при закладке стационара в гумусовом горизонте почвы (5—12 см) содержалась физической глины — 9,2; гумуса — 1,9; общего азота — 0,10% от веса почвы; подвижного фосфора — 6,9; подвижного калия — 1,01 мг на 100 г почвы. Активная кислотность (рН в Н<sub>2</sub>О) составляла 5,7; гидролитическая — 4,95 мг-экв на 100 г почвы; степень насыщенности почвы основаниями — 34%.

Весной 1964 и 1965 гг. азотные (аммиачная селитра), фосфорные (простой порошковый суперфосфат) и калийные (сульфинит) удобрения рассеивали по травяно-моховому покрову без рыхления почвы.

В 1964 г. удобрения вносили в сочетании N<sub>60</sub>P<sub>120</sub>K<sub>60</sub> и N<sub>30</sub>P<sub>120</sub>K<sub>60</sub> кг/га действующего вещества, а в 1966 г. на те же участки в сочетании N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>30</sub> и N<sub>15</sub>P<sub>60</sub>K<sub>30</sub> кг/га.

При внекорневой подкормке испытывали 1%-ный раствор мочевины, 1%-ный — хлористого калия и 5%-ный — суперфосфата. Опрыскивание проводили 5 июня, 23 июня и 15 июля 1965 г. с помощью ОРП из расчета 10 л на 100 м<sup>2</sup>. Содержание азота, фосфора и калия в хвое устанавливали по методике В. Г. Куркаева [1]. Образцы хвои для определения хлорофилла брали в августе — октябре, азота, калия и фосфора — в сентябре 1965 г.

\* Работа выполнена под руководством проф. Б. Д. Жилкина.

Таблица 1

Показатели	Средние показатели роста по вариантам опыта			
	контроль	N <sub>30</sub> P <sub>120</sub> K <sub>60</sub>	N <sub>100</sub> P <sub>120</sub> K <sub>100</sub>	внекорневая подкормка
Относительная освещенность, %	33,6	32,9	34,1	33,2
Возраст, лет	14	15	14	13
Показатели роста (в 1964 г. в 1966 г.)				
высота, см	89,4	92,2	88,7	86,6
	111,8	117,1	115,1	109,5
диаметр, мм	7,7	8,1	7,9	7,5
	8,6	9,3	9,4	8,5
объем, см <sup>3</sup>	41,6	47,5	43,5	38,2
	65,5	79,5	80,5	62,1
Прирост по объему за 3 года, см <sup>3</sup>	23,9	32,0	37,0	23,9
% к контролю	100	141	155	100

Внесение минеральных удобрений на поверхность почвы и внекорневая подкормка сказались, в первую очередь, на хвое как наиболее чувствительном вегетативном органе соснового подростка. В одно- и двухлетней хвое содержание компонентов хлорофилла возросло на 10—38%, азота на 6—31%, фосфора на 3—23% и калия на 8—12%. При этом наибольшее увеличение хлорофилла и азота наблюдалось на секциях с внесением большей дозы азота (60 кг/га действующего вещества). В разных вариантах опыта интенсивность фотосинтеза, дыхания и оттока ассимилятов в осевые органы подростка повышалась на 132—145% [4].

Изменение условий питания, бесспорно, сказалось на росте соснового подростка и накоплении им фитомассы. Высоту, диаметр, прирост по высоте и их изменение под влиянием минеральных удобрений и внекорневой подкормки определяли весной 1964 г. и осенью 1966 г. Обмерено до трехсот деревьев каждого варианта (около 100 шт. на каждой секции), выросших в примерно одинаковых условиях освещенности (табл. 1).

Продуктивность фитомассы соснового подростка каждого варианта устанавливали осенью 1965 г. по трем модельным деревьям по методике Л. Е. Родина и др. раскопку корневых систем вели по методу Гильфа.

Весьма наглядно прослеживается действие минеральных удобрений и внекорневой подкормки по данным текущего прироста соснового подростка по высоте (табл. 2). До закладки опыта в 1963 г. текущий прирост на опытных и контрольных участках был практиче-

Таблица 2

Год измерения прироста	Прирост по высоте ( $\frac{M \pm m, \text{ см}}{t}$ ) по вариантам опыта			
	контроль	N <sub>30</sub> P <sub>120</sub> K <sub>60</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>120</sub> K <sub>60</sub>	внекорневая подкормка
1963 (при закладке опыта)	$\frac{7,3 \pm 0,16}{-}$	$\frac{7,2 \pm 0,14}{0,5}$	$\frac{7,5 \pm 0,18}{0,8}$	$\frac{6,9 \pm 0,13}{1,9}$
1964	$\frac{7,8 \pm 0,16}{-}$	$\frac{8,6 \pm 0,18}{3,5}$	$\frac{8,9 \pm 0,21}{4,2}$	$\frac{7,5 \pm 0,15}{1,4}$
1965	$\frac{7,1 \pm 0,14}{-}$	$\frac{8,2 \pm 0,17}{5,0}$	$\frac{9,0 \pm 0,20}{7,3}$	$\frac{7,8 \pm 0,17}{3,2}$
1966	$\frac{7,5 \pm 0,17}{-}$	$\frac{8,1 \pm 0,15}{2,6}$	$\frac{8,5 \pm 0,22}{3,6}$	$\frac{7,6 \pm 0,14}{0,5}$

ски одинаковым. Под действием минеральных удобрений он увеличился на 10—14% в первый год опыта. Наибольший прирост на участках с внесением удобрений наблюдался на второй год опыта (15—27%), на третий год он заметно уменьшился (8—13%). Наибольшее влияние оказало полное минеральное удобрение с большей дозой азота. Положительное действие внекорневой подкормки наблюдается только в год подкормки.

Под влиянием удобрений повысилось и накопление общей фитомассы соснового подроста (на 2—38%). При этом в первую очередь нарастает фотосинтезирующая масса (хвоя, молодые побеги) как в весовом, так и в процентном отношении. У соснового подроста на опытных участках она составляет 14,5—17,6% от общей массы, а на контрольных — 12,7%. Масса ствола и корней накапливается только по весу (табл. 3).

Таблица 3

Части растения	Средний сухой вес одного растения по вариантам опыта			
	контроль	N <sub>30</sub> P <sub>120</sub> K <sub>60</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>120</sub> K <sub>60</sub>	внекорневая подкормка
Хвоя				
однолетняя	$\frac{7,6}{11,0}$	$\frac{11,5}{13,2}$	$\frac{14,4}{15,0}$	$\frac{8,8}{12,5}$
двухлетняя	$\frac{5,0}{7,2}$	$\frac{8,0}{9,2}$	$\frac{9,8}{10,2}$	$\frac{5,3}{7,5}$
трехлетняя и старше	$\frac{2,7}{3,9}$	$\frac{3,1}{3,6}$	$\frac{4,0}{4,2}$	$\frac{3,2}{4,5}$
Ветви				
однолетние	$\frac{1,2}{1,7}$	$\frac{1,9}{2,2}$	$\frac{2,5}{2,6}$	$\frac{1,4}{2,0}$
двухлетние и старше	$\frac{9,6}{13,8}$	$\frac{10,8}{12,4}$	$\frac{13,8}{14,4}$	$\frac{10,3}{14,5}$
сухие	$\frac{0,9}{1,3}$	$\frac{0,8}{0,9}$	$\frac{0,4}{0,4}$	$\frac{0,8}{1,1}$
Стволик	$\frac{33,1}{47,6}$	$\frac{39,7}{45,7}$	$\frac{39,3}{41,0}$	$\frac{31,8}{44,9}$
Корни	$\frac{9,4}{13,5}$	$\frac{11,1}{12,8}$	$\frac{11,7}{12,2}$	$\frac{9,2}{13,0}$
Всего	69,5	86,9	95,2	70,8
% к контролю	100	125	138	102

Примечание. В числителе данные в граммах; в знаменателе — в процентах к общей массе.

Наибольшую массу на всех вариантах опыта имеет ствол (41,0—47,6%), затем хвоя (22,1—29,4%), ветви (15,6—17,7%) и корни (12,2—13,5%).

Таким образом, внесение полного комплекса минеральных удобрений на поверхность почвы по травяно-моховому покрову и внекорневая подкормка улучшают рост и накопление органической массы соснового подроста под пологом леса.

## ЛИТЕРАТУРА

[1]. В. Г. Куркаев. Ускоренное определение азота, фосфора и калия в растениях из одной навески. Журн. «Почвоведение» № 9, 1959. [2]. В. С. Победов. Применение удобрений в лесном хозяйстве. М., 1969. [3]. Л. Е. Родин, Н. И. Базилевич, Н. П. Ремезов. Методические указания к изучению динамики и биологического круговорота в фитоценозах. Л., 1968. [4]. В. Н. Толкач. Накопление хлорофилла в хвое соснового подроста под влиянием минеральных удобрений и люпина. Сб. «Ботаника», Минск, 1969.

Поступила 7 июня 1971 г.

УДК 634.0.5

## ПРИМЕНЕНИЕ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ СТУПЕНЕЙ ТОЛЩИНЫ В ТАКСАЦИИ МОЛОДНЯКОВ

А. С. ТИХОНОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Дается геометрическое изображение отрицательного диаметра. Доказывается правомерность единых придержек высот деревьев отрицательных ступеней толщины для основных лесообразующих пород.

Ранее [4] мы приводили единые для лесообразующих пород придержки амплитуд высот деревьев отрицательных ступеней толщины размером 2,0; 1,0 и 0,5 см. Насколько использование единых пределов по высоте искажает средний диаметр, можно видеть из следующих примеров.

Наибольший сбег (1,9 см/м) оказался у сосны в 5-летних сосново-лиственничных культурах надлесничества Сенькотин (ПНР). Сомкнутость древесного полога 0,6. Тип леса сосняк ежевичный на супесчаной свежей почве. Средний диаметр сосны на высоте груди равен 1,89 см. При группировке деревьев в соответствии с едиными придержками средний диаметр составил 1,92 см, то есть на 2% больше.

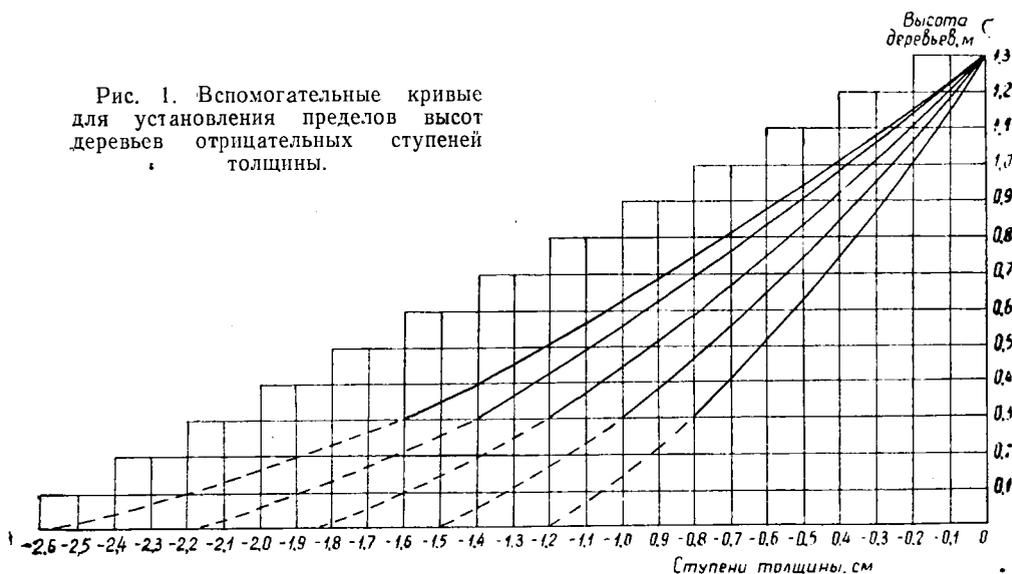
Подобные незначительные отклонения получались и в других молодняках, с преобладающим числом стволов в положительных ступенях толщины.

А вот пример 2-летнего корнеотпрыскового осинника, имеющего сомкнутость древесного полога 0,4 и лишь  $\frac{1}{3}$  числа стволиков в положительных ступенях толщины. Тип леса осинник злаковый нанорельефный, Сиверский лесхоз Ленинградской области.

Рассчитанный средний диаметр при фактическом сбеге 0,89 см равен 0,06 см, а по единым придержкам — 0,04 см, то есть меньше на 0,2 мм, или на 33%. Если принять во внимание, что диаметр стволов измеряется с точностью 1 мм, то, несмотря на значительный процент, отклонения в десятых долях тоже можно считать допустимыми.

При величине ступени менее 0,5 см можно было дать две придержки, отдельно для пород со слабосбежистыми стволами (береза, ольха, осина) и сильносбежистыми (дуб, сосна, ель, лиственница), так как применение единых пределов высот деревьев вызывало ошибку до 1—2 мм. Но выяснилось, что в древостоях некоторых пород, для которых характерен сильный сбег стволов, при определенных условиях деревья могут иметь слабый сбег и, наоборот, сильный сбег — при общей тенденции к слабому. Поэтому предлагаются два варианта установления пределов высот деревьев отрицательных ступеней толщины.

Рис. 1. Вспомогательные кривые для установления пределов высот деревьев отрицательных ступеней толщины.



При очень высокой точности работ следует предварительно установить сбеги стволов на высоте 0,3—1,3 м у 5—15 деревьев примерно средних размеров. (При коэффициенте вариации сбега стволов в средней ступени 20—40% ошибка в определении сбега составит  $\pm 10\%$ ). Затем по среднему сбегу необходимо на графике (рис. 1) построить аналогичную кривую и снять пределы высот деревьев отрицательных ступеней толщины. Например, при сбеге 0,77 см/м устанавливается место пересечения высоты 0,3 м и диаметра 0,77 см и проводится подобная кривая. Амплитуды высот отрицательных ступеней толщины устанавливаются так же, как это сделано в табл. 1 при сбеге 1 см/м.

При обычной перечислительной таксации молодняков на пробных площадях можно не считаться с возможной ошибкой в определении диаметра древостоя и пределы высот брать по единой шкале (табл. 1).

Таблица 1

Ступени толщины, см	Высота, м, при перечете деревьев по ступеням толщины, см		
	0,3	0,2	0,1
-1,5	Менее 0,05	—	Менее 0,03
-1,4	—	Менее 0,10	0,03 — 0,07
-1,3	—	—	0,08 — 0,13
-1,2	0,05 — 0,24	0,10 — 0,24	0,14 — 0,19
-1,1	—	—	0,20 — 0,26
-1,0	—	0,25 — 0,39	0,27 — 0,33
-0,9	0,25 — 0,49	—	0,34 — 0,41
-0,8	—	0,40 — 0,54	0,42 — 0,50
-0,7	—	—	0,51 — 0,59
-0,6	0,50 — 0,79	0,55 — 0,74	0,60 — 0,69
-0,5	—	—	0,70 — 0,79
-0,4	—	0,75 — 0,94	0,80 — 0,89
-0,3	0,80 — 1,14	—	0,90 — 1,00
-0,2	—	0,95 — 1,19	1,01 — 1,12
-0,1	—	—	1,13 — 1,25

Применение отрицательных ступеней толщины в перечислительной таксации молодняков показало, что ранг среднего дерева по диаметру составляет 60—75%. Редукционные числа по диаметру в молодняках теряют свой смысл ввиду значительных колебаний. Так, в 2-летнем осиннике при среднем диаметре на высоте груди 0,04 см встречаются самые толстые экземпляры диаметром 1,3 см, редукционное число которых 32.

В таксации считается, что формула для определения среднего диаметра через среднюю площадь сечения  $g = \frac{G}{N}$  допустима лишь для древостоев выше 12 м, а в молодняках дает завышенные результаты [3]. По данным некоторых исследователей [1], [2], среднее дерево по диаметру, вычисленному через площадь сечений, имеет объем ствола меньше среднего объема ствола в древостое элемента леса. Видимо, влияние изменений видового числа у деревьев разной высоты перекрывается воздействием положительной асимметрии ряда распределения.

Проверка результатов таксации с применением отрицательных ступеней толщины по второму варианту, с едиными придержками высот этих ступеней, на 14 пробных площадях показала, что в культурах вычисленный по приведенной формуле средний диаметр соответствует диаметру среднего по объему дерева, в пяти случаях разница в диаметрах была 0,1 см и в трех хвойных молодняках диаметр оказался меньше на 0,4—0,6 см.

На последних пробах в одно поколение были включены деревья с амплитудой возрастов 40 лет. Это сказалось на растянутости ряда распределения и увеличении ошибки в определении среднего дерева. Поэтому к одному элементу леса в молодняках надо относить деревья, различающиеся не более чем на 20 лет.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. А. Макаренко. Определение запаса древостоя по способу средней модели. Журн. «Лесное хозяйство» № 4, 1963. [2]. В. С. Моисеев. Изучение строения и роста молодых насаждений. Труды ЛТА, вып. 104, 1966. [3]. Н. Т. Смирнов. Особенности таксации искусственных сосновых молодняков. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1963. [4]. А. С. Тихонов. Новый метод перечислительной таксации молодняков. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 1971.

Поступила 3 мая 1971 г.

УДК 634.0.52

### ТАБЛИЦЫ ОБЪЕМОВ СТВОЛОВ БЕРЕЗЫ И ЕЛИ ПО РАЗРЯДАМ ВЫСОТ В ЕЛОВО-БЕРЕЗОВЫХ НАСАЖДЕНИЯХ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Н. П. ЧУПРОВ

Архангельский институт леса и лесохимии

Показана взаимосвязь коэффициентов формы  $q_2$ , видовых чисел стволов березы и ели с высотами и диаметрами. Дана методика составления и приведены таблицы объемов стволов по разрядам высот.

Важный этап в изучении производительности, сортиментной и товарной структуры лесов — исследование формы, полнодревесности и объема стволов. Это касается не только хвойных, но и елово-березовых насаждений, возникающих на  $\frac{2}{3}$  площади вырубаемых хвойных лесов и еще слабо изученных в условиях Севера.

Мы в своих исследованиях использовали материалы обмера 790 модельных и учетных деревьев березы и 610 деревьев ели, взятых на 40 пробных площадях, заложенных в 40—160-летних березняках с елью последующего возобновления в типах леса кисличник, травяной (широкоотравный), черничник свежий и черничник влажный на территории Плесецкого, Верхне-Тоемского, Няндомского и Коношского районов Архангельской области. Учетные и модельные деревья брали в каждом древостое в количестве, пропорциональном наличию деревьев по ступеням толщины. Поэтому установленные по ним показатели отражают характер древостоев в целом.

При составлении таблиц объемов березы применена следующая методика. Прежде всего, была установлена взаимосвязь коэффициентов формы  $q_2$  и видовых чисел с высотами и диаметрами стволов. Для получения устойчивых связей учетные и модельные деревья объединяли по высотам в группы 7—10, 11—14, 15—18, 19—22, 23—26 и 27—30 м. В пределах этих групп устанавливали изменение коэффициентов формы  $q_2$  и видовых чисел по ступеням толщины.

Таблица 1

Ступени высот, м	Средневзвешенные коэффициенты формы $q_2$ (числитель) и видовые числа (знаменатель) по ступеням толщины, см							
	8	12	16	20	24	28	32	в среднем
7—10	$\frac{0,660}{0,498}$	—	—	—	—	—	—	$\frac{0,660}{0,497}$
11—14	$\frac{0,657}{0,480}$	$\frac{0,667}{0,477}$	$\frac{0,652}{0,478}$	$\frac{0,672}{0,477}$	—	—	—	$\frac{0,675}{0,478}$
15—18	$\frac{0,660}{0,479}$	$\frac{0,673}{0,476}$	$\frac{0,686}{0,471}$	$\frac{0,661}{0,470}$	$\frac{0,655}{0,475}$	—	—	$\frac{0,679}{0,475}$
19—22	—	$\frac{0,690}{0,491}$	$\frac{0,693}{0,484}$	$\frac{0,697}{0,484}$	$\frac{0,689}{0,480}$	$\frac{0,690}{0,458}$	—	$\frac{0,692}{0,483}$
23—26	—	—	$\frac{0,688}{0,489}$	$\frac{0,676}{0,484}$	$\frac{0,684}{0,477}$	$\frac{0,685}{0,479}$	—	$\frac{0,682}{0,480}$
27—30	—	—	—	—	—	$\frac{0,695}{0,477}$	$\frac{0,669}{0,456}$	$\frac{0,675}{0,467}$
В среднем	$\frac{0,671}{0,485}$	$\frac{0,685}{0,478}$	$\frac{0,685}{0,477}$	$\frac{0,685}{0,478}$	$\frac{0,682}{0,478}$	$\frac{0,687}{0,472}$	$\frac{0,668}{0,455}$	$\frac{0,680}{0,479}$

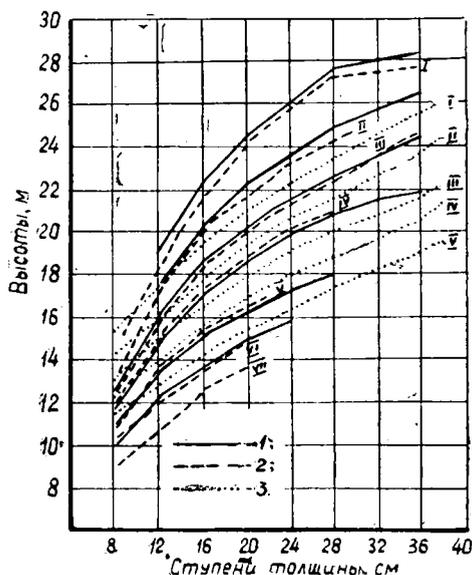


Рис. 1.

I — по Н. В. Третьякову — П. В. Горскому; 2 — по материалам автора; 3 — по А. Н. Карпову. Римскими цифрами обозначены разряды высот.

Приведенные в табл. 1 данные показывают, что заметного закономерного изменения  $q_2$  по ступеням толщины и высотам в рассматриваемом диапазоне не наблюдается. Полученное нами среднее значение  $q_2$  для северной березы (0,680) на 0,016 выше установленного А. В. Тюриным (0,664) [2].

Таблица 2

Ступени толщины, см	Процент коры	
	средневзвешенный фактический	выравненный
8	13,3	13,5
12	14,3	14,3
16	15,2	14,7
20	14,6	15,1
24	15,2	15,2
28	15,6	15,3
32	15,4	15,4

Наблюдается очень слабая тенденция уменьшения видовых чисел с понижением диаметров и высот деревьев. Диапазон изменения  $f$  очень невелик. Так, самые крайние значения отличаются от среднего на  $\pm 4\%$ , а остальные практически совпадают с ним. Поэтому при составлении таблицы объемов березы может быть использовано среднее видовое число, равное 0,479.

Сопоставляя соотношения высот и диаметров березовых древостоев, полученные по материалам наших проб, с данными других авторов, видим, что наша шкала практически совпадает с разрядной шкалой Н. В. Третьякова — П. В. Горского [3] и сильно отличается от шкалы А. Н. Карпова [1] — рис. 1. Число принятых разрядов (семь) в шкале Н. В. Третьякова — П. В. Горского позволяет с большой точностью устанавливать запасы древостоев, поэтому ее с успехом можно использовать в наших условиях. Однако на Севере встречаются березняки с более низкими разрядами высот и в то же время нет древостоев высшего разряда. В связи с этим мы к указанной шкале добавили низший разряд и исключили один высший.

Для составления таблиц объемов березы при среднем  $q_2 = 0,680$  использовали полученное среднее значение видового числа и упомянутую шкалу высот. Объемы стволов вычисляли по известной формуле  $V = ghf$ .

По материалам учетных деревьев определяли процентное содержание коры в стволах березы по ступеням толщины (табл. 2), которое выражается уравнением

$$P_x = 15,8 - \frac{18,7}{d}$$

Установленные объемы стволов березы по разрядам высот приведены в табл. 3. Проверка составленной таблицы на первичном материале 40 пробных площадей показала ее высокую точность. Систематическая ошибка равна  $+0,5\%$ , среднеквадратическое отклонение  $\sigma = \pm 4,3\%$ , ошибка для 40 случаев  $m = 0,7\%$ .

При составлении таблиц объемов стволов ели, произрастающей в двухъярусных елово-березовых насаждениях, также изучали связь коэффициентов формы  $q_2$  и видовых чисел с высотами и диаметрами стволов. Для этого все модельные и учетные деревья, взятые в древостоях пропорционально числу деревьев по ступеням толщины, были объединены в группы высот 5—8, 9—12 и 13—26 м, в пределах которых по ступеням толщины найдены средневзвешенные  $q_2$  и  $f$  (табл. 4). Эти данные показывают тесную закономерную связь  $q_2$  и  $f$  как с высотами стволов ели, так и с диаметрами. В наибольшей степени  $q_2$  и  $f$  изменяются при малых высотах и диаметрах. Полученные нами  $q_2$  и  $f$  значительно выше установленных В. К. Захаровым и М. Е. Ткаченко для соответствующих высот деревьев ели.

Таблица 3

Ст. пени толщины, см	Объемы стволов березы, м <sup>3</sup> , по разрядам высот (в числителе — в коре, в знаменателе — без коры)													
	I		II		III		IV		V		VI		VII	
	h	V	h	V	h	V	h	V	h	V	h	V	h	V
8			13,5	$\frac{0,031}{0,029}$	12,5	$\frac{0,031}{0,027}$	11,5	$\frac{0,029}{0,025}$	11,0	$\frac{0,028}{0,023}$	10,0	$\frac{0,025}{0,022}$	9,0	$\frac{0,023}{0,020}$
12	14,0	$\frac{0,104}{0,089}$	17,5	$\frac{0,095}{0,081}$	16,5	$\frac{0,090}{0,077}$	15,0	$\frac{0,082}{0,070}$	13,5	$\frac{0,073}{0,063}$	12,5	$\frac{0,068}{0,058}$	11,0	$\frac{0,060}{0,051}$
16	22,5	$\frac{0,218}{0,186}$	20,5	$\frac{0,198}{0,169}$	19,0	$\frac{0,184}{0,157}$	17,0	$\frac{0,165}{0,142}$	15,5	$\frac{0,150}{0,128}$	14,0	$\frac{0,136}{0,116}$	12,5	$\frac{0,121}{0,104}$
20	21,5	$\frac{0,370}{0,313}$	22,5	$\frac{0,339}{0,287}$	20,5	$\frac{0,304}{0,262}$	18,5	$\frac{0,279}{0,236}$	16,5	$\frac{0,249}{0,210}$	15,0	$\frac{0,226}{0,192}$	13,5	$\frac{0,204}{0,171}$
24	26,0	$\frac{0,568}{0,479}$	24,0	$\frac{0,523}{0,442}$	22,0	$\frac{0,480}{0,406}$	20,0	$\frac{0,447}{0,369}$	17,5	$\frac{0,382}{0,322}$	16,0	$\frac{0,350}{0,295}$	14,5	$\frac{0,316}{0,267}$
28	27,5	$\frac{0,814}{0,688}$	25,0	$\frac{0,740}{0,626}$	23,0	$\frac{0,680}{0,574}$	20,5	$\frac{0,607}{0,512}$	18,0	$\frac{0,532}{0,441}$	16,0	$\frac{0,473}{0,401}$	14,5	$\frac{0,429}{0,363}$
32	28,0	$\frac{1,080}{0,911}$	26,0	$\frac{1,010}{0,852}$	23,5	$\frac{0,905}{0,762}$	21,5	$\frac{0,829}{0,700}$	18,5	$\frac{0,713}{0,601}$			—	—
36	29,0	$\frac{1,120}{1,200}$	26,5	$\frac{1,300}{1,100}$	24,5	$\frac{1,200}{1,040}$	22,0	$\frac{1,080}{0,912}$	18,5	$\frac{0,907}{0,766}$			—	—
40	29,0	$\frac{1,760}{1,486}$	27,0	$\frac{1,610}{1,383}$	25,0	$\frac{1,520}{1,283}$							—	—
44	29,5	$\frac{2,160}{1,820}$	27,0	$\frac{1,975}{1,660}$									—	—
48	29,5	$\frac{2,560}{2,160}$											—	—

Таблицы объемов стволов березы и ели

Ступени высот, м	Средневзвешенные коэффициенты формы $q_2$ (числитель) и видовые числа $f$ (знаменатель) по ступеням толщины, см						
	8	12	16	20	24	28	В среднем
5—8 (средняя 6,3)	$\frac{0,780}{0,610}$	$\frac{0,760}{0,570}$	—	—	—	—	$\frac{0,777}{0,607}$
9—12 (средняя 10,4)	$\frac{0,771}{0,587}$	$\frac{0,755}{0,560}$	$\frac{0,740}{0,544}$	—	—	—	$\frac{0,751}{0,562}$
13—26 (средняя 16,2)	$\frac{0,760}{0,578}$	$\frac{0,745}{0,550}$	$\frac{0,720}{0,533}$	$\frac{0,698}{0,528}$	$\frac{0,688}{0,521}$	$\frac{0,670}{0,518}$	$\frac{0,731}{0,539}$
В среднем	$\frac{0,776}{0,594}$	$\frac{0,752}{0,565}$	$\frac{0,737}{0,543}$	$\frac{0,698}{0,528}$	$\frac{0,688}{0,521}$	$\frac{0,670}{0,518}$	$\frac{0,750}{0,567}$

[2]. Следовательно, ель, находящаяся во II ярусе под пологом березы, стеснена в росте по высоте и имеет другую форму и полндревность, чем растущая в чистых еловых древостоях.

Связь  $q_2$  и  $f$  с высотами и диаметрами ели в елово-березовых насаждениях выражается следующими уравнениями:

а) с высотами

$$q_2 = 0,710 + \frac{0,425}{H};$$

$$f = 0,496 + \frac{0,700}{H};$$

б) с диаметрами

$$q_2 = 0,000042 D^2 - 0,0068 D + 0,827;$$

$$f = 0,000215 D^2 - 0,0115 D + 0,672.$$

Для нахождения объемов стволов ели может быть принят ряд вариантов связи видовых чисел с диаметрами и высотами. Проанализируем их.

1. Если для вычисления объемов стволов всех ступеней высот и диаметров принять найденное средневзвешенное видовое число 0,567, то будут иметь место значительные ошибки в крайних ступенях высот и диаметров. Так, при высотах 5—8 м и ступени толщины 8 см ошибка в определении  $f$  и  $V$  будет равна — 8%. При высотах 13—26 м и диаметре 28 см она составит +9%.

2. Если рассматривать связь видовых чисел только с высотой стволов, то ошибка видовых чисел и объемов составит: — 1% при высотах 5—8 м в ступени 8 см; +6% в ступени 12 см; — 8% при высотах 13—26 м в ступени 8 см; +9% в ступени 28 см.

3. Если принять связь видовых чисел только с диаметрами стволов, то ошибка в установлении видовых чисел и объемов составит: — 3% в ступени 8 см при высотах 5—8 м; +3% при высотах 13—26 м; 0% в ступени 16 см при высотах 9—12 м; +2% при высотах 13—26 м.

Из анализа видно, что первый и второй варианты связи дают ошибку объемов стволов в крайних ступенях высот и диаметров в размере ±8—9%. Третий вариант дает более точные результаты (±3%), поэтому он использован при нахождении объемов стволов.

Установлена математическая связь видовых чисел с диаметрами стволов

$$f = 0,000215 D^2 - 0,0115 D + 0,672.$$

Таблица 5

Ступени толщины, см	Объем стволов ели, м <sup>3</sup> , по разрядам высот (в числителе — в коре, в знаменателе — без коры)															
	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII	
	h	V	h	V	h	V	h	V	h	V	h	V	h	V	h	V
8	—	—	—	—	—	—	11,0	$\frac{0,033}{0,028}$	10,0	$\frac{0,030}{0,025}$	9,0	$\frac{0,027}{0,023}$	8,0	$\frac{0,024}{0,020}$	7,0	$\frac{0,021}{0,018}$
12	19,5	$\frac{0,124}{0,106}$	18,0	$\frac{0,115}{0,099}$	16,5	$\frac{0,106}{0,091}$	15,0	$\frac{0,096}{0,082}$	11,0	$\frac{0,089}{0,076}$	12,5	$\frac{0,080}{0,068}$	11,5	$\frac{0,073}{0,062}$	10,0	$\frac{0,064}{0,055}$
16	23,5	$\frac{0,256}{0,222}$	21,5	$\frac{0,234}{0,203}$	19,5	$\frac{0,213}{0,185}$	18,0	$\frac{0,196}{0,170}$	16,5	$\frac{0,180}{0,156}$	15,0	$\frac{0,163}{0,151}$	13,5	$\frac{0,146}{0,127}$	12,0	$\frac{0,131}{0,114}$
20	26,5	$\frac{0,410}{0,385}$	24,5	$\frac{0,406}{0,356}$	22,5	$\frac{0,372}{0,325}$	20,5	$\frac{0,340}{0,297}$	18,5	$\frac{0,307}{0,268}$	16,5	$\frac{0,274}{0,239}$	15,0	$\frac{0,248}{0,217}$	13,0	$\frac{0,216}{0,189}$
24	29,9	$\frac{0,679}{0,592}$	26,5	$\frac{0,620}{0,512}$	24,0	$\frac{0,561}{0,492}$	22,0	$\frac{0,517}{0,452}$	20,0	$\frac{0,468}{0,410}$	18,0	$\frac{0,421}{0,369}$	16,0	$\frac{0,375}{0,327}$	14,0	$\frac{0,327}{0,268}$
28	31,0	$\frac{0,991}{0,873}$	28,5	$\frac{0,912}{0,802}$	26,0	$\frac{0,830}{0,730}$	23,5	$\frac{0,751}{0,660}$	21,0	$\frac{0,671}{0,590}$	19,0	$\frac{0,608}{0,534}$	17,0	$\frac{0,542}{0,476}$	15,0	$\frac{0,479}{0,421}$
32	32,5	$\frac{1,360}{1,200}$	30,0	$\frac{1,260}{1,107}$	27,0	$\frac{1,135}{0,995}$	24,5	$\frac{1,025}{0,900}$	22,0	$\frac{0,923}{0,813}$	20,0	$\frac{0,839}{0,738}$	18,0	$\frac{0,755}{0,655}$	—	—
36	33,5	$\frac{1,830}{1,615}$	31,0	$\frac{1,690}{1,495}$	28,0	$\frac{1,528}{1,350}$	25,5	$\frac{1,395}{1,222}$	23,0	$\frac{1,258}{1,110}$	20,5	$\frac{1,120}{0,990}$	18,5	$\frac{1,010}{0,895}$	—	—
40	34,5	$\frac{2,410}{2,120}$	32,0	$\frac{2,230}{1,975}$	29,0	$\frac{2,025}{1,785}$	26,5	$\frac{1,850}{1,635}$	23,5	$\frac{1,641}{1,450}$	21,0	$\frac{1,467}{1,300}$	—	—	—	—

Таблицы объемов стволов березы и ели

Найденное выражение подставлено в формулу  $V = ghf$  и получена следующая формула для вычисления объемов стволов ели:

$$V = 0,0001D^2 \cdot H (0,000169D^2 - 0,00902D + 0,527),$$

где  $V$  — объем ствола,  $m^3$ ;  
 $D$  — диаметр ствола на высоте груди,  $cm$ ;  
 $H$  — высота ствола,  $m$ .

Связь процента коры с диаметром ствола ели выражается уравнением

$$P_c = \frac{42,9}{D} + 10,5.$$

При составлении таблиц объемов ели использована разрядная шкала Н. В. Третьякова — П. В. Горского [3], в которой соотношения высот и диаметров совпадают с полученными нами.

Вычисленные по установленной формуле объемы стволов ели, произрастающей в двухъярусных елово-березовых насаждениях, приведены в табл. 5. Проверка составленной таблицы на первичном материале 40 пробных площадей показала ее достаточную точность. Систематическая ошибка равна  $+1,3\%$ , среднеквадратическое отклонение  $\sigma = \pm 5,9\%$ , ошибка для 40 случаев  $m = 0,9\%$ .

Составленные таблицы объемов березы и ели рекомендуются для применения в практике лесного хозяйства и лесоэксплуатации в лесах Севера.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. Н. Карпов. Сортиментные таблицы березы. Памятка северному лесничему, изд. 2-е, Архангельск, 1957. [2]. Массовые таблицы Союзлеспрома для сосны, ели, березы и осины по классам бонитета. Сельхозгиз, М.—Л., 1931. [3]. Н. В. Третьяков, П. В. Горский, Г. Г. Самойлович. Справочник таксатора. Гослесбуиздат, М.—Л., 1952.

Поступила 22 июня 1971 г.

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 625.731.1:634.0.383

РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД  
И ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА  
С УЧЕТОМ ФАЗОВОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ ГРУНТОВОЙ ВЛАГИ

Г. И. ШЕЛОПАЕВ

Сибирский технологический институт

Рассмотрена методика расчета нестационарного процесса тепло- и влагообмена в автомобильной дороге, позволяющая с помощью ЭВМ прогнозировать водно-тепловой режим с учетом фазовых переходов грунтовой влаги на границе промерзания при разных теплофизических свойствах грунта земляного полотна и материала дорожной одежды.

Промерзание и оттаивание влажных грунтов сопровождается весьма сложным термодинамическим процессом, расчет и прогнозирование которого составляет одну из труднейших задач математической физики [1], [3].

Физическая формулировка задачи. Рассматривается земляное полотно и дорожная одежда с известным начальным распределением температуры и влажности по глубине. В осенний период с наступлением отрицательных температур воздуха грунт начинает замерзать. При понижении температуры на границе промерзания между мерзлым и талым грунтом образуется зона фазовых переходов воды в лед, сопровождающихся выделением теплоты. Температура грунта остается равной температуре зоны фазовых переходов до тех пор, пока не произойдет полное фазовое превращение влаги.

Теплофизические характеристики грунта в этой зоне постоянны и при переходе в мерзлую зону изменяются скачкообразно.

Математическая формулировка задачи. Нестационарный процесс тепло- и влагообмена в земляном полотне и дорожной одежде описывается системой нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных [1]:

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} - \frac{\lambda}{C \cdot \gamma} \cdot \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\varepsilon \rho_n + \varepsilon_1 \rho_n}{C} \cdot \frac{\partial W}{\partial \tau}; \tag{1}$$

$$\frac{\partial W}{\partial \tau} - \frac{K}{\gamma \cdot (1 - \varepsilon - \varepsilon_1)} \cdot \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} + \frac{K \theta}{\gamma \cdot (1 - \varepsilon - \varepsilon_1)} \cdot \frac{\partial T}{\partial x^2}. \tag{2}$$

Начальные условия:

$$T(x, 0) = f_1(x); \quad W(x, 0) = f_2(x). \tag{3}$$

Граничные условия:

$$\left. \begin{aligned} T(0, \tau) = f_3(\tau) &= \lambda \frac{\partial T}{\partial x} + \alpha_1 \left[ T_n - \left( T_b + \frac{r \cdot Q \cdot E}{z_1} \right) \right] \\ W(0, \tau) = f_4(\tau) &= \lambda \frac{\partial W}{\partial x} + \alpha_2 \cdot (W_n - W_b), \end{aligned} \right\} \tag{4}$$

$$\left. \begin{aligned} T(L, \tau) = T_L = \text{const} \\ W(L, \tau) = W_{п.в} = \text{const.} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Условие на границе фазового перехода грунтовой воды при  $x = \xi$

$$\lambda_m \frac{\sigma T_m}{\sigma x} - \lambda_t \frac{\sigma T_t}{\sigma x} = \rho \cdot \gamma \cdot (W_h + \Delta W - W_{п.с.}) \frac{d\xi}{d\tau}; \quad (6)$$

$$T_m(\xi, \tau) = T_t(\xi, \tau) = T_{\phi}, \quad (7)$$

- где  $T_t$  и  $T_m$  — температура талого и мерзлого грунтов, °С;  
 $W$  — влажность грунта, %;  
 $\tau$  — время, час;  
 $\lambda_m$  и  $\lambda_t$  — коэффициенты теплопроводности мерзлого и талого грунтов, ккал/м · град · час;  
 $C$  — удельная теплоемкость грунта, ккал/кг · град;  
 $\gamma$  — объемный вес скелета грунта, кг/м<sup>3</sup>;  
 $\epsilon$  — критерий фазового перехода пара в жидкость;  
 $\epsilon_s$  — критерий фазового превращения жидкости в лед;  
 $\rho_n$  — удельная теплота парообразования, равная 595 ккал/кг;  
 $\rho_{л}$  — удельная теплота кристаллизации льда, равная 80 ккал/кг;  
 $\xi$  — глубина промерзания грунта, м;  
 $K$  — коэффициент влагопроводности грунта, м<sup>2</sup>/час;  
 $\delta$  — термоградиентный коэффициент, 1/град;  
 $W_h$  — влажность грунта на границе льдовыделения, %;  
 $\Delta W$  — изменение влажности на границе льдовыделения вследствие миграции влаги из зоны талого грунта;  
 $\frac{d\xi}{d\tau}$  — скорость изменения площади мерзлой (талой) зоны;  
 $W_{п.с.}$  — прочно связанная влага, не участвующая в процессе миграции;  
 $W_{п.в.}$  — полная влагоемкость грунта, %;  
 $T_{\phi}$  — температура замерзания грунта, °С;  
 $T_{п}$  — температура поверхности покрытия, °С;  
 $T_{в}$  — температура воздуха, °С;  
 $\frac{\partial T}{\partial x}$  — производная по нормам к границе промерзания;  
 $\alpha_1$  — коэффициент теплоотдачи дорожным покрытием вследствие излучения и конвекции, ккал/м<sup>2</sup> · час · град;  
 $\alpha_2$  — коэффициент теплоотдачи дорожным покрытием, кг/м<sup>2</sup> · час · мм;  
 $r$  — радиационный баланс (результатирующая лучистого теплообмена на поверхности);  
 $W_{п}$  — влажность верхнего слоя дорожной одежды;  
 $W_{в}$  — относительная влажность воздуха;  
 $Q$  — теплота фазового перехода вода — пар или лед — пар;  
 $L$  — глубина годовых нулевых амплитуд температур и влажности грунта, м;  
 $E$  — величина испарения влаги с поверхности.

Так как алгоритм аналитического решения этой явно нелинейной задачи не известен, воспользуемся численным методом расчета.

Разработка алгоритмов. Для численного решения рассматриваемой задачи использован метод конечных разностей, по которому дифференциальные операторы уравнений (1) — (2) заменяются разностными операторами, представляющими собой линейные комбинации значений функции в узловых точках сеточной модели [2], [3].

Применим численное дифференцирование по  $T$  и  $W$  «вперед», то есть явную схему метода сеток. Тогда система дифференциальных уравнений (1) — (2) аппроксимируется в конечно-разностном виде

$$T_i^{K+1} = T_i^K + \frac{\lambda \cdot \Delta \tau}{C \cdot \gamma \cdot \Delta x^2} \cdot (T_{i-1}^K - 2T_i^K + T_{i+1}^K) + \frac{\varepsilon \rho_{\Pi} + \varepsilon_i \rho_{\Pi}}{C} \cdot (W_i^{K+1} - W_i^K); \quad (8)$$

$$W_i^{K+1} = W_i^K + \frac{K \cdot \Delta \tau}{\gamma (1 - \varepsilon - \varepsilon_i) \Delta x^2} \cdot (W_{i-1}^K - 2W_i^K + W_{i+1}^K) + \frac{K \lambda \cdot \Delta \tau}{\gamma (1 - \varepsilon - \varepsilon_i) \Delta x^2} \cdot (T_{i-1}^K - 2T_i^K + T_{i+1}^K). \quad (9)$$

Граничные условия (4) в конечно-разностном виде заменяются уравнением

$$T_i^{K+1} = \frac{\lambda_i}{2\Delta x \cdot \alpha_1} \cdot (T_{i-1}^K - 2T_i^K + T_{i+1}^K) + T_i^K; \quad (10)$$

$$W_i^{K+1} = \frac{\lambda_i}{2\Delta x \cdot \alpha_2} \cdot (W_{i-1}^K - 2W_i^K + W_{i+1}^K) + W_i^K. \quad (11)$$

Условие на границе промерзания (6) аппроксимируется уравнением вида [2]

$$\Delta T_i^{K+1} = \frac{\lambda_i}{2\Delta x \cdot \rho \cdot \gamma} \cdot (T_{i-1}^K - 2T_i^K + T_{i+1}^K), \quad (12)$$

где  $\Delta T_i^{K+1}$  — температурный эквивалент части фазового тепла грунтового блока, израсходованного за время  $\Delta \tau$ .

Система уравнений в конечно-разностном виде (8) — (9) решается последовательным определением значений  $T_i^{K+1}$  и  $W_i^{K+1}$  в узловых точках сетки  $i = 1, 2, \dots, L - 1$  по предыдущему распределению температуры  $T_i^K$  и влажности  $W_i^K$ .

На поверхности покрытия температуру устанавливают согласно закону Ньютона по формуле [3]

$$T_0^{K+1} = \frac{\Delta x \cdot \left( T_{\text{в}}^K + \frac{r_{\text{в}}^K}{\alpha_1} \right) + R_{\text{од}}^K \cdot \lambda_1^K \cdot T_1^K}{\Delta x + R_{\text{од}}^K \cdot \lambda_1^K}, \quad (13)$$

где  $R_{\text{од}}$  — термическое сопротивление дорожной одежды.

Температура на нижней границе задается как граничное условие в виде постоянных температур  $T_L$  на глубине годовых нулевых амплитуд, а влажность  $W_L$  принимается на глубине горизонта грунтовых вод. Шаг по координате выбирается из условий сходимости  $\Delta x = h$ ; а шаг по времени — из условий устойчивости

$$P = \frac{\lambda_i \cdot \Delta \tau}{\Delta x \cdot C_i \cdot \gamma_i} \leq \frac{1}{2},$$

где  $P$  — критерий устойчивости.

Для точки внутри грунта

$$\Delta \tau = \frac{h \cdot C_i \cdot \gamma_i}{4\lambda_i};$$

для точки на поверхности

$$\Delta \tau = \frac{h \cdot C_1 \cdot \gamma_1}{4 \cdot \lambda_1 + 2\alpha_1 \cdot h}.$$

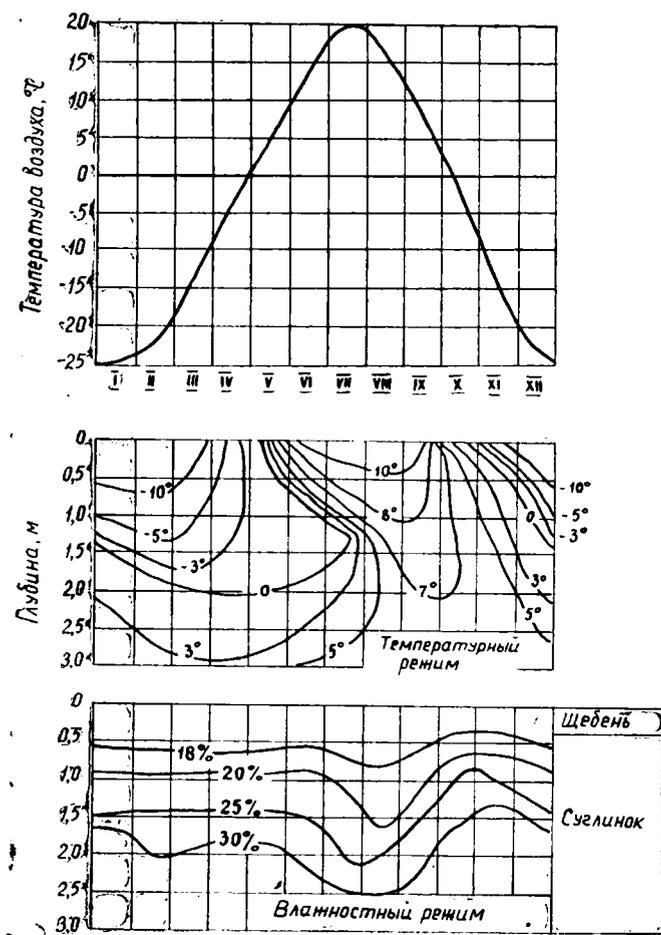


Рис. 1. Водно-тепловой режим лесовозной автомобильной дороги в южной части Красноярского края.

Расчеты проведены на ЭЦВМ «Наири» при разнообразных условиях однозначности с декадным заданием граничных условий. Их некоторые результаты приведены на рис. 1.

Выполненные исследования позволили разработать алгоритм и программу решения нестационарных задач водно-теплого режима с учетом следующих факторов: миграции грунтовой влаги из нижележащих талых слоев к границе промерзания; фазовых превращений грунтовой влаги; теплофизических характеристик грунта в зависимости от его температурного и влажностного состояния.

Рассмотренная методика позволяет выполнять расчеты с помощью ЭЦВМ по прогнозированию температурно-влажностного состояния автомобильных дорог.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. В. Лыков, Ю. А. Михайлов. Теория тепло- и массопереноса. Госэнергоиздат, М.—Л., 1963. [2]. О. П. Орел, Р. Т. Шугаева. Учет фазового превращения влаги при исследовании нестационарных температурных полей с помощью ЭЦВМ.

Труды V совещания-семинара по обмену опытом строительства в суровых климатических условиях. Изд. Красноярского ПромстройНИИпроекта, Тюмень, 1968. [3]. Ю. С. Палькин. Решение на ЭЦВМ задачи Стефана о промерзании влажного грунта. Труды Новосибирского института инженеров железнодорожного транспорта «Вопросы инженерной геологии, оснований и фундаментов», вып. 106. Новосибирск, 1970.

Поступила 11 октября 1971 г.

УДК 634.0.37

## КРИТЕРИИ ОПТИМАЛЬНОСТИ И МЕТОД РЕШЕНИЯ НА ЭВМ ЗАДАЧИ ТРАНСПОРТНОГО ОСВОЕНИЯ ЛЕСНЫХ МАССИВОВ

В. Я. ЛАРИОНОВ

Московский лесотехнический институт

Рассматриваются критерии оптимальности — суммарные приведенные затраты — и метод решения на ЭВМ задачи транспортного освоения лесных массивов. Дается формулировка задачи и схема алгоритма.

При разработке вопросов транспортного освоения лесных массивов необходимо выяснить, по каким направлениям грузопотоков следует строить новые пути, какие из существующих транспортных связей можно использовать и нужно ли их технически перевооружать. Одновременно следует вопросы о выборе пункта примыкания магистрали, типа лесовозного автопоезда, типов дорог, рассматривать как единую лесотранспортную задачу. При этом желательно получать не только лучшее решение, но и ряд близких к нему. Решать такую задачу обычными методами трудно. Поэтому целесообразно использовать электронную вычислительную машину (ЭВМ). Но для этого необходимо прежде всего располагать критерием оптимальности.

Можно назвать несколько критериев: расстояние перевозки древесины, время ее транспортировки, грузовая работа, капиталовложения в строительство дорожной сети и в лесотранспорт, транспортные расходы по перевозке древесины, удельные расходы, приходящиеся на  $1 \text{ м}^3$  вывезенной древесины, суммарные приведенные дорожно-транспортные затраты. Все они в разной мере удовлетворяют условиям задачи.

Если в качестве критерия выбрать минимальное расстояние или время перевозки древесины, то единственным решением задачи будет обеспечение корреспондирующих точек транспортными связями по кратчайшим направлениям к пункту примыкания. В условиях решаемой задачи это требование неприемлемо.

Грузовая работа определяет размер затрат по перевозкам древесины. Однако этот критерий не отражает условий применения различных типов автопоездов, типов и состояния дорог и прочих факторов. Грузовая работа не учитывает строительных и эксплуатационных расходов по дорожным сетям.

Решая поставленную задачу, недостаточно учитывать только первоначальные затраты на строительство дорог и приобретение тягового и прицепного состава и транспортные расходы. Учет только капитальных вложений затрагивает обычно общее направление решения, но не выявляет конкретных показателей того или иного варианта.

Транспортные расходы также недостаточно отражают условия задачи. Этот показатель удобно применять, например, для определения плана перевозок древесины по существующей сети дорог.

Удельные расходы имеют нелинейную зависимость от грузооборота дороги. Поэтому для расчетов на ЭВМ их трудно представить в удобной форме.

Условиям задачи транспортного освоения лесных массивов более других критериев соответствуют суммарные приведенные дорожно-транспортные затраты (СПЗ). Имеются в виду годовые расходы, приходящиеся на весь объем перевозок древесины и на всю дорожную сеть. Критерий  $T$  имеет вид:

$$T = \sum_{pe} \sum_{ke} \sum_t \sum_r (E_0 K_{pk}^{tr} + \mathcal{E}_{pk}^{tr}) l_{pk} + \sum_i \sum_j \sum_t \sum_r E_0 K_{ij}^{tr} + \\ + \sum_i \sum_j \sum_r Q_{ij} S_{ij}^{tr} l_{ij},$$

где  $K_{pk}^{tr}$  и  $\mathcal{E}_{pk}^{tr}$  — соответственно стоимость строительства и дорожно-эксплуатационные расходы, приходящиеся на 1 км  $k$ -го звена, в зависимости от перерабатываемой корреспонденции  $p$  на звене, типов автопоездов  $t$  и дорог  $r$ ;

$l_{pk}$  — длина  $k$ -го звена, на котором перерабатывается корреспонденция  $p$ ;

$E_0$  — нормативный коэффициент экономической эффективности;

$K_{ij}^{tr}$  — капиталовложения в подвижной состав и технические устройства транспорта в зависимости от варианта  $ij$  транспортного лесного массива, типов автопоездов  $t$  и дорог  $r$ ;

$Q_{ij}$  — грузооборот по каждому из маршрутов варианта  $ij$ ;

$S_{ij}^{tr}$  — себестоимость 1 м<sup>3</sup> км соответственно типу автопоезда  $t$  и дороги  $r$ ;

$l_{ij}$  — длина каждого маршрута по вариантам  $ij$ .

В стоимостных показателях критерия находит отражение связь ряда природных количественных (запасы древесины и др.) и качественных (грунтовые, гидрологические и др.) факторов с технологическими (трелевка, вывозка древесины и т. п.).

СПЗ при переходе от дороги одной технической категории к другой меняются скачкообразно, так как технические параметры дорог изменяются не непрерывно, а дискретно, согласно существующим техническим условиям. Изменение же СПЗ в пределах дороги одной технической категории можно аппроксимировать прямой. При таком допущении зависимость критерия оптимальности от грузооборота может быть представлена в виде ступенчато-линейной функции (рис. 1).

Задача транспортного освоения лесных массивов относится к группе многовариантных. Использование ЭВМ намного увеличивает возможности «просмотра» различных вариантов в короткое время по сравнению с традиционными методами расчетов. Однако увеличение возможностей перебора, даваемое машинами, хотя и весьма значительно, тем не менее, ограничено известными пределами.

Следовательно, машинные схемы расчетов нужно разрабатывать на основе эффективных математических методов, позволяющих резко сократить перебор.

Ряд методов, которыми решаются задачи построения сети дорог общего пользования, не может быть применен для решения нашей задачи. Дело в том, что сеть дорог общего пользования представляется

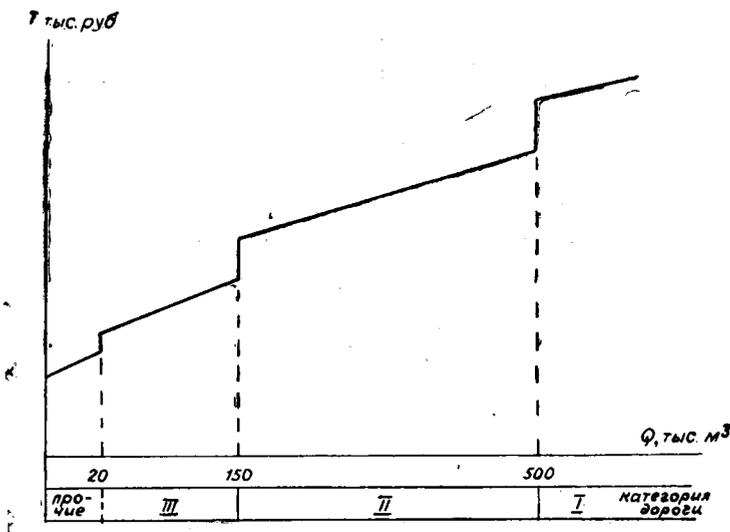


Рис. 1.

графом, содержащим циклы. Сеть же дорог в лесных массивах представляется графом-деревом, не содержащим циклов.

Использование многих методов для решения задачи транспортного освоения лесных массивов (направленного отбора вариантов, последовательного анализа вариантов и др.) затруднительно, так как для их применения нужно четко сформулировать отличительные свойства искомого варианта (помимо удовлетворения требованиям целевой функции). Например, в случае проектирования продольного профиля лесовозной дороги сделать это легко: достаточно задать технические условия (ограничения), которым должен отвечать продольный профиль. При решении задачи транспортного освоения лесных массивов подобных ограничений мы задать не можем. Целесообразнее подготовить отсеб худших вариантов по иному принципу. Для этой цели удобно использовать критерий оптимальности. На каждом шаге вычислений сравнивают СПЗ, и меньшее их значение включают в дальнейший расчет. Выше мы отмечали, что целесообразно получать несколько решений задачи, включая и лучшее. В связи с этим представляет интерес метод ветвей и границ. Основные положения этого метода использованы нами при построении математической модели транспортного освоения лесных массивов.

Реализация метода связана с постепенным разбиением множества планов на подмножества. Чтобы установить правила ветвления, мы произвели анализ нескольких схем разбиения множества  $G$  на подмножества по признакам типов лесовозных автопоездов, типов дорог, звеньев и маршрутов. Было установлено, что наиболее целесообразно ветвление по признаку звеньев и маршрутов. Схема метода представляется следующей.

Для  $k$ -го шага вычисляем оценки  $\lambda(G_i^k)$ ,  $i = 1, 2, \dots, r_k$ . Если при этом найден такой план  $\bar{x}$ , что  $\bar{x} \in G_r^k$  для некоторого  $r$  ( $1 \leq r \leq r_k$ ) и

$$f(\bar{x}) = \lambda(G_r^k) \leq \lambda(G_i^k), \quad i = 1, 2, \dots, r_k,$$

то  $\bar{x}$  — оптимальный план.

Если же оптимальный план не найден, то выбираем наиболее перспективное множество  $G_{v, (k)}^k$  по правилу

$$\lambda(G_{v, (k)}^k) = \min_{i=1, 2, \dots, r_k} \lambda(G_i^k).$$

Разбиваем  $G_{v, (k)}^k$  на несколько подмножеств

$$G_{v, (k)}^k = G_{v, (k), 1}^k \cup G_{v, (k), 2}^k \cup \dots \cup G_{v, (k), s(k)}^k.$$

Еще не подвергавшиеся разбиению множества

$$G_1^k, G_2^k, \dots, G_{v, (k)-1}^k, G_{v, (k)+1}^k, \dots, G_{r_k}^k,$$

$$G_{v, (k), 1}^k, G_{v, (k), 2}^k, \dots, G_{v, (k), s(k)}^k$$

обозначаем через

$$G_1^{k+1}, G_2^{k+1}, \dots, G_{r_k+1}^{k+1}$$

и переходим к  $(k+1)$ -му шагу.

Задача транспортного освоения лесных массивов в общем виде формулируется следующим образом. Для освоения лесного массива необходимо найти оптимальное сочетание: конфигурации сети лесовозных дорог, типов автопоездов, типов дорог, расположения пункта примыкания.

Наряду с оптимальным решением, нужно получить ряд решений, близких к оптимальному. В математической интерпретации задача поиска оптимального освоения лесных массивов может быть представлена так: найти такое решение задачи  $x_{\text{опт}}$ , которое отвечало бы поставленным условиям и минимизировало критерий оптимальности  $T$ , то есть

$$T(x_{\text{опт}}) = \min T(x).$$

$$x_{\text{опт}} \in X$$

Критерий  $T$  — количественный показатель, слабо учитывающий отдельные качественные характеристики дорог в лесных массивах (культурно-бытовое обслуживание населения, эстетические и санитарные требования и т. д.), поэтому целесообразно получать не один  $x_{\text{опт}}$ , а несколько близлежащих к нему решений с тем, чтобы окончательный выбор варианта произвести с учетом и качественных показателей.

Разработанные нами алгоритм и программа для ЭВМ БЭСМ-4 дают возможность решать задачу транспортного освоения лесных массивов. Алгоритм построен по схеме, позволяющей на каждом шаге вычислений исключать те варианты, для которых

$$\lambda_{ij} > \min \lambda_{ij},$$

$$\lambda_{ij} \in T \quad \lambda_{ij} \in T_{\min}$$

причем множество  $T_{\min} \subset T$ .

При такой схеме построения алгоритма до конца рассчитываются только лучшие возможные варианты, что дает возможность «рассматривать» на ЭВМ в короткое время достаточно большое их количество.

Имеющийся опыт применения программы показал, что решение задач транспортного освоения лесных массивов, получаемое по разработанному методу, приводит к снижению затрат на 10—20%.

УДК 625.143.48

## К ВОПРОСУ О РАСЧЕТЕ ДЛИННЫХ РЕЛЬСОВ

С. И. МОРОЗОВ

Архангельский лесотехнический институт

Рассмотрен вопрос о влиянии стыков на устойчивость звеньев пути. Разработана общая методика расчета допустимой силы давления на торцы рельсов. Выведена расчетная формула для лесовозных ужд.

Расчету длины рельсов по условию прочности и устойчивости пути посвящен ряд работ [1], [2], [4]. При определении продольных сил авторы исходят из условия, что максимальная сжимающая сила принимается равной допустимой продольной силе, полученной при исследовании устойчивости бесстыкового пути. Если такое допущение в какой-то мере оправдано для дорог нормальной колеи, то на ужд, имеющих слабые стыковые и промежуточные скрепления, оно неверно и может привести к завышению результатов.

В настоящей статье рассматривается влияние стыков на величину допустимой продольной сжимающей силы. Расчетная схема представлена на рис. 1, а. Реальная конструкция заменена двумя балками постоянного поперечного сечения, соединенными при помощи накладок. В общем случае величины жесткости пути вне и в зоне стыка различны, а стыкуемые торцы обрезаны косо (рис. 1, б). Для сравнения относительной устойчивости стыкового и бесстыкового путей можно взять упрощенную расчетную схему, рассматривая равновесие пути в пределах средней волны, заменив переменные значения сил поперечного сопротивления постоянными и приравняв реактивные моменты нулю. Все эти допущения не повлияют на принципиальную сущность исследуемого процесса.

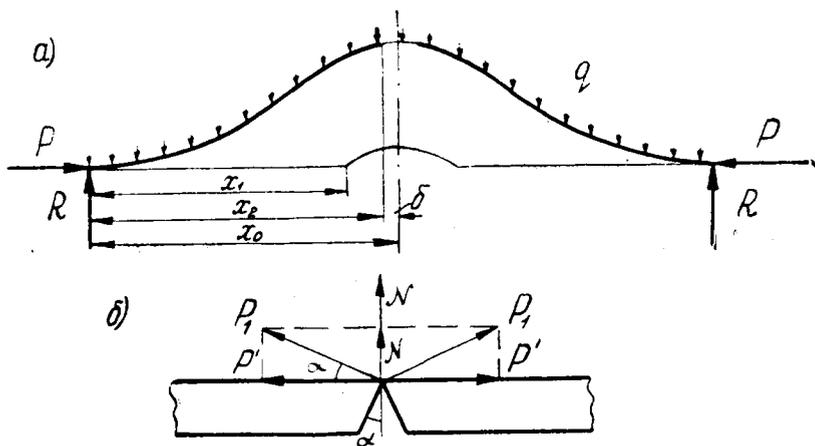


Рис. 1.

Изогнутая часть пути располагается симметрично по отношению к стыковому сечению. До изгиба путь в зоне стыка имеет местную неровность, которая аппроксимируется уравнением смещенной косинусоиды

$$y_z = 0,5f_0(1 - \cos \beta z),$$

где  $f_0$  — стрела прогиба неровности,  $\beta = \frac{\pi}{z_0}$ ;  
 $z_0$  — половина длины неровности.

Для облегчения анализа рассмотрим первоначальное влияние на устойчивость пути самого стыка, а затем влияние косой обрезки торцов. Составив и решив дифференциальные уравнения для первого случая, получим при  $0 \leq x \leq x_1$

$$y = A \sin kx + B \cos kx + \frac{n}{k^4} + \frac{ax}{k^2} - \frac{nx^2}{2k^2}; \quad (1)$$

при  $x_1 \leq x \leq x_2$

$$y = C \sin kx + D \cos kx + \frac{n}{k^4} + \frac{ax}{k^2} - \frac{nx^2}{2k^2} - \frac{f_0}{2}(1 - \lambda \cos \beta z); \quad (2)$$

при  $x_2 \leq x \leq x_0$

$$y = E \sin k_1x + F \cos k_1x + \frac{n_1}{k_1^4} + \frac{a_1}{k_1^2} - \frac{f_0}{2}(1 - \lambda_1 \cos \beta z), \quad (3)$$

где  $A = -\frac{nx_0}{k^3}$ ;  $B = -\frac{n}{k^4}$ ;

$$C = A + \frac{f_0}{2}(1 - \lambda) \sin k_1x; \quad D = B + \frac{f_0}{2}(1 - \lambda) \cos k_1x;$$

$$E = C(\sin kx_2 \sin k_1x_2 + m \cos kx_2 \cos k_1x_2) + D(\cos kx_2 \sin k_1x_2 - m \sin kx_2 \cos k_1x_2) + \frac{n}{k^4}(1 - m^2) \sin k_1x_2 + \mu(\cos \beta z_2 \sin k_1x_2 - \beta \sin kz_2 \cos k_1z_2);$$

$$F = C(\sin kx_2 \cos k_1x_2 - m \cos kx_2 \sin k_1x_2) + D(\cos kx_2 \cos k_1x_2 + m \sin kx_2 \sin k_1x_2) + \frac{n}{k^4}(1 - m^2) \cos k_1x_2 + \mu(\cos \beta z_2 \cos k_1x_2 + \beta \sin \beta z_2 \sin k_1x_2);$$

$$k^2 = \frac{P}{EI}; \quad k_1^2 = \frac{P}{EI_1}; \quad n = \frac{q}{EI}; \quad n_1 = \frac{q}{EI_1};$$

$$a = \frac{R}{EI}; \quad a_1 = \frac{R}{EI_1}; \quad \lambda = \frac{k^2}{k^2 - \beta^2}; \quad \lambda_1 = \frac{k_1^2}{k_1^2 - \beta^2};$$

$$m = \sqrt{\frac{I_1}{I}}; \quad \mu = \frac{f_0}{2}(\lambda - \lambda_1).$$

Для определения силы  $P$  служит уравнение, полученное из условия: при  $x = x_0$   $y' = 0$

$$m(A \cos kx_2 - B \sin kx_2) \cos k_1\delta - (A \sin kx_2 + B \cos kx_2) \sin k_1\delta = \\ = (\Phi + \lambda \cos kz_2) \sin k_1\delta + \left(\Phi_1 + \frac{f_0}{2} \lambda m \sin kz_2\right) \cos k_1\delta, \quad (4)$$

где  $\Phi = \frac{n}{k^4}(1 - m^2) + \frac{f_0}{2}(\lambda - \lambda_1) \cos \beta z_2$ ;

$$\Phi_1 = \frac{f_0}{2} (\lambda - \lambda_1) \sin \beta z_2;$$

2 $\delta$  — стыковой зазор.

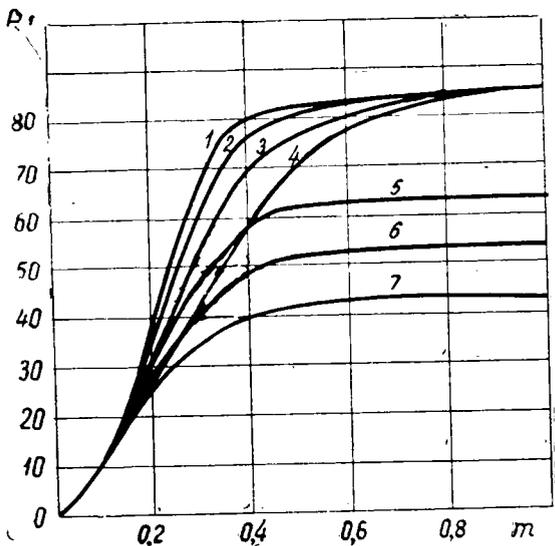
Стрела прогиба пути определяется по уравнению (3) при  $x = x_0$ .

Влияние жесткости пути в зоне стыка на величину критической продольной силы показано на рис. 2, из которого видно, что в общем случае устойчивость стыкового пути меньше, чем бесстыкового. Влияет не только жесткость пути, но и размеры стыкового зазора. При небольших стыковых зазорах (1,5—2 см) понижение жесткости пути в зоне стыка на 50% не приводит к значительному уменьшению критической силы. Если размеры стыкового зазора увеличить, то его влияние становится более заметным.

Очевидно, что этот вывод имеет преимущественно теоретический характер, так как в момент выброса пути стыковые зазоры, как правило, равны нулю. Более вероятно снижение жесткости пути. Например, если  $m = 1$  (бесстыковой путь), то выброс наступит при  $P = 85$  кГ; если  $m = 0,1$ , то  $P = 10$  Т.

Рис. 2.

- 1 —  $f_0 = 1$  см;  $\delta = 0,5$  см
- 2 —  $f_0 = 1$  см;  $\delta = 1$  см;
- 3 —  $f_0 = 1$  см;  $\delta = 2$  см;
- 4 —  $f_0 = 1$  см;  $\delta = 5$  см;
- 5 —  $f_0 = 2$  см;  $\delta = 1$  см;
- 6 —  $f_0 = 3$  см;  $\delta = 1$  см;
- 7 —  $f_0 = 5$  см;  $\delta = 1$  см.



Обобщая полученные результаты, можно заключить, что при хорошем содержании пути (стыковых скреплений) устойчивость стыкового и бесстыкового путей одинакова. Наличие стыка само по себе не снижает устойчивости пути.

Рассмотрим второй случай. Расчетная схема остается старой, но  $\delta = 0$ , и действуют дополнительные силы, вызванные кривой обрезкой рельсов. Схема их действия показана на рис. 1, б. Так как они направлены по нормали к поверхности торцов, то их можно разложить на две составляющие, направленные вдоль и поперек пути и равные:  $P' = P_1 \cos \alpha$ ,  $N = P_1 \sin \alpha$ .

При малых значениях угла  $\alpha$ , что наблюдается на практике,  $\cos \alpha \approx 1$ ,  $\sin \alpha \approx \alpha$ , значит  $P' = P_1$  и  $N = P_1 \alpha$ . Сила  $P'$  уравнивается силой  $P$ . Влиянием эксцентриситета ее приложения пренебрегаем, так как он сказывается на небольшом участке рельса, прилегающем к стыковому сечению. Сила  $N$  вызывает сдвиг пути, что влечет за собой уменьшение его устойчивости.

Составив и решив дифференциальные уравнения, получим, используя те же условия, что и в предыдущем случае, следующее уравнение для определения критической силы:

$$A \cos kx_0 - B \sin kx_0 - 0,5 f_0 (1 - \lambda) \sin kz_0, \quad (5)$$

где  $A = -\frac{nx_0}{k^3} + \frac{N}{2k^3EI}$ ;  $B = -\frac{n}{k^4}$ .

После исследования уравнения (5) на максимум и минимум по условиям  $\frac{\partial k}{\partial x_0} = 0$  и  $\frac{\partial k}{\partial z} = 0$  найдем  $kx_0 = \pi$  и  $kz_0 = 2,63$  (последнее справедливо для неровности, аппроксимированной смещенной косинусоидой), после чего уравнение (5) приводится к виду

$$2\mu f_0 k^4 + \alpha k^3 - 2\pi n = 0, \quad (6)$$

где  $\mu = 0,5(1 - \lambda) \sin kz_0$ .

Уравнение (6) можно решить аналитически, но практически это нецелесообразно. Значение  $k$  удобнее находить в результате приближенного решения уравнения (6) с помощью ЭВМ. Некоторые результаты, полученные для пути, уложенного рельсами Р18, показаны на рис. 3. Можно отметить, что при увеличении угла  $\alpha$  величина допускаемой силы понижается. Одновременно уменьшается влияние стрелы прогиба неровности. Допустимая сжимающая сила в интервале изменения  $\alpha$  от 0 до 0,1 при  $f_0 = 0,2$  см снижается в 6 раз, при  $f_0 = 0,5$  см — в 3,5 раза, при  $f_0 = 1,0$  см — в 2,8 раза, то есть во всех случаях весьма значительно.

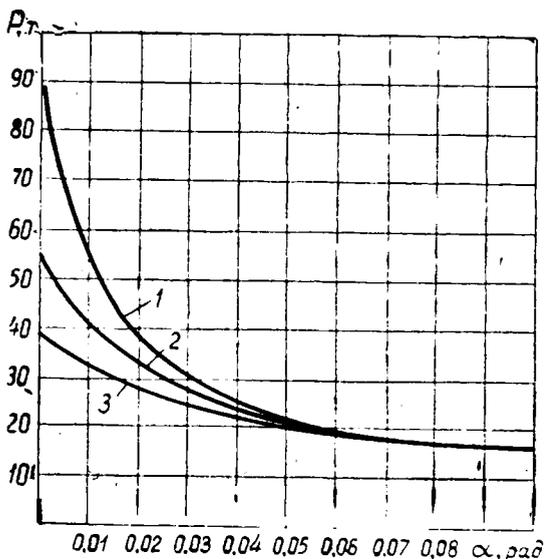


Рис. 3.

- 1 —  $f_0 = 0,2$  см;
- 2 —  $f_0 = 0,5$  см;
- 3 —  $f_0 = 1,0$  см.

Практически невозможно достигнуть абсолютной перпендикулярности торцов рельсов оси пути, поэтому допускаемая сила взаимного нажатия торцов должна быть меньше допускаемой критической силы в бесстыковом пути. Нормативную величину  $\alpha$  можно, например, получить, используя данные опытов по выбросу стыкового пути. Примениительно к железным дорогам узкой колеи такие опыты были выполнены О. Г. Плеховым [3]. По его данным критическая сила на звенье-

вом пути при средней стреле прогиба неровности  $f_0 = 0,4$  см равна 54,4 Т, на бесстыковом пути в тех же условиях — 69,3 Т. Падение критической силы при переходе от звеньевом пути к бесстыковому составляет 78,5%. Расчеты по формуле (6) показывают, что такому падению силы соответствует  $\alpha = 0,006$  рад. Это значение можно принять за нормативное до получения более достоверных данных.

Путем линейной интерполяции получим расчетную формулу для определения допустимого давления на торцовое сечение. В диапазоне  $0,2 \leq f_0 \leq 1,0$  см и  $\alpha = 0,006$  рад она имеет вид

$$Q_{сж} = P_{доп} (0,725 + 0,225 f_0). \quad (7)$$

При определении длины рельса значение  $Q_{сж}$ , вычисленное по формуле (7), следует сравнить с величиной температурной силы нажатия на торцы, получаемой из уравнения температурного баланса [1], [2],

$$Q_{сж} = E\alpha\omega T - R_л - R_з - \frac{\Delta k_0}{l} - \frac{r_л + r_з}{4} l - Q_p, \quad (8)$$

где  $T$  — температурная амплитуда рельсов;

$\Delta$  — конструктивный стыковой зазор;

$R_л$  и  $R_з$  — соответственно летнее и зимнее сопротивление накладок;

$r_л$  и  $r_з$  — соответственно летнее и зимнее погонное сопротивление;

$l$  — длина рельса;

$Q_p$  — допустимое давление на болты.

Если при той или иной длине рельса сила  $Q_{сж}$ , определенная по формуле (8), равна или больше соответствующей величины, определенной по формуле (7), то применение рельсов этой длины возможно. Так как величина  $P_{доп}$  зависит от типа верхнего строения пути и расположения его в плане, то вопрос о возможности применения длинных рельсов решается отдельно в каждом конкретном случае.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. В. Г. Альбрехт и др. Бесстыковой путь и длинные рельсы. Изд-во «Транспорт» М., 1967. [2]. Б. И. Кувалдин. Температурно-напряженный путь на лесовозных узкоколейных железных дорогах. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 6, 1961. [3]. О. Г. Плехов. Устойчивость лесовозного пути с длинными рельсами. Журн. «Путь и путевое хозяйство» № 1, 1968. [4]. М. Т. Членов. Длинные рельсы. Трансжелездориздат, 1940.

Поступила 17 ноября 1971 г.

УДК 656.6

## О СИЛОВОМ ВОЗДЕЙСТВИИ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СТРУЙ ПОТОКООБРАЗОВАТЕЛЕЙ НА БРЕВЕННЫЕ ПУЧКИ

Е. В. ХАЗОВ, К. А. ЧЕКАЛКИН

Архангельский лесотехнический институт

Рассмотрен вопрос о силовом воздействии струй потокообразователей ГУК-10 и ПЦ-1-14Э на бревенные пучки, установленные вдоль и поперек оси струи.

Гидравлические ускорители (потокообразователи) все шире используются на лесосплавных рейдах как для перемещения молевой древесины, так и для сортировки пучков бревен. Поля скоростей потоков, создаваемых различными потокообразователями, подробно исследованы, результаты опубликованы в трудах ЦНИИЛесосплава и дру-

гих работах [1], [2], [4]—[6]. Силовое воздействие струй, возбужденных потокообразователями, на бревенные пучки изучено недостаточно.

При изучении вопроса о воздействии струи на пучок в качестве исходного приемем уравнение, широко применяемое в гидромеханике,

$$P_0 = \zeta \frac{\rho}{2} \omega v^2, \quad (1)$$

где  $P_0$  — сила воздействия струи на пучок;

$\zeta$  — общий безразмерный коэффициент сопротивления движению;

$\rho$  — массовая плотность воды;

$\omega$  — площадь миделевого сечения пучка;

$v$  — средняя скорость набегания струи на пучок.

Скорость набегания струи на пучок в различных точках поперечного сечения струи не постоянна. Поэтому полное давление струи следовало бы определить интегрированием сил давления по площади поперечного сечения пучка. Тем не менее в целях упрощения в качестве расчетной скорости приемем поверхностную скорость на оси потока  $v_{н.о.}$ , которую легко определить в производственных условиях. Влияние снижения скоростей в других точках сечения струи на силу давления учитывается общим коэффициентом сопротивления, полученным экспериментально.

Вводя поправки в общий коэффициент сопротивления, можно учесть расположение пучка (вдоль, поперек или под углом к оси струи), несоответствие площадей поперечного сечения струи и миделевого сечения пучка.

Не вызывает сомнения правомерность применения квадратичного закона сопротивления, так как пучок представляет собой плохо обтекаемое тело с большим количеством источников турбулентности. Кроме того, средняя скорость набегания струи на пучок в формировочных системах сплавных рейдов составляет 0,2—1,5 м/сек, то есть обеспечивается величина числа Рейнольдса в пределах  $8 \cdot 10^5$ — $6 \cdot 10^6$ , что соответствует второй автомодельной области.

Таким образом, формула (1) принимает вид:

а) при поперечном расположении пучка (по отношению к оси струи потокообразователя)

$$P_0 = \zeta_1 \frac{\rho}{2} l t v_{н.о.}^2; \quad (2)$$

б) при продольном расположении пучка

$$P_0 = \zeta_2 \frac{\rho}{2} F v_{н.о.}^2. \quad (3)$$

В этих формулах  $l$  — длина пучка;

$t$  — осадка пучка;

$F$  — площадь миделевого сечения пучка.

В случае, когда центр тяжести миделевого сечения не совпадает с вертикальной осевой плоскостью струи потокообразователя, либо ось пучка находится в наклонном по отношению к оси струи положении, характер обтекания значительно усложняется. Наряду с силой давления в направлении действия струи, в этих случаях возникают поперечная сила и вращающий момент относительно вертикальной оси, проходящей через центр тяжести пучка.

Влияние указанных поперечной силы и момента на траекторию движения пучка предстоит уточнить в последующих теоретических и опытных исследованиях. Здесь же пока приводятся результаты иссле-

дования для случаев, когда центр тяжести миделевого сечения при продольном размещении пучка находится в одной вертикальной плоскости с осью струи и ось струи нормальна к миделевому сечению.

Для определения безразмерных коэффициентов  $\zeta_1$  и  $\zeta_2$  мы провели опыты в натурных условиях на Бобровском рейде треста «Двинослав» при отсутствии течения и глубинах 10—12 м. Струю создавали серийные потокообразователи ПЦ-1-14Э и ГУК-10. Объем пучков 10—30 м<sup>3</sup>, осадка 0,9—1,8 м, соотношение осей 2—2,5. Схема экспериментальной установки представлена на рис. 1.

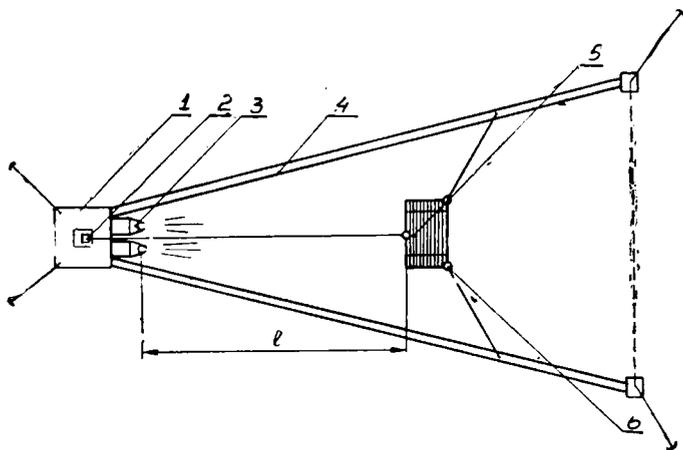


Рис. 1. Схема установки для определения силы воздействия потокообразователя на пучок.

1 — многорядная плитка; 2 — ручная лебедка; 3 — потокообразователи; 4 — однорядный бон; 5 — пучок; 6 — динамометры.

Во время опытов пучок при помощи растяжек фиксировали в определенных положениях по оси струи на расстоянии 5; 10; 15; 20 и 30 м от потокообразователя. В каждую из растяжек были включены динамометры ДПУ-02 или ДПУ-05. На этих же расстояниях гидрометрическими вертушками ЖС-3 измеряли скорости на оси струи на глубине 15 см от поверхности.

Результаты замеров скоростей представлены в табл. 1. Для потокообразователей ГУК-10 они хорошо согласуются с данными ЦНИИЛесосплава [5] и В. П. Корпачева [4], однако для потокообразователей ПЦ-1-14Э скорости по нашим замерам меньше, чем по данным ЦНИИЛесосплава (1,13 м/сек на расстоянии 10 м от потокообразователя и 0,95 м/сек на расстоянии 20 м). Такое несовпадение, по нашему мнению, можно объяснить двумя причинами. Во-первых, мы использовали серийный потокообразователь ПЦ-1-14Э, ряд лет проработавший в производственных условиях, и, хотя он не имел видимых механических повреждений и отклонений размеров направляющего аппарата и винта, на его работе могла сказаться коррозия, состояние подшипников, пробуксовка ремней и другие факторы. В исследованиях же ЦНИИЛесосплава были использованы специально подготовленные потокообразователи из опытных партий. Во-вторых, значительно более короткий направляющий аппарат ПЦ-1-14Э в меньшей степени обеспечивает стабильность динамической оси струи, чем ГУК-10. Скорости, замеренные в натурных условиях, значительно меньше вычисленных по формулам ряда авторов [1], [3], [6], установленных при исследовании истечения струй через сопло, ибо эти струи значительно слабее закручены, чем струи от винтов потокообразователей.

Таблица 1

Тип потокообразователя	Скорость на оси потока на глубине 15 см, м/сек, на расстоянии от потокообразователя, м				
	5	10	15	20	30
ГУК-10	1,31	1,02	0,70	0,53	0,37
ПЦ-1-14Э	1,22	0,77	0,58	0,47	0,32

По показаниям динамометров и с учетом замеренных углов между растяжками и осью струи были вычислены силы давления струи на пучок. Мы сочли возможным ограничиться расстоянием между пучком и потокообразователем до 20 м, так как при больших расстояниях сила давления резко уменьшается и оказывается недостаточной для значительного изменения траектории движения пучков (по предварительным данным, для пучков объемом 20—30 м<sup>3</sup> и при скоростях течения речного потока 0,3 м/сек и выше она должна быть около 80 кг).

Кроме того, в практических условиях на формировочных системах сплавных рейдов перемещение пучка в поперечном направлении (по отношению к течению реки) на 20 м вполне достаточно, чтобы обеспечить сортировку пучков.

Для каждого пучка, установленного в поперечном и продольном положении по отношению к набегающей струе потокообразователя, опыт повторяли 4—5 раз. Затем вычисляли средние арифметические значения силы давления струи на пучок, среднее квадратическое отклонение и коэффициент вариации. Почти во всех случаях коэффициент вариации составляет 5—7% и лишь при расстоянии 20 м возрастает до 10—12%. По нашему мнению, это объясняется недостаточно стабильным положением струи потокообразователя в плане, которое особенно сказывается с увеличением дальности струи.

Как показывают наблюдения и расчеты, сила давления струи значительно убывает также и при уменьшении объема и осадки пучка.

В табл. 2 приведены опытные значения силы давления струи на пучки (в числителе для пучков объемом 10 м<sup>3</sup>, в знаменателе — 30 м<sup>3</sup>).

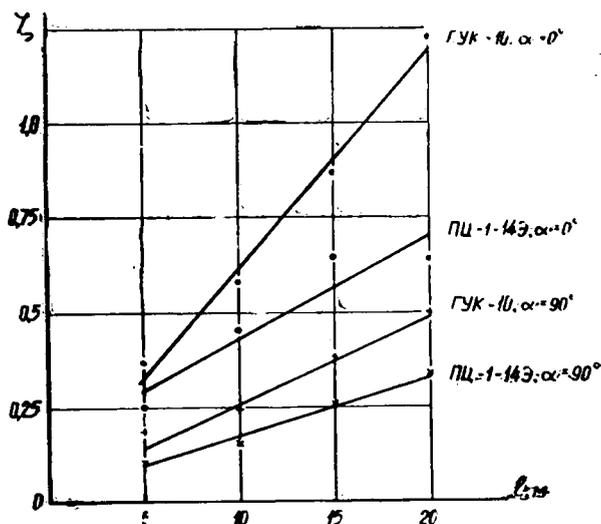
Таблица 2

Тип потокообразователя	Сила давления струи, кг, при расстоянии от потокообразователя, м			
	5	10	15	20
ГУК-10	130	90	60	50
	150	120	110	100
ПЦ-1-14Э	65	50	40	20
	100	80	65	40

Как видно из таблицы, струя потокообразователя ГУК-10 более эффективна, чем струя от ПЦ-1-14Э.

Определив экспериментально силу давления струи на пучок и поверхностную осевую скорость, а также вычислив размеры миделевого сечения из формул (2) и (3), для каждого пучка (в поперечном и продольном положении) нашли значения безразмерных коэффициентов  $\zeta_1$  и  $\zeta_2$ .

В результате статистической обработки полученных данных установлена корреляционная зависимость коэффициентов  $\zeta_1$  и  $\zeta_2$  от расстояния между пучком и потокообразователем. На рис. 2 представлены результаты вычисления  $\zeta_1$  и  $\zeta_2$  и аппроксимированные для них зависимости, выраженные линейной функцией типа  $\zeta = a + bl$ .

Рис. 2. График зависимости  $\zeta = f(l)$ .

$\alpha$  — угол между продольной осью пучка и осью струи потокообразователя.

Значение коэффициентов линейных уравнений, а также коэффициент корреляции  $r$  и достоверность коэффициента корреляции  $r/m$  приведены в табл. 3.

Таблица 3

Тип потокообразователя	$a$	$b$	$r$	$r/m$
ГУК-10	0,043	0,0576	0,933	28,7
	0,030	0,0228	0,924	24,4
ПЦ-1-14Э	0,150	0,0272	0,910	21,4
	0,020	0,0156	0,943	33,2

Примечание. В числителе данные для пучка, расположенного вдоль оси струи; в знаменателе — поперек.

Коэффициент корреляции во всех случаях близок к единице, а достоверность коэффициента корреляции значительно больше 4, что подтверждает надежную связь между  $\zeta$  и  $l$ .

Найденные зависимости позволяют определить силу давления струи потокообразователей ГУК-10 и ПЦ-1-14Э на пучки заданных размеров и найти наиболее правильное решение при назначении размеров формировочных устройств лесосплавных рейдов, использующих потокообразователи для сортировки пучков.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. Г. Бадюдин. Исследование работы гидравлических ускорителей на лесосплавных рейдах. Автореферат кандидатской диссертации, Л., 1968. [2]. Ю. Я. Дмитриев. Гидравлические ускорители на лесосплаве. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1971. [3]. Б. И. Замашников. К вопросу расчета скоростей в затопленной струе, ограниченной свободной водной поверхностью. Техническая информация ЛТА, № 47, Л., 1970. [4]. В. П. Корпачев. Исследование работы механических и гидравлических ускорителей на продвижение лучков по воде. Диссертация на соискание ученой

степени кандидата технических наук, ЛТА, Л., 1965, [5]. Отчет по теме ЦНИИЛесосплава, № 18, 1962. Создание и внедрение новых типов и конструкций потокообразователей. [6]. Н. А. Ситников, Исследование некоторых вопросов применения струйной техники на лесосплаве. Автореферат кандидатской диссертации, Л., 1968.

Поступила 28 сентября 1971 г.

УДК 629.114.3

## К ВОПРОСУ О ПОДРЕССОРИВАНИИ ЛЕСОВОЗНОГО ПРИЦЕПА-РОСПУСКА

А. А. ФАДЕНКОВ  
ЦНИИМЭ

Установлено, что с заменой жесткобалансирной подвески роспуска рессорно-балансирной резонансная скорость роспуска уменьшается. Ударные импульсы на дорожных неровностях от широкопрофильных шин тягача КрАЗ-255 меньше, чем от двоярных шин роспусков.

На вывозке леса в хлыстах в настоящее время наиболее широко распространено применение лесовозных автопоездов, состоящих из автомобиля-тягача с двухосным прицепом-роспуском. Выпускаемые серийно двухосные роспуски ТМЗ-802 и ТМЗ-803 имеют жесткобалансирную подвеску рамы с осями без рессорного подвешивания. Толчки от дорожных неровностей смягчаются только шинами. Характер и интенсивность колебательного процесса роспуска при движении зависят также от жесткости перевозимого пакета хлыстов [2]. Гибкие хлысты, поглощая толчки от колес, уменьшают ускорения колеблющихся масс (при отсутствии резонанса) и выполняют роль дополнительного упругого элемента. Подрессоривание рамы роспуска смягчает силу удара, передающуюся от неровностей дороги через колеса, и также уменьшает ускорения колеблющихся масс. В то же время с понижением общей (приведенной) жесткости колебательной системы снижается частота ее свободных колебаний, что может вызвать резонанс при движении роспуска с малой скоростью по крупным неровностям, когда частота возмущающей силы также мала. Такой режим движения лесовозных автопоездов наблюдается на ухах и разбитых дорогах. Резонансные явления сопровождаются значительными динамическими перегрузками как в деталях конструкции роспуска, так и в дорожной одежде.

Для более детального изучения этого вопроса в ЦНИИМЭ была проведена серия экспериментов на гравийной дороге с искусственными неровностями. В составе автопоезда с тягачом КрАЗ-255Л испытывали двухосные роспуски: серийный ТМЗ-803 с жесткобалансирной подвеской и экспериментальный ТМЗ-9870 с рессорно-балансирной подвеской. Основные технические данные роспусков, а также полученные расчетом (без учета жесткости хлыстов) частоты их свободных колебаний и резонансные скорости для случая периодически чередующихся неровностей длиной, равной базе роспусков [1], [3], приведены в табл. 1.

Испытания проводили с двумя вариантами нагрузки: с гибкими и жесткими пакетами хлыстов. Характеристика пакетов приведена в табл. 2.

На ровном участке гравийной дороги были устроены четыре искусственные периодически чередующиеся неровности синусоидального профиля длиной 135 см и высотой 11—12 см на всю ширину проезжей части дороги (рис. 1). Автопоезд проходил по неровностям одновременно левыми и правыми колесами, что обеспечивало наиболее

Таблица 1

Параметры	Роспуск ТМЗ-803	Роспуск ТМЗ-9870
Грузоподъемность, кг	15000	15000
Собственный вес (с учетом дышла), кг	4100	4400
Полный вес, кг	19100	19400
Неподдрессоренные веса, кг	19100	2800
База, мм	1300	1400
Жесткость подвески, кг/см	—	1430
Модели и размеры шин	Сдвоенные шины модели ИЯВ-12 размером 12,00 — 20	
Внутреннее давление в шинах, кг/см <sup>2</sup>	5,0	5,0
Жесткость сдвоенных шин, кг/см	1510	1510
Общая приведенная жесткость подвески, кг/см	1640	1940
Частота свободных колебаний, кол/мин	168	102
Резонансная скорость при правильно чередующихся дорожных неровностях длиной 135 см, км/час	13,6	8,3

Таблица 2

Вид пакета хлыстов	Число хлыстов	Средний объем участка, м <sup>3</sup>	Средняя длина пакета, м	Свес с коников, м		Распределение веса по коникам, т	
				переднего	заднего	на тягач	на роспуск
Гибкий	36 (ель)	0,75	22	1,0	10	8	15
Жесткий	6 (осина)	4,2	16	1,0	4	8	15

простой и в то же время наиболее тяжелый (в отношении динамических перегрузок в дороге) колебательный режим. В этом случае балансиры осей роспуска, как таковые, выключались из работы, и роспуск в целом совершал лишь вертикальные колебательные движения при периодическом действии возмущающей силы (покачивание — подпрыгивание). Скорость движения автопоезда менялась ступенями от нуля (статическая нагрузка) до 20 км/час. С помощью тензометрических грунтовых месдоз и стандартных инерционных акселерометров, установленных в основании дороги под гравийным покрытием, на глубине 23 см, измеряли и записывали на ленту осциллографа вертикальные напряжения сжатия и ускорения вертикальных колебаний основания посредине между неровностями (считая, что напряжения и ускорения здесь максимальны) и в 22 мм перед неровностями на ровном участке дороги. Все месдозы и акселерометры были заложены по центру правой полосы наката — для колес одной стороны поезда. Схема расположения дорожных неровностей и приборов в дорожном полотне показана на рис. 1.

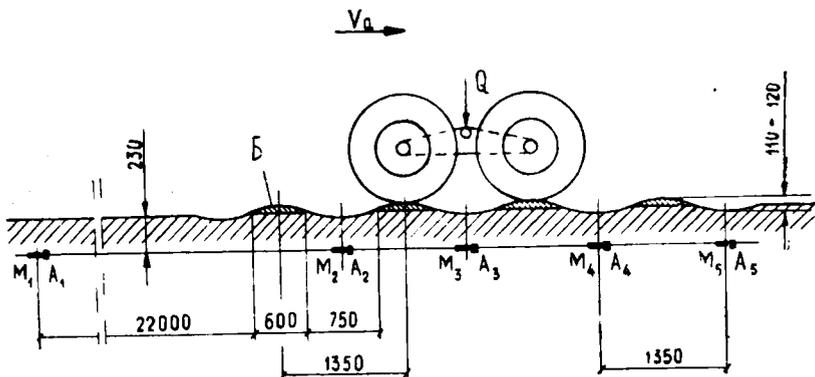


Рис. 1.

М — грунтовые месдозы; А — акселерометры; Б — искусственные деревянные неровности профиля (высотой 100 мм и длиной 600 мм).

Испытания показали, что при движении роспусков с различной скоростью по чередующимся неровностям тип подвески роспуска и жесткость перевозимых хлыстов существенно влияют на величину и характер изменения динамических нагрузок в основании дороги. Во всех случаях наибольшая величина динамических напряжений возникала после прохода колесами роспуска второй и третьей неровностей, то есть после 3—5-го толчка. В то время, когда колеса роспуска проходили по неровностям, тягач двигался по ровной поверхности дороги и не оказывал влияния на колебания роспуска.

На рис. 2 показано изменение максимального динамического коэффициента  $K_{d \max}$  в основании гравийной дороги\* при проходе чередующихся неровностей роспусками с гибкими хлыстами при различной скорости. Для роспуска ТМЗ-803 с жесткобалансирной подвеской наибольшее (резонансное) значение, равное 3,92, динамический коэффициент имеет при скорости 9 км/час; при меньших скоростях его величина монотонно возрастает со скоростью, при больших — убывает. При проходе неровностей роспуском ТМЗ-9870 с рессорно-балансирной подвеской, груженным гибкими хлыстами,  $K_{d \max}$  с ускорением изменяется скачкообразно, что свидетельствует о периодическом возникновении резонансных явлений на всем диапазоне рассматриваемых скоростей. Резонансные пики чередуются через интервалы скорости, приблизительно равные 4 км/час. Наибольшей величины  $K_{d \max}$  достигает при

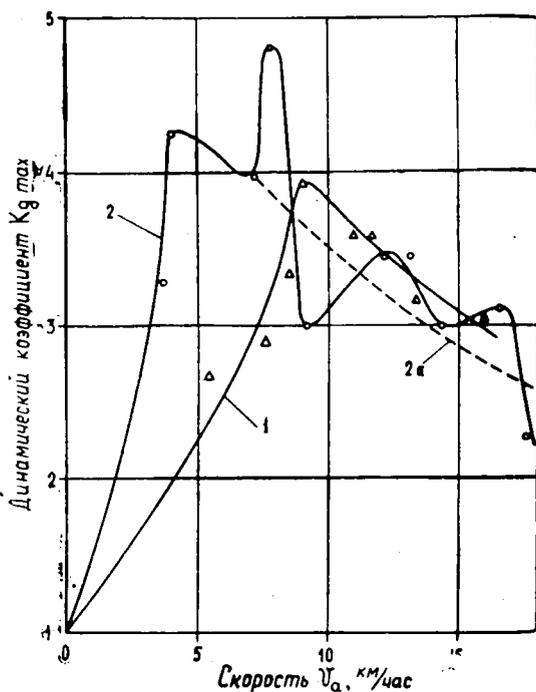


Рис. 2.

1 — роспуск ТМЗ-803; 2 (2а) — роспуск ТМЗ-9870.

\* Динамический коэффициент определялся как отношение динамических напряжений (под движущимися колесами) к статическим (под неподвижно стоящими колесами).

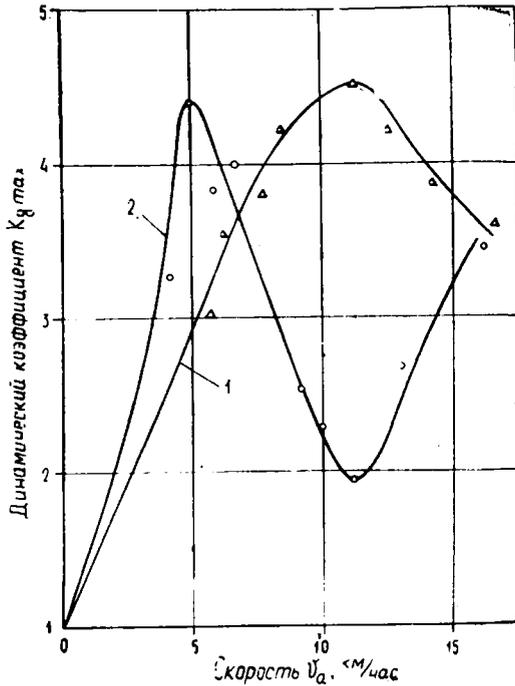


Рис. 3.

1 — ропуск ТМЗ-803; 2 — ропуск ТМЗ-9870.

низкочастотном резонансе в зоне малых скоростей (примерно при 4 и 8 км/час) и составляет 4,25—4,78. При дальнейшем ускорении движения автопоезда резонансные пики значительно уменьшаются по величине, и осредняющая их кривая 2а проходит примерно на 10% ниже нисходящей ветви графика  $K_{dmax} = f(v_a)$  для ропуска ТМЗ-803, однако в экстремальных точках величина  $K_{dmax}$  для ропуска ТМЗ-9870 несколько выше, чем для ТМЗ-803.

Зависимость максимального динамического коэффициента в основании гравийной дороги от скорости прохода чередующихся неровностей ропусками с жесткими хлыстами представлена на рис. 3. Графики этой зависимости для обоих типов ропусков имеют явно выраженные максимумы (резонансные значения), близкие по абсолютной величине, но смещенные по координате скоростей:  $K_{dmax} = 4,51$  для ропуска ТМЗ-803 соответствует скорости около 11,5 км/час, а  $K_{dmax} = 4,40$  для ропуска ТМЗ-9870 — 5 км/час. График изменения  $K_{dmax}$  для ропуска ТМЗ-803 имеет плавный переход через максимум, монотонно изменяясь до и после резонанса на всем диапазоне рассматриваемых скоростей, в то время как кривая для ропуска ТМЗ-9870 изменяется скачкообразно и имеет, кроме низкочастотного резонансного максимума при скорости 5 км/час, зарезонансный минимум при скорости 11,2 км/час, где величина  $K_{dmax}$  уменьшается до 1,93. С дальнейшим повышением скорости динамический коэффициент под гравийным покрытием снова увеличивается до 3,45 при  $v_a = 16,2$  км/час.

Сравнивая экспериментальные данные с расчетными (табл. 1), видим, что и жесткие и особенно гибкие хлысты сдвигают расчетную об-

ласть резонансных скоростей в сторону уменьшения на величину: у роспуска ТМЗ-803 соответственно на 2,1 и 4,6 км/час (на 15 и 34%), а у роспуска ТМЗ-9870 — соответственно на 3,3 и 4,3 км/час (на 40 и 52%). Из рис. 2 и 3 следует, что в рассмотренном случае оптимальной скоростью прохода автопоезда по неровностям (с точки зрения динамических нагрузок на дорогу) для ТМЗ-9870 следует считать зарезонансную скорость 11—12 км/час, а для ТМЗ-803 — дорезонансную скорость до 5—6 км/час. По условиям плавности хода автопоезда по таким неровностям рабочей будет скорость 5—6,5 км/час, что соответствует допускаемой для водителя частоте вынужденных колебаний  $\lambda = 60 \div 80$  кол/мин [1], [3]. При этой скорости величина максимального динамического коэффициента в основании дороги от роспуска ТМЗ-803 в 1,5—2 раза меньше, чем от ТМЗ-9870.

Приведенные максимальные величины динамического коэффициента в основании гравийной дороги, полученные экспериментально по показаниям грунтовых месдоз при проходе роспусками неровностей, могут отличаться от величин динамического коэффициента на осях роспусков. При значительном увеличении скорости автопоезда, когда его колеса проскакивают через месдозы и величина показаний мала, происходит косо́й удар колеса о впереди расположенную неровность, в результате чего динамические нагрузки на оси могут оказаться значительными. И, наоборот, при одновременном ударе обеих колес одной оси о покрытие — одной стороной по месдозе —  $K_{d, max}$  под этим колесом больше, чем на оси по центру.

Анализ показаний акселерометров свидетельствует о том, что максимальная (первоначальная) величина ускорения в момент удара колеса о покрытие (первоначальное возбуждение) пропорциональна скорости движения роспуска, то есть ударному импульсу, и практически не зависит от типа подвески роспуска и жесткости перевозимых хлыстов. Более значительно влияние жесткости шины на силу удара колеса о покрытие. Опытами установлено, что при прочих равных условиях сдвоенные шины роспусков модели ИЯВ-12 на дорожных неровностях вызывают ударные нагрузки в основании гравийной дороги по величине в 1,4 раза больше, чем широкопрофильные шины тягача модели ВИ-3.

### Выводы

1. Поддрессирование роспуска и гибкие хлысты, смягчая толчки от дорожных неровностей, в то же время уменьшают частоту его свободных колебаний и резонансную скорость на периодических неровностях, что приводит к значительному (резонансному) раскачиванию роспуска на крупных неровностях при малой скорости движения. В этом случае поддрессирование роспуска может дать отрицательный эффект.

2. Ударные импульсы на дорожных неровностях от широкопрофильных шин тягача КраЗ-255 по величине на 30% меньше, чем от сдвоенных шин роспусков. В этой связи установка широкопрофильных шин на колеса роспусков представляет практический интерес.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Г. В. Зимелев. Теория автомобиля. Машгиз, М., 1959. [2]. Е. И. Лах. Некоторые вопросы вертикальной динамики лесовозного автопоезда. Кандидатская диссертация, М., 1959. [3]. Р. В. Ротенберг. Подвеска автомобиля и его колебания. Машгиз, М., 1960.

УДК 627.13.424

## ВЛИЯНИЕ ВОДОПРОНИЦАЕМОСТИ ЛЕСОСПЛАВНЫХ РЕГУЛЯЦИОННЫХ СООРУЖЕНИЙ НА ИЗМЕНЕНИЕ УРОВЕННОГО РЕЖИМА В СЖАТОМ РУСЛЕ

В. Е. СЕРГУТИН

Красноярский институт цветных металлов

Разработана методика расчетов эффективности применения фильтрующих конструкций лесосплавных дамб как водоподъемных сооружений. Предложены формулы, учитывающие фильтрацию по длине дамб в случаях ламинарного и турбулентного движений фильтрационных потоков и допущения экспериментально подтвержденного линейного снижения глубины в сжатом русле.

В специальной литературе, посвященной методам ведения расчетов лесосплавных потоков, улучшенных регуляционными сооружениями, вопросы влияния водопроницаемости их при повышении горизонтов воды обычно не затрагиваются [3], [6]—[9], [13]. Практика показывает, однако, что с учетом многообразия конструкций регуляционных сооружений эти вопросы весьма существенны. Так, широко распространенные на сплавных реках в Восточной Сибири (Красноярский край, Иркутская область, Бурятская АССР) деревянно-фашинные завесы с коэффициентом фильтрации 0,3—0,4 м/сек [10]—[12] работают при практически полностью отсутствующем перепаде уровней воды между основным и фильтрационными потоками и в силу большой водопроницаемости мало влияют на распределение расходов между главным руслом и протоком. Вместе с тем, стоимость регуляционных сооружений и их фильтрационные свойства находятся в обратной зависимости. Например, 1 пог. м малофильтрующей ряжевой дамбы стоит более 10 руб., а устройство 1 пог. м сильнофильтрующей каменно-хворостяной завесы или русловыпрямительного сооружения удлиненого типа в Забайкалье обходится всего в 2,0—2,5 руб., то есть в 4—5 раз дешевле. Если учесть, что организации, ведущие первоначальный сплав, ежегодно строят тысячи погонных метров дамб, то экономия на строительстве только 10 км сооружений фильтрующих конструкций при указанных цифрах для случаев, когда не требуется поднятие сплавных горизонтов, а только необходимо направить лес по сплавному ходу, составит более 75 000 руб. Таким образом, совершенно очевидна актуальность вопроса о влиянии водопроницаемости конструкций регуляционных сооружений на эффективность их работы как водоподъемных устройств при закрытии несплавных протоков, обваловании низких пойменных мест и в ряде других случаев выправления русла сплавных потоков.

Мы сделали попытку решить задачу о влиянии водопроницаемости фильтрующих конструкций лесосплавных русловыпрямительных дамб на изменение глубин в сжатом русле при закрытии несплавных протоков. Решение этой задачи, ввиду сложности явлений, связанных с влиянием как водопроницаемости фильтрующих дамб на общую гидравлическую картину стесненного потока, так и самого потока на водопропускную способность дамб (подпор со стороны главного русла, взаимосвязь величины скорости основного потока с фильтрационным расходом в дамбах), выполнено приближенно на основе существующих зависимостей гидравлики одномерного открытого потока. Работа дамб как водоподъемных сооружений сравнивается при их конструктивном исполнении абсолютно нефильтрующими и фильтрующими. А. П. Сидоров и А. А. Зайцев [1], [2], [14] для решения этой задачи применили теорию движения жидкости с переменным расходом. Глубины перед фильтрующей дамбой авторы определяют по дифференциальным уравнениям, решение которых в конечных разностях производится методом последовательных приближений.

Снижение глубины в сжатом русле, вызванное фильтрующей дамбой. Рассмотрим вначале вопрос о том, на какую величину подпираются горизонты воды при закрытии несплавного протока глухой (водонепроницаемой) дамбой, когда расход в протоке  $Q_2$  присоединится к расходу  $Q_1$  в главном русле (рис. 1). Сплавные русла не имеют постоянной, геометрически правильной

формы поперечного сечения, которая не изменялась бы по длине потока. Движение воды в них поэтому относится к категории неравномерного. Однако на достаточно прямолинейных участках с медленно изменяющейся формой и площадью поперечного сечения движение открытых потоков, как известно [4], [5], можно принять за медленно изменяющееся (равномерное) и применить к нему формулу Шези  $v = C(RI)^{0,5}$  и ее расходную производную  $Q = \omega C(RI)^{0,5}$ . Поэтому, допуская, что движение с первоначальным  $Q_1$  и увеличенным  $Q_1 + Q_2$  расходами в одном и том же русле подчиняется квадратичному (по Шези) закону сопротивления

$$\left. \begin{aligned} Q_1 &= (1/n) \cdot B_1 H_1^{1,5+y} \cdot I_1^{0,5} \\ Q_1 + Q_2 &= (1/n) \cdot B_1 (H_1 + \Delta H)^{1,5+y} \cdot I_{1+2}^{0,5} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

получим для широких прямоугольных русел ( $\omega = BH$ ,  $C = (1/n) \cdot H^y$ ,  $R \approx H$ ) зависимость по определению относительной глубины в сжатом русле после присоединения расхода  $Q_2$  к  $Q_1$

$$\frac{H_1 + \Delta H}{H_1} = \left( \frac{Q_1 + Q_2}{Q_1} \right)^{\frac{1}{1,5+y}} \cdot \left( \frac{I_1}{I_{1+2}} \right)^{\frac{0,5}{1,5+y}} \quad (2)$$

или при  $H_1 = H_6$

$$\frac{\Delta H}{H_6} = \left[ \left( 1 + \frac{Q_2}{Q_6} \right)^{\frac{1}{1,5+y}} \cdot \left( \frac{I_1}{I_{1+2}} \right)^{\frac{0,5}{1,5+y}} \right] - 1. \quad (3)$$

Обозначения здесь и выше — общепринятые в гидравлике, а индексы 1 и 1+2 относятся соответственно к параметрам потока в главном русле до и после присоединения расхода, индекс 2 — к боковому потоку, перекрываемому дамбой.

Если принять показатель  $y$  по Маннингу равным  $1/6 = 0,167$ , то получим, что при  $\frac{1}{1,5+y} = 0,60$  и  $\frac{0,5}{1,5+y} = 0,33$

$$\frac{\Delta H}{H_6} = \left[ \left( 1 + \frac{Q_2}{Q_6} \right)^{0,60} \cdot \left( \frac{I_1}{I_{1+2}} \right)^{0,33} \right] - 1. \quad (4)$$

Для ориентировочной оценки в пределах точности обычных гидротрических измерений при определении расходов и уклонов имеем

$$\frac{\Delta H}{H_6} = \left( \sqrt[3]{1 + \frac{Q_2}{Q_6}} \cdot \sqrt[3]{\frac{I_1}{I_{1+2}}} \right) - 1. \quad (5)$$

Допустив далее, что в боковом русле за дамбой из-за фильтрации ее тела будет наблюдаться движение воды с расходом  $Q_\Phi$ , на основе записи аналогичных (1) зависимостей для потока с расходами  $Q_1 + Q_2$  и  $Q_1 + Q_2 - Q_\Phi$  и с соответствующими им глубинами, равными  $H_1 + \Delta H$  и  $H + \Delta H - \Delta H_\Phi$ , получим формулу для определения относительной глубины в сжатом русле после отделения расхода  $Q_\Phi$  от  $Q_1 + Q_2$

$$\frac{H_6 + \Delta H - \Delta H_\Phi}{H_6 + \Delta H} = \left( \frac{Q_1 + Q_2 - Q_\Phi}{Q_1 + Q_2} \right)^{\frac{1}{1,5+y}} \quad (6)$$

здесь  $H + \Delta H - \Delta H_\Phi$  — новая глубина потока в сжатом русле;

$\Delta H$  — величина подпора, вызванная соединением потоков после «глухого» перекрытия протока;

$\Delta H_\Phi$  — снижение глубины, вызванное фильтрацией дамбы-запруды.

Уклоны  $I_{1+2}$  и  $I_{1+2-\phi}$  приняты одинаковыми (для расходов  $Q_1 + Q_2$  и  $Q_1 + Q_2 - Q_\phi$ ). Строго говоря, если гидравлический уклон потока после увеличения расхода станет больше бытового, поскольку поток после поднятия его горизонтов преодолевает дополнительные гидравлические сопротивления, то при отделении части расхода наблюдается обратное явление, когда  $I_{1+2-\phi} < I_{1+2}$ . Поэтому и отношение  $\frac{I_{1+2}}{I_{1+2-\phi}} < 1,0$ , хотя кубический радикал  $\sqrt[3]{\frac{I_{1+2}}{I_{1+2-\phi}}} > 1,0$ , опущенный в записи (6), величину этого отношения уклонов значительно приближает к единице. В целом допущение  $I_{1+2-\phi} = I_{1+2}$  пойдет в запас расчета, ибо не учитывая изменения уклонов, мы заведомо уменьшаем в данном случае расчетную глубину  $H_6 + \Delta H - \Delta H_\phi$ .

Как показывают непосредственные расчеты, коэффициент шероховатости русла  $n$ , определяющий величину показателя  $y = (1,3 \div 1,5) \cdot n^{0,5}$  в формуле для коэффициента  $C$  и имеющий диапазон для обычных условий сплавных потоков от 0,012 до 0,067, не оказывает существенного влияния на изменение глубины потока в сжатом русле при уменьшении расхода (табл. 1). На рис. 2, а приведен график относительного изменения глубины в сжатом русле после отделения от потока с расходом  $Q_1 + Q_2$  части расхода  $Q_\phi$  при  $I_{1+2} = I_{1+2-\phi}$ . Кривые на этом графике соответствуют изменению глубин при различных значениях коэффициента шероховатости русла  $n$ ; нижняя кривая для  $n = 0,012$  проверена опытами в русловом лотке кафедры водного транспорта леса Сибирского технологического института при том же  $n$ .

Таблица 1

Величина потерь расхода $Q_\phi$ , отнесенная к расходу в главном русле $Q_1 + Q_2$	Относительное изменение глубины в главном русле в случае уменьшения расхода $Q_\phi$ до $Q_1 + Q_2 - Q_\phi$ при $n$		
	0,050 — 0,067	0,025	0,012
0,1	0,94	0,93	0,92
0,2	0,88	0,88	0,87
0,3	0,82	0,81	0,80
0,4	0,75	0,73	0,72
0,5	0,68	0,66	0,65

Методика опыта заключалась в следующем. В конце лотка перед сливом была устроена односторонняя водонепроницаемая дамба из досок длиной 7,0 м. Дамба стесняла русло лотка на  $\frac{2}{3}$  его ширины. В начале сооружения был сделан разрыв, моделирующий вход в несплавной проток (рис. 2, б). Разрыв, сначала небольшой, пропускал в боковое русло 18% от общего расхода  $\left(\frac{Q_\phi}{Q_1 + Q_2} = 0,18\right)$ , затем он постепенно увеличивался до размера, пока в боковое русло стало отвлекаться 0,36 и 0,48 общего расхода. Соответственно при разных расходах  $Q_\phi$  измеряли глубины в сжатом русле как средние по длине дамбы. Расход  $Q_\phi$  определяли объемным способом при помощи мерного бака (рис. 2, б). Опыт проводили при расходе 50 л/сек, результаты его нанесены на нижнюю ветвь графика рис. 2, а. Соотношение уклонов  $\frac{I_{1+2}}{I_{1+2-\phi}}$  в этом опыте при максимальном 48%-ном отборе  $Q_\phi$  было 1,30, а кубический радикал из отношения уклонов — 1,09. Не давая здесь подробного описания техники проведения опыта, отметим, что он достаточно хорошо подтвердил теоретическую зависимость (6).

Таким образом, если допустить, что за тыловой стороной дамб в силу их водопроницаемости наблюдается движение воды, то задача по определению влияния водопроницаемости фильтрующих конструкций

дамб на изменение уровенного режима в сжатом русле будет сведена к определению фильтрационного расхода  $Q_{\phi}$ , проходящего через дамбы, и потребует знания величины их коэффициентов фильтрации. Эти величины были экспериментально определены рядом авторов, последние исследования выполнены в ЛТА А. П. Сидоровым и А. А. Зайцевым [14]. В первом приближении, как это и рекомендовано Гипролестрансом [3], коэффициенты фильтрации можно принимать по таблице автора [10]—[12].

Фильтрационный расход через дамбы в случаях неподтопленного, подтопленного и частично подтопленного нижнего бьефа. Фильтрационный расход  $Q_{\phi}$  при заданных величинах коэффициента фильтрации сооружения зависит от перепада глубин между верхним ( $h_1$  — со стороны главного русла) и нижним ( $h_2$  — со стороны протока) бьефами. Поэтому, рассматривая применение лесосплавных дамб при закрытии несплавных протоков, можно выделить две основные схемы по условиям подтопляемости нижнего бьефа:

1) неподтопленный, когда дамба закрывает проток, отделенный от главного русла островом достаточной длины, или в случае больших уклонов потока (рис. 3, а,  $I_1 = I_6$ )

$$H_6 \leq I_6 L_0; \quad (7)$$

2) подтопленный, когда дамба закрывает проток, отделенный от главного русла островом небольшой длины, или в случае малых уклонов потока (рис. 3, б)

$$H_6 \geq I_6 (L_d + L_0). \quad (8)$$

Длина дамбы в этих критериях подразумевается равной ширине протока в месте отделения его от главного русла.

Можно выделить также третью промежуточную схему, по которой одна часть дамбы длиной  $L'_1$  работает при неподтопленном нижнем бьефе, другая на длине  $L''_d$  — при подтопленном (рис. 3, в). Критерием наличия этой схемы (частично подтопленный нижний бьеф) является условие

$$I_6 L_0 < H_6 < I_6 (L_d + L_0). \quad (9)$$

Для всех схем глубины потока в створе окончания острова при его значительной длине равны своим бытовым значениям. При больших степенях стеснения потока или малой длине острова глубины в его конце превышают бытовые на тем большую величину, чем выше степень стеснения потока. При этом поперечный уклон будет развит в сторону нерабочей акватории (отсеченной части русла).

Снижение глубины в сжатом русле, вызванное фильтрацией дамб, принято по линейному закону: анализ опытных точек на графике рис. 2, б показывает (пунктирная линия), что относительное падение глубины пропорционально уменьшению расхода в главном русле, то есть

$$\frac{H_6 + \Delta H - \Delta H_{\phi}}{H_6 + \Delta H} = k_* \cdot \frac{Q_1 + Q_2 - Q_{\phi}}{Q_1 + Q_2}, \quad (10)$$

где  $k_*$  — угловой коэффициент прямой в системе прямоугольных координат с осями «относительное изменение глубины — относительное изменение расходов».

По данным опытов, при  $n = 0,012$  (для стенок дамбы и лотка)  $k_* \approx 0,90$ .

Принятие линейного закона снижения глубин вдоль дамбы, как видно из графика, дает практически незначительную погрешность, которая тем меньше, чем меньше доля отделяемого расхода  $Q_{\phi}$  от  $Q_1 + Q_2$ . Опытные данные А. А. Зайцева [1] показав-

Таблица 2

Состояние нижнего бьефа	Глу- бины	Сечения		
		<i>н — н</i>	<i>х — х</i>	<i>к — к</i>
Непод- топ- ленный	$h_1$	$H_6 + \Delta H$	$H_6 + \left(1 - \frac{x}{L_d + L_0}\right) \cdot \Delta H$	$H_6 + \left(1 - \frac{L_1}{L_d + L_0}\right) \cdot \Delta H$
	$h_2$	$\approx 0$	$\approx 0$	$\approx 0$
Подто- пленный	$h_1$	$H_6 + \Delta H$	$H_6 + \left(1 - \frac{x}{L_d + L_0}\right) \cdot \Delta H$	$H_6 + \left(1 - \frac{L_1}{L_d + L_0}\right) \cdot \Delta H$
	$h_2$	$H_6 - (L_d + L_0) I_0$	$H_6 - (L_d + L_0 - x) I_0$	$H_6 - L_0 I_0$
Частич- но под- топлен- ный	$h_1$	$H_6 + \Delta H$		$H_6 + \left(1 - \frac{L_1}{L_d + L_0}\right) \cdot \Delta H$
	$h_2$	$\approx 0$		$H_6 - L_0 I_0$

ли, что характер изменения отношения  $\frac{Q_\Phi}{Q_1 + Q_2}$  — по терминологии автора «ко-  
эффициента отбора фильтрационного расхода по длине дамбы», не зависит от ее рас-  
положения в плане и также следует линейному закону. Выражения для глубин в верх-  
нем  $h_1$  и нижнем  $h_2$  бьефах, характеризующие граничные условия фильтрации в дамбах,  
по сечениям — начальному  $н — н$ , произвольному  $х — х$  и конечному  $к — к$  для всех  
схем приведены в табл. 2.

В общем случае будем рассматривать ламинарную и турбулентную  
фильтрации, которые геометрически характеризуются соответ-  
ственно мелко- и крупнозернистым материалом, причем для турбулент-  
ной фильтрации (рваный камень, щебенка) фильтрационные расходы  
значительно больше

$$q = k \times \begin{cases} [(h_1^3 - h_2^3)/3S]_{\text{турб}}^{0,5}, & (11) \\ [(h_1^3 - h_2^3)/2S]_{\text{лам}}, & (12) \end{cases}$$

где  $q$  — фильтрационный расход на 1 пог. м дамбы,  $\frac{м^3 \text{сек}}{м}$ ;

$S$  — ширина дамбы по низу, м;

$k$  — коэффициент фильтрации дамбы, м/сек.

Формулы (11) и (12) получены в предположении одинакового пути  
фильтрации по длине дамбы, то есть для поперечного сечения прямо-  
угольной формы. Практически же эти формулы можно распространить  
и на трапециевидные сечения, имеющие величину откосов около 3,0  
[10]—[12], а принятие для схемы работы дамб с неподтопленным ниж-  
ним бьефом  $h_2 = 0$ , как это видно из формул (11) и (12), идет в запас  
расчета при определении удельного фильтрационного расхода  $q$ . Фил-  
трационные расходы по схемам 1 и 2 представлеы в табл. 3. Для  
третьей схемы (рис. 3, в) фильтрационные расходы для обоих режи-  
мов суммируются по частям

$$Q_\Phi^{(3)} = Q_\Phi^{(1)} + Q_\Phi^{(2)}, \quad (13)$$

определяясь для неподтопленного нижнего бьефа на длине дамбы  $L_d'$   
и для подтопленного на длине  $L_d'' (L_d - L_d' + L_d'')$ .

Таблица 3

Показатели	Схема 1	Схема 2
Общие исходные зависимости	$\frac{k}{(aS)^b} \int_0^{L_d} \left\{ \left[ H_0 + \Delta H \left( 1 - \frac{x}{L_d + L_0} \right) \right]^c \right\}^d dx; \quad (14)$	$\frac{k}{(aS)^b} \int_0^{L_d} \left\{ \left[ H_0 + \Delta H \left( 1 - \frac{x}{L_d + L_0} \right) \right]^c - \right. \\ \left. - [H_0 - I_0 (L_d + L_0 - x)]^c \right\}^d dx; \quad (15)$
Конечные результаты для ламинарного режима ( $a=2$ ; $b=1$ ; $c=2$ ; $d=1$ )	$\frac{kL_d}{2S} \left[ H_0 + \Delta H \left( 1 - \frac{1}{2} \cdot \frac{L_d}{L_d + L_0} \right) \right]^2; \quad (16)$	$\frac{kL_d}{2S} \cdot \left\{ 2H_0 \left[ \Delta H \left( 1 - \frac{1}{2} \cdot \frac{L_d}{L_d + L_0} \right) + \right. \right. \\ \left. \left. + I_0 \left( L_0 + \frac{1}{2} \cdot L_d \right) \right] - \Delta H^2 \cdot \left( 1 - \frac{1}{2} \cdot \frac{L_d}{L_d + L_0} \right) \right\}; \quad (17)$
Конечные результаты для турбулентного режима ( $a=3$ ; $b=1/2$ ; $c=3$ ; $d=1/2$ )	$\frac{kL_d}{(3S)^{1/2}} \left[ H_0 + \Delta H \left( 1 - \frac{1}{2} \cdot \frac{L_d}{L_d + L_0} \right) \right]^{3/2}; \quad (18)$	$\frac{kL_d}{(3S)^{1/2}} \cdot \left\{ \left[ H_0 + \Delta H \left( 1 - \frac{1}{2} \cdot \frac{L_d}{L_d + L_0} \right) \right]^3 - \right. \\ \left. - \left[ H_0 - I_0 \left( L_0 + \frac{1}{2} L_d \right) \right]^3 \right\}^{1/2}. \quad (19)$

Методика сравнения работы дамб фильтрующих и нефилтрующих конструкций как водоподъемных сооружений. Формулы (6) и (14) — (19) позволяют сравнивать эффективность применения фильтрующих дамб для увеличения глубин выправляемых участков. Расчет рекомендуем проводить в такой последовательности.

1. Выбирают типовую расчетную схему для определения величины фильтрационного расхода  $Q_{\phi}$ , проходящего через дамбы (рис. 3).

2. По бытовой глубине потока  $H_6$ , подпору в сжатом русле  $\Delta H$ , длине дамбы  $L_d$ , ее коэффициенту фильтрации  $k$  и ширине по низу  $S$  определяют расход  $Q_{\phi}$ , проходящий через сооружение (14) — (19).

3. Найденную величину  $Q_{\phi}$  сравнивают с бытовым расходом потока (после перекрытия протока)  $Q_1 + Q_2$  для определения относительной доли  $Q_{\phi}$  от  $Q_1 + Q_2$ .

4. По заданному коэффициенту шероховатости русла  $n$  устанавливают относительное изменение глубины в сжатом русле после отделения расхода  $Q_{\phi}$  от  $Q_1 + Q_2$ , используя формулу (6) или график на рис. 2.

5. По заданной минимальной сплавной глубине  $H_{\text{спл}} = H + \Delta H - \Delta H_{\phi}$  проверяют допустимость падения уровня воды в сжатом русле, вызванного применением дамбы фильтрующей конструкции.

**Пример I.** Требуется определить падение глубины, вызванное фильтрацией ряжевой дамбы при закрытии несплавного протока, отделенного от главного русла островом длиной  $L_0 = 700$  м. Длина дамбы  $L_d = 100$  м, ширина по низу  $S = 3$  м, коэффициент фильтрации  $k = 0,08$  м/сек, фильтрация турбулентная—дамба заполнена рваным камнем среднего диаметра 25 см. Расход потока после соединения  $Q_1 + Q_2 = 25$  м<sup>3</sup>/сек, уклон  $I_6 = 0,001$ , бытовая глубина  $H_6 = 0,6$  м, подпор, вызванный дамбой в начальном створе,  $\Delta H = 0,2$  м. Минимальная сплавная глубина на этом участке  $H_{\text{спл}} = 0,7$  м, коэффициент шероховатости русла  $n = 0,050$ .

**Решение 1.** По условию (7)  $H_6 < I_6 L_0$  ( $0,6 < 0,001 \times 700$ ) дамба работает при незатопленном нижнем бьефе (схема 1, рис. 3, а).

2. Дамба пропускает фильтрационный расход, определяемый по формуле (18),

$$Q_{\phi} = \frac{0,08 \cdot 100}{(3 \cdot 3)^{1/2}} \cdot \left| 0,6 + 0,2 \left( 1 - \frac{1}{2} \cdot \frac{100}{100 + 700} \right) \right|^{3/2} = 1,9 \text{ м}^3/\text{сек}.$$

3. Относительная доля фильтрационного расхода  $Q_{\phi}$  от бытового  $Q_1 + Q_2$  равна  $1,9/25 = 0,08$ .

4. По графику на рис. 2 при  $\frac{Q_{\phi}}{Q_1 + Q_2} = 0,08$  и  $n = 0,050$  находим, что снижение глубины из-за фильтрации дамбы равно около 5%. Абсолютное значение глубины в сжатом русле  $H_6 + \Delta H - \Delta H_{\phi} = 0,6 + 0,2 - 0,05 \cdot 0,6 = 0,77$  м.

5. Поскольку  $H_6 + \Delta H - \Delta H_{\phi} > H_{\text{спл}}$  ( $0,77 > 0,70$ ), применение ряжевой дамбы как водоподъемного сооружения вполне допустимо.

**Пример II.** При тех же условиях определить падение глубины в сжатом русле из-за фильтрации закрывающих несплавной проток деревянно-фашинных завес с коэффициентом фильтрации  $k = 0,29$  м/сек и шириной по низу  $S = 1,0$  м.

**Решение 1.** По условию (7)  $H_6 < I_6 L_0$  ( $0,6 < 0,001 \times 700$ ) завеса также должна работать при незатопленном нижнем бьефе (схема 1, рис. 3, а).

2. Завеса пропускает фильтрационный расход, определяемый по формуле (18).

$$Q_{\phi} = \frac{0,29 \cdot 100}{(3 \cdot 1,0)^{1/2}} \cdot \left| 0,6 + 0,2 \left( 1 - \frac{1}{2} \cdot \frac{100}{100 + 700} \right) \right|^{3/2} = 12 \text{ м}^3/\text{сек}.$$

3. Относительная доля фильтрационного расхода  $Q_{\phi}$  от бытового  $Q_1 + Q_2$  составляет  $12/25 = 0,48$ .

4. По графику на рис. 2 при  $\frac{Q_{\phi}}{Q_1 + Q_2} = 0,48$  и  $n = 0,050$  находим, что снижение глубины из-за фильтрации завесы равно около 30%. Абсолютное значение глубины в сжатом русле

$$H_6 + \Delta H - \Delta H_{\phi} = 0,6 + 0,2 - 0,30 \cdot 0,6 = 0,62 \text{ м.}$$

5. Поскольку  $H_6 + \Delta H - \Delta H_{\phi} < H_{\text{спл}}$  ( $0,62 < 0,70$ ), применение деревянно-фашиной завесы как водоподъемного сооружения недопустимо. На практике, например, на сплавных реках Бурятской АССР, они применяются не как водоподъемные, а как лесонаправляющие сооружения, главная цель которых — придание руслу в плане формы, наиболее удовлетворяющей требованиям сплава.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. А. Зайцев. Исследование работы фильтрующих дамб на лесосплавных реках. Автореферат кандидатской диссертации, ЛТА, Л., 1971. [2]. А. А. Зайцев, А. П. Сидоров. К вопросу движения жидкости вдоль фильтрующих дамб. Материалы научно-технической конференции Ленинградской лесотехнической академии, Л., 1968. [3]. Г. А. Куколевский. Регулирование русел лесосплавных рек. Гослесбуиздат, М. — Л., 1960. [4]. А. М. Латышенков. Вопросы гидравлики искусственно сжатых русел. Госстройиздат, М., 1960. [5]. А. М. Латышенков. Основы гидравлики. Изд. 2-е, Гидрометеоздат, Л., 1971. [6]. С. Я. Мучник, Н. Н. Панов, Регулирование сплавной трассы. Гослесбуиздат, М. — Л., 1955. [7]. М. М. Овчинников. Метод расчета потока, стесненного полузапрудами на порогах сплавных рек. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1966. [8]. М. М. Овчинников. О гидравлическом расчете потоков, стесненных одиночными и парными полузапрудами на порогах сплавных рек с уклонами дна менее критических. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1966. [9]. Н. Н. Панов. Регулирование перекатов сплавных рек. Техническая информация ЦНИИЛесосплава, 108, Л., 1955. [10]. В. Е. Сергутин. Водопропускная способность лесосплавных дамб. Труды Сибирского лесотехнического института, сб. XIX, Красноярск, 1957. [11]. В. Е. Сергутин. Выбор типовых конструкций лесосплавных дамб. Государственный научно-технический комитет при Совете Министров РСФСР, ЦБТИ лесной промышленности, Гослесбуиздат, М. — Л., 1958. [12]. В. Е. Сергутин. Фильтрационные свойства дамб. ИВУЗ. «Лесной журнал» № 1, 1958. (Реферативный журн. «Механика» № 4, 1959, 4057). [13]. А. П. Сидоров. Гидравлические основы регулирования порогов на сплавных реках с уклоном дна больше критического. Техническая информация ЦНИИЛесосплава, 126, Л., 1958. [14]. А. П. Сидоров, А. А. Зайцев. К вопросу определения коэффициента фильтрации каменных заполнителей тела фильтрующих дамб, применяемых на сплавных реках. Материалы научно-технической конференции Ленинградской лесотехнической академии, Л., 1967.

Поступила 11 ноября 1971 г.

## МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 674.053 : 621.933.6

О ВЛИЯНИИ ОПЕРАЦИИ НАСЕКАНИЯ ЗУБЬЕВ  
НА НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ДЕЛИТЕЛЬНЫХ  
ЛЕНТОЧНЫХ ПИЛ

Ю. И. ЮРЬЕВ, В. И. ВЕСЕЛКОВ

Архангельский лесотехнический институт

Приводятся результаты исследований влияния операции насекания зубьев на напряженное состояние делительных ленточных пил. После насекания зубьев в зоне зубчатой кромки возникают остаточные напряжения сжатия и соответственно напряжения растяжения в зоне задней кромки полотна.

Согласно данным, приведенным в ряде работ [2], [3], операция насекания зубьев значительно изменяет напряженное состояние полотен рамных пил. Однако имеющиеся результаты исследований технологических остаточных напряжений в полотнах делительных ленточных пил только качественно подтверждают эту информацию [1], [2].

С целью установления влияния операции насекания зубьев на деформации полотен ленточных пил проведены специальные исследования. Объектом изучения служили полотна стали 9ХФ, прошедшие все стадии технологического процесса изготовления делительных ленточных пил в условиях Горьковского металлургического завода, кроме операций насекания зубьев и вальцевания. Параметры полотен:  $L \times B \times \delta = 1000 \times 100 \times 1$  мм.

Деформации пильных полотен измеряли тензометрическим методом с использованием проволоочных тензодатчиков с базой 15 мм, сопротивлением  $\sim 135$  ом. Схема размещения тензодатчиков на опытных пильных полотнах представлена на рис. 1. Показания тензодатчиков регистрировали при помощи измерителя статических деформаций

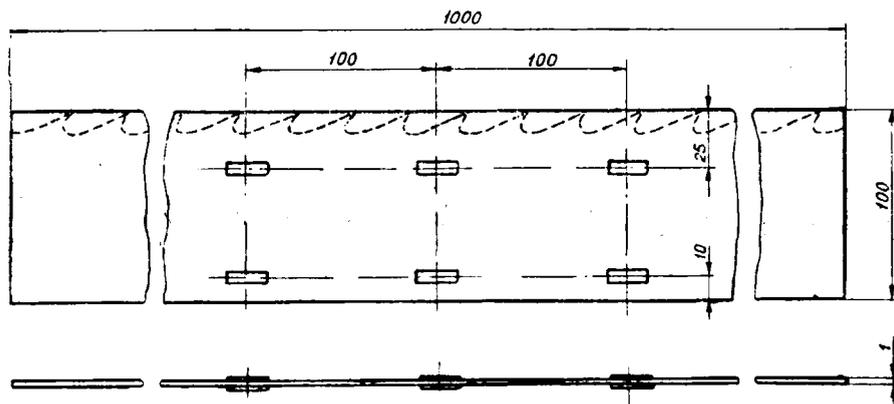


Рис. 1.

типа ИД-62М при попарном (последовательном) подключении в одно плечо измерительного моста двух одноименных тензодатчиков, наклеенных на обеих сторонах (поверхностях) полотен для того, чтобы исключить влияние изгибных деформаций при измерениях. Второе плечо измерительного моста представляли два последовательно соединенных компенсационных тензодатчика, приклеенных на отрезок пильного полотна из стали 9ХФ.

Операцию насекания зубьев выполняли на пилоштампе типа «Боллиндер», установленном в лаборатории кафедры «Станки и инструмент» АЛТИ, с использованием специально разработанной оснастки (пуансонов и матриц) для профилей зубьев I и II по ГОСТу 6532—53. Насекание зубьев у опытных полотен производили, когда все шесть пар тензодатчиков были подключены к колодке измерителя ИД-62М; показания снимали до и после насекания зубьев при минимальном разрыве во времени.

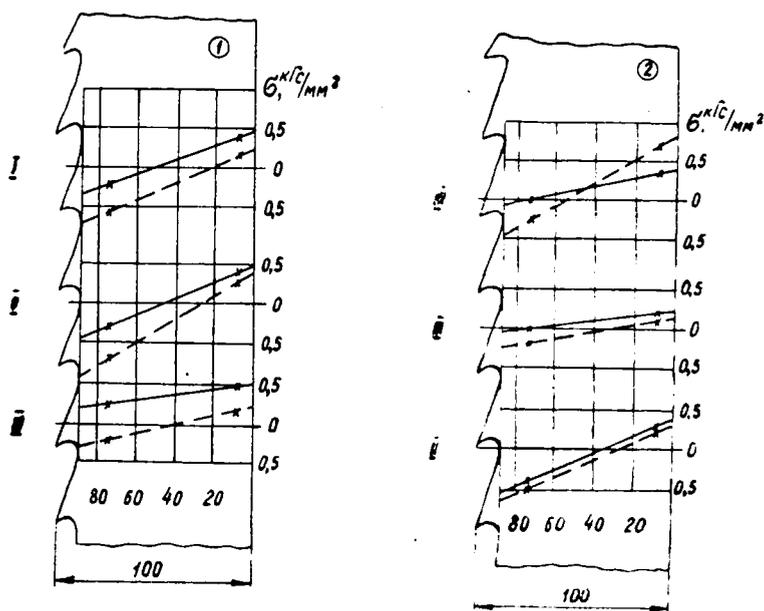


Рис. 2.

1 — профиль зубьев I; 2 — профиль зубьев II.

Характер распределения напряжений по ширине полотна, обусловленных операциями насекания зубьев, непосредственно после насекания представлен на рис. 2 штриховыми линиями, а после стабилизации — сплошными линиями. При шаге зубьев 40 мм и расстоянии между осями тензодатчиков по длине полотна 100 мм ориентация тензодатчиков относительно впадин зубьев была различной (сечения I, II, III): Независимо от ориентации тензодатчиков относительно впадин зубьев в зоне зубчатой кромки зафиксирована деформация сжатия и растяжения в зоне задней (тыльной) кромки. Наибольшие напряжения сжатия обнаружены по показаниям тензодатчиков, расположенных против впадин зубьев (сечение II), а наименьшие у тензодатчиков, расположенных против зубьев (сечение III).

В результате периодического контроля показаний тензодатчиков обнаружено происходящее в течение 48 час перераспределение напря-

жений в полотнах с последующей их стабилизацией. При этом происходит выравнивание напряжений в зоне задней кромки полотен. Разброс показаний тензодатчиков в зоне зубчатой кромки (при различной ориентации тензодатчиков относительно впадины зубьев) объясняется влиянием концентрации напряжений во впадинах зубьев и соответственно — позицией тензодатчиков относительно впадин зубьев. Количественно эффект концентрации напряжений установить не удалось, так как приближение тензодатчиков к впадинам зубьев не обеспечивает их сохранность при насекании зубьев.

Таким образом, при изготовлении ленточных пил после насекания зубьев в зоне зубчатой кромки возникают остаточные напряжения сжатия и соответственно напряжения растяжения в зоне задней кромки полотна. Величина напряжений не превышает  $0,5 \text{ кгс/мм}^2$  (для профилей зубьев I и II по ГОСТу 6532—53).

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. В. И. Веселков. Исследование технологических остаточных напряжений в полотнах ленточных пил. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1971. [2]. Е. Д. Добрынин. Деформации и напряжения, возникающие в ленточной пиле при движении. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1962. [3]. Ю. И. Юрьев. О вальцовке рамных пил. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1959.

Поступила 11 октября 1971 г.

УДК 674.812

## О ПАРАМЕТРАХ ПЕТЛИ ГИСТЕРЕЗИСА В ПРЕССОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЕ БЕРЕЗЫ

Л. А. БЯЛЬСКИЙ

Воронежский лесотехнический институт

В статье описана методика исследования гистерезисных потерь и приведены геометрические параметры петли гистерезиса в прессованной древесине. Результаты исследований показывают возможность применения линейных гипотез В. Фойгта и Е. С. Сорокина к прессованной древесине как к новому конструкционному материалу.

Внутреннее трение в прессованной и натуральной древесине необходимо учитывать при динамических расчетах строительных конструкций и деталей машин. При этом возникает вопрос о возможности применения к прессованной, модифицированной и натуральной древесине той или иной теории, описывающей упругие несовершенства материала.

В работах И. Я. Эглайса [7] и А. М. Боровикова [1] были применены резонансные методы определения диссипативных свойств модифицированной и натуральной древесины. В этих испытаниях логарифмический декремент колебаний как мера внутреннего трения являлся надежной характеристикой диссипативности системы, что вполне справедливо только для линейных систем.

В. М. Котов [3], исследуя влияние степени прессования на вязкость прессованной древесины осины, исходил из гипотезы вязкого трения. Приведенные в его работе [3] зависимости между различными мерами внутреннего трения, как и сам метод определения логарифмического декремента колебаний по развертке затухающих колебаний, справедливы только в том случае, когда логарифмический декремент колеба-

ний не зависит от амплитуды деформации. В указанной работе не говорилось о возможности применения гипотезы вязкого трения к прессованной древесине.

Итак, возникла необходимость исследовать вопрос о линейности или степени отклонения от линейности сил внутреннего неупругого сопротивления в прессованной древесине. В литературе мы не обнаружили данных о такого рода исследованиях.

В основе решения этой задачи лежит теория упругого гистерезиса, согласно которой между силами внутреннего неупругого сопротивления  $R$  и амплитудой деформации  $A$  существует нелинейная связь

$$R = bA^{n-1},$$

где  $b$  — постоянная конструкции, зависящая от материала, формы и размеров поперечного сечения;

$n$  — показатель нелинейности.

Следовательно, задача сводится к определению величины показателя нелинейности  $n$ , который определяет один из параметров петли упругого гистерезиса.

В нашей работе была использована установка для определения демпфирующих свойств прессованной древесины [2]. Исследование проводили на консольных образцах из березы одноосного прессования (ГОСТ 9629—66) с размерами рабочей части  $4 \times 30 \times 250$  мм. На свободных концах образцов закрепляли груз, значительно превосходящий вес рабочей части самого образца, то есть образец с грузом представлял собой систему с одной степенью свободы.

Осциллограммы затухающих колебаний записывали осциллографом Н-700. Величину показателя нелинейности  $n$  находили по осциллограммам при помощи метода наименьших квадратов [4].

Второй параметр петли гистерезиса  $b$  при известном показателе нелинейности  $n$  можно найти по данным осциллограммы, исходя из зависимости, полученной Я. Г. Пановко [5]

$$\delta = bTa^{n-1},$$

где  $\delta$  — логарифмический декремент колебаний;

$b$  — постоянный для данной конструкции коэффициент;

$T$  — период колебаний;

$a$  — амплитуда колебаний;

$n$  — показатель нелинейности.

В результате совместной обработки осциллограмм были получены следующие величины: показатель нелинейности  $n = 1,0395$ ; средняя ошибка  $\Delta n = \pm 0,0336$ ; вероятная ошибка  $\Delta n' = \pm 0,0226$ ; доверительный интервал  $1,0169 < n < 1,0621$ . Постоянный для данной конструкции коэффициент — параметр  $b = 7,93$ .

Ранее Я. Я. Улле [6] получил при асимметричном цикле напряжений при колебаниях образцов из сосны величину показателя нелинейности, равную 1,045.

Следовательно, прессование и, по-видимому, порода древесины, а также постоянные напряжения (асимметрия цикла деформации) не влияют на параметры петли гистерезиса, характеризующие неупругое сопротивление древесины. При показателе нелинейности, равном единице, огибающая развертки затухающих колебаний представляет собой экспоненту, что соответствует гипотезам В. Фойгта и Е. С. Сорокина.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. А. М. Боровиков. Исследование влияния температуры и влажности на упругость, вязкость и пластичность древесины. Автореферат, Архангельск, 1966,

[2]. Л. А. Бяльский. Установка для исследования демпфирующих свойств прессованной древесины. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1969. [3]. В. М. Котов. Влияние степени уплотнения на коэффициент вязкости прессованной древесины осины. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1970. [4]. Е. Б. Лунц. О затухании при крутильных колебаниях. Прикладная механика и математика, т. 1, вып. 3, 1938. [5]. Я. Г. Пановко. Основы прикладной теории упругих колебаний. Машгиз, М., 1957. [6]. Я. Я. Улпс. Гистерезисные потери в дереве при асимметричном цикле. Вопросы динамики и динамической прочности, вып. 11, Изд-во АН Латвийской ССР, 1954. [7]. И. Я. Эглайс. Адеструктивные методы исследования некоторых качественных показателей пластифицированной древесины. Автореферат, Рига, 1969.

Поступила 11 февраля 1971 г.

УДК 674.05

## ПРИБЛИЖЕННЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЖЕНИЙ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ДРОВОКОЛЬНОГО СТАНКА

Т. М. ШКИРЯ

Львовский лесотехнический институт

Статья посвящена динамическому расчету гидроколуна. В ней приводится обоснованная эквивалентная схема, для которой составлено и решено дифференциальное уравнение. При составлении расчетной схемы сделан ряд допущений, в том числе в отношении бесконечно большой жесткости штока, толкателя, а также линейности рабочей ветви механической характеристики электродвигателя и усилия раскалывания.

Условие оптимальной конструкции гидроколуна — установка на нем такого по мощности и механической характеристике электродвигателя, с применением которого процесс раскалывания чураков средних размеров заканчивался бы при номинальном значении угловой скорости ротора двигателя  $\omega_n$ , а за время холостого промежутка  $(2s_n - s_k)$  его угловая скорость успевала бы увеличиваться до максимального значения  $\omega_c$ .

Процесс раскалывания древесины гидроколуном можно рассматривать состоящим из четырех периодов (рис. 1).

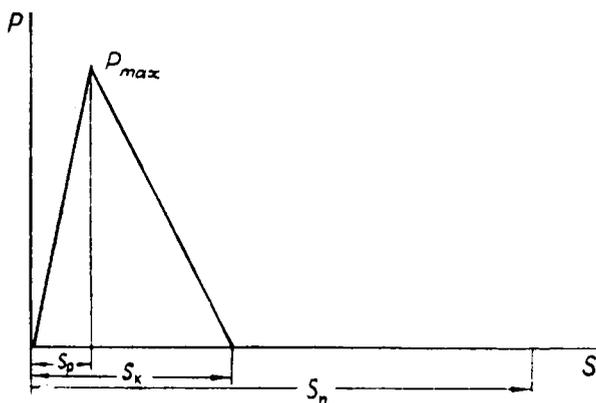


Рис. 1. Линеаризованная зависимость усилия раскалывания.

Первый период — внедрение клина в древесину на глубину ( $s = 0 - s_p$ ); при этом в плоскости раскола уничтожаются основные связи между волокнами древесины и сопротивление раскалыванию достигает максимума. Анализ реальной кривой показал, что участок  $0 - P_{max}$  можно аппроксимировать линейной зависимостью

$$P_{c-I} = \frac{P_{max}}{s_p} \cdot s,$$

где  $s_p$  — рабочая глубина внедрения клина в древесину, при которой возникает максимальное усилие раскалывания.

Второй период — дальнейшее внедрение клина в древесину на участке  $s = s_p - s_k$ , когда преодолеваются оставшиеся связи между волокнами и сила сопротивления раскалыванию постепенно уменьшается до нуля. Этот участок кривой усилия раскалывания ( $P_{max} - 0$ ) с некоторым допущением можно аппроксимировать линейной зависимостью

$$P_{c-II} = \frac{P_{max}}{s_k - s_p} \cdot s_k - \frac{P_{max}}{s_k - s_p} \cdot s,$$

где  $s_k$  — полная глубина внедрения клина в древесину, обеспечивающая окончательное расщепление бревна.

В третьем и четвертом периодах сила сопротивления равна нулю, и осуществляется разгон всех вращающихся и поступательно движущихся частей древокольного станка; третий период — перемещение упора в рабочем направлении до конца, а четвертый — обратно в исходное положение.

Особенности раскалываемой древесины при использовании аппроксимированной зависимости усилия раскалывания влияют на нее следующим образом: с увеличением размеров и твердости древесины крутизна участка  $0 - P_{max}$  возрастает, а косослой и сучковатость приводят к повышению величины  $s_p$  и особенно  $s_k$ .

Зависимость развиваемого электродвигателем момента от угловой скорости на рабочем участке его механической характеристики с некоторым допущением можно принять линейной

$$M_d = \frac{M_{к\omega c}}{\omega_c - \omega_n} \left( 1 - \frac{\omega}{\omega_c} \right).$$

С учетом движения рабочей жидкости в цилиндре и соединительных трубопроводах, а также распространения волны давления в них дифференциальное уравнение движения исполнительного механизма гидрокатуны (не принимая во внимание податливость его элементов) как динамической системы с одной степенью свободы можно представить в следующем виде\*:

$$(m_1 + m_2)s \frac{d^2s}{dt^2} + H \frac{ds}{dt} = P_M - P_c, \quad (1)$$

где  $m_1$  — масса (приведенная к поршню исполнительного механизма) роторов электродвигателя и лопастного насоса, поршня, штока, толкателя и рабочей жидкости в трубопроводах;

$m_2$  — то же в цилиндре;

\* А. В. Кулагин, Ю. С. Демидов, В. Н. Прокофьев, Л. А. Кондаков. Основы теории и конструирования объемных гидropередач. Изд-во «Высшая школа», М., 1968.

$H$  — коэффициент вязкого трения поршня, соединенных с ним частей и рабочей жидкости;

$s$  — перемещение поршня исполнительного механизма;

$P_m$  — сила давления жидкости на поршень;

$P_c$  — сила сопротивления раскалыванию.

Приведенную к поршню силу давления жидкости на него, развиваемую электроприводом, запишем так:

$$P_m = M_n \frac{2\pi F \eta_m}{q} \quad (2)$$

где  $M_n$  — момент, развиваемый электродвигателем;

$F$  — площадь поршня исполнительного механизма;

$q$  — рабочий объем насоса;

$\eta_m$  — механический к.п.д. насоса.

С учетом того, что

$$\omega = \frac{2\pi F}{q \eta_0} \cdot \frac{ds}{dt}$$

(где  $\eta_0$  — объемный к.п.д. насоса), уравнение (1) после некоторых преобразований примет следующий вид:

$$(m_1 + m_2 s) \frac{d^2 s}{dt^2} + \left[ H + \frac{4\pi \cdot F^2 \eta_m M_n}{q^2 \eta_0 (\omega_c - \omega_n)} \right] \frac{ds}{dt} + \frac{P_{max}}{s_p} \cdot s = \frac{2\pi F \eta_m M_n \omega_c}{q (\omega_c - \omega_n)} \quad (3)$$

Введем следующие обозначения:

$$a = H + \frac{4\pi \cdot F^2 \eta_m M_n}{q^2 \eta_0 (\omega_c - \omega_n)}; \quad b_1 = \frac{P_{max}}{s_p}; \quad c_1 = \frac{2\pi F \eta_m M_n \omega_c}{q (\omega_c - \omega_n)}$$

Тогда равенство (3) примет вид

$$(m_1 + m_2 s) \frac{d^2 s}{dt^2} + a \frac{ds}{dt} + b_1 s = c_1 \quad (4)$$

Уравнение (4) можно решить одним из приближенных методов, например, методом интегрирования при помощи степенных рядов. Подставив в уравнение (4) начальные условия первого периода

$(t_1)_0 = 0$ ;  $(s_1)_0 = 0$  (ось координат совмещаем с началом процесса раскалывания);  $\left(\frac{ds_1}{dt}\right)_0 = \frac{\omega_c}{i} \cdot r$ ,

найдем

$$(m_1 + m_2 s) \left(\frac{d^2 s_1}{dt^2}\right)_0 + a \left(\frac{ds_1}{dt}\right)_0 + b_1 (s_1)_0 = c_1,$$

откуда

$$\left(\frac{d^2 s_1}{dt^2}\right)_0 = -\frac{1}{m_1} \left(-c_1 + a \frac{\omega_c}{i} r\right) = A_1 \quad (5)$$

Дифференцируя уравнение (5)

$$(m_1 + m_2 s) \frac{d^3 s}{dt^3} + m_2 \frac{ds}{dt} \cdot \frac{d^2 s}{dt^2} + a \frac{d^2 s}{dt^2} + b_1 \frac{ds}{dt} = 0 \quad (6)$$

и подставляя начальные условия 1-го периода, получим

$$\left(\frac{d^3 s_1}{dt^3}\right)_0 = -\frac{1}{m_1} \left(m_2 \frac{\omega_c}{i} r A_1 + a A_1 + b_1 \frac{\omega_c}{i} r\right) = B_1.$$

Далее ход решения повторяется. Количество приближений определяется необходимой точностью расчета.

Значение  $n$ -ой производной (при  $n \geq 4$ ) найдем по формуле

$$\begin{aligned} \left(\frac{d^n s_1}{dt^n}\right)_0 = & -\frac{1}{m_1} \left\{ (n-2) m_2 \left(\frac{ds_1}{dt}\right)_0 \left(\frac{d^{n-1} s_1}{dt^{n-1}}\right)_0 + \right. \\ & + m_2 \left[ 4 + \frac{(n-5)n}{2} \left(\frac{d^2 s_1}{dt^2}\right)_0 \left(\frac{d^{n-2} s_1}{dt^{n-2}}\right)_0 \right] + \\ & \left. + a \left(\frac{d^{n-2} s_1}{dt^{n-2}}\right)_0 - b_1 \left(\frac{d^{n-1} s_1}{dt^{n-1}}\right)_0 \right\}. \end{aligned} \quad (7)$$

Искомое решение равенства (3) можно записать по формуле Тейлора в виде следующего степенного ряда:

$$s_1 = \frac{1}{1!} \left(\frac{ds_1}{dt}\right)_0 t + \frac{1}{2!} \left(\frac{d^2 s_1}{dt^2}\right)_0 t^2 + \frac{1}{3!} \left(\frac{d^3 s_1}{dt^3}\right)_0 t^3 + \dots + \frac{1}{n!} \left(\frac{d^n s_1}{dt^n}\right)_0 t^n. \quad (8)$$

Дифференцируя уравнение (8) по времени с учетом того, что

$$\omega = \frac{2\pi F}{q\tau_0} \cdot \frac{ds}{dt},$$

получим

$$\begin{aligned} \omega_1 = \frac{2\pi F}{q\tau_0} \left[ \left(\frac{ds_1}{dt}\right)_0 + \frac{1}{1!} \left(\frac{d^2 s_1}{dt^2}\right)_0 t + \frac{1}{2!} \left(\frac{d^3 s_1}{dt^3}\right)_0 t^2 + \dots + \right. \\ \left. + \frac{1}{(n-1)!} \left(\frac{d^n s_1}{dt^n}\right)_0 t^{n-1} \right]. \end{aligned} \quad (9)$$

Дифференциальное уравнение движения исполнительного механизма гидроколуна во втором периоде (при падении усилия раскалывания от  $P_{max}$  до  $P=0$ ) имеет вид

$$\begin{aligned} (m_1 + m_2 s) \frac{d^2 s}{dt^2} + \left| H + \frac{4\pi^2 F \tau_{IM} M_H}{q^2 \tau_0 (\omega_c - \omega_H)} \right| \frac{ds}{dt} - \\ - \frac{P_{max}}{s_K - s_P} \cdot s = \frac{2\pi F \tau_{IM} M_H \omega_c}{q (\omega_c - \omega_H)} - \frac{P_{max} s_K}{s_K - s_P}. \end{aligned} \quad (10)$$

Дополнительно введем следующие обозначения:

$$b_{11} = \frac{P_{max}}{s_K - s_P}; \quad c_{11} = \frac{2\pi F \tau_{IM} M_H \omega_c}{q (\omega_c - \omega_H)} - \frac{P_{max} s_K}{s_K - s_P},$$

тогда уравнение (10) примет вид

$$(m_1 + m_2 s) \frac{d^2 s}{dt^2} + a \frac{ds}{dt} + b_{11} s = c_{11}. \quad (11)$$

При начальных условиях

$$(t_{11})_0 = t - t_{1-k} = t_2; \quad (s_{11})_0 = s - s_{1-k} = s_p; \quad \left(\frac{ds_{11}}{dt}\right)_0 = \frac{\omega_H}{i} r$$

уравнение (11) для второго периода решаем аналогично уравнению (3) для первого периода методом интегрирования с помощью степенных рядов

$$\left(\frac{d^2 s_{11}}{dt^2}\right)_0 = -\frac{1}{m_1 + m_2 s_p} \left(-c_{11} + a \frac{\omega_H}{i} r + b_{11} s_p\right) = A_{11}; \quad (12)$$

$$\left(\frac{d^3 s_{11}}{dt^3}\right)_0 = -\frac{1}{m_1 + m_2 s_p} \left(m_2 \frac{\omega_H}{i} r A_{11} + a A_{11} + b_{11} \frac{\omega_H}{i} r\right) = B_{11}; \quad (13)$$

$$\begin{aligned} \left(\frac{d^n s_{II}}{dt^n}\right)_0 = & -\frac{1}{m_1 + m_2 s_p} \left\{ (n-2) m_2 \left(\frac{ds_{II}}{dt}\right)_0 \left(\frac{d^{n-1} s_{II}}{dt^{n-1}}\right)_0 + \right. \\ & + m_2 \left[ 4 + \frac{(n-5)n}{2} \left(\frac{d^2 s_{II}}{dt^2}\right)_0 \left(\frac{d^{n-2} s_{II}}{dt^{n-2}}\right)_0 \right] + \\ & \left. + a \left(\frac{d^{n-2} s_{II}}{dt^{n-2}}\right)_0 + b_{II} \left(\frac{d^{n-1} s_{II}}{dt^{n-1}}\right)_0 \right\}. \end{aligned} \quad (14)$$

Искомую зависимость изменения угловой скорости ротора электродвигателя по времени во втором периоде запишем в следующем виде:

$$\begin{aligned} \omega_{II} = & \frac{2\pi F}{q\eta_0} \left[ s_p + \left(\frac{ds_{II}}{dt}\right)_0 + \frac{1}{1!} \left(\frac{d^2 s_{II}}{dt^2}\right)_0 (t-t_1) + \right. \\ & \left. + \frac{1}{2!} \left(\frac{d^3 s_{II}}{dt^3}\right)_0 (t-t_1)^2 + \dots + \frac{1}{(n-1)!} \left(\frac{d^n s_{II}}{dt^n}\right)_0 (t-t_1)^{n-1} \right], \end{aligned} \quad (15)$$

где  $t_1$  — время, соответствующее расположению острия клина в точке  $s_p$ .

Дифференциальное уравнение движения исполнительного механизма гидроколуны в третьем и четвертом периодах выглядит так:

$$(m_1 + m_2 s) \frac{d^2 s}{dt^2} + \left[ H + \frac{4\pi^2 F^2 \eta_M M_H}{q^2 \eta_0 (\omega_c - \omega_H)} \right] \frac{ds}{dt} = \frac{2\pi F \eta_M M_H \omega_c}{q (\omega_c - \omega_H)} \quad (16)$$

и при начальных условиях

$$(t_{III})_0 = t - t_{II-k} = t_2; \quad (s_{III})_0 = s - s_{II-k} = s_k; \quad \left(\frac{ds_{III}}{dt}\right)_0 = \frac{\omega_H}{i} r$$

решается с помощью степенных рядов

$$\left(\frac{d^2 s_{III}}{dt^2}\right)_0 = -\frac{1}{m_1 + m_2 s_k} \left( c_{III} - a \frac{\omega_H}{i} r \right) = A_{III}, \quad (17)$$

$$\left(\frac{d^3 s_{III}}{dt^3}\right)_0 = -\frac{1}{m_1 + m_2 s_k} \left( m_2 \frac{\omega_H}{i} r A_{III} + a A_{III} \right) = B_{III}, \quad (18)$$

$$\begin{aligned} \left(\frac{d^n s_{III}}{dt^n}\right)_0 = & -\frac{1}{m_1 + m_2 s_k} \left\{ (n-2) m_2 \left(\frac{ds_{III}}{dt}\right)_0 \left(\frac{d^{n-1} s_{III}}{dt^{n-1}}\right)_0 + \right. \\ & \left. + m_2 \left[ 4 + \frac{(n-5)n}{2} \left(\frac{d^{n-2} s_{III}}{dt^{n-2}}\right)_0 \right] + a \left(\frac{d^{n-1} s_{III}}{dt^{n-1}}\right)_0 \right\}. \end{aligned} \quad (19)$$

Зависимость  $\omega_{III} = f(t)$  запишем в следующем виде:

$$\begin{aligned} \omega_{III} = & \frac{2\pi F}{q\eta_0} \left[ s_k + \left(\frac{ds_{III}}{dt}\right)_0 + \frac{1}{1!} \left(\frac{d^2 s_{III}}{dt^2}\right)_0 (t-t_2) + \right. \\ & \left. + \frac{1}{2!} \left(\frac{d^3 s_{III}}{dt^3}\right)_0 (t-t_2)^2 + \dots + \frac{1}{(n-1)!} \left(\frac{d^n s_{III}}{dt^n}\right)_0 (t-t_2)^{n-1} \right], \end{aligned} \quad (20)$$

где  $t_2$  — время, соответствующее расположению острия клина в точке  $s_k$ .

Уравнение движения (16) в четвертом периоде решаем с учетом начальных условий

$$\begin{aligned} (t_{IV})_0 = & t - t_{III-k} = t_3; \quad (s_{IV})_0 = s - s_{III-k} = s_n; \\ & \left(\frac{ds_{IV}}{dt}\right)_0 = \frac{\omega_H}{i} r \end{aligned}$$

и записываем в виде, аналогичном уравнению (20), заменив  $t_2$  через  $t_3$  и  $s_k$  через  $s_n$  ( $t_3$  — время, соответствующее расположению поршня исполнительного механизма в конце рабочего хода  $s_n$ ).

В уравнениях (9), (15) и (20) взаимосвязаны все основные параметры гидроколуна ( $M_n$ ,  $\omega_c$ ,  $\omega_n$ ,  $F, q$ ,  $\eta_m$ ,  $\eta_o$ ,  $m_1$ ,  $m_2$ ) и обрабатываемого материала ( $P_{max}$ ,  $s_p$ ,  $s_k$ ). Решив эти уравнения на ЭЦВМ, можно рассчитать максимальное раскалывающее усилие гидроколуна; выбрать для гидроколуна электродвигатель минимально необходимой мощности с оптимальной механической характеристикой, обеспечивающей при прочих равных условиях максимальное раскалывающее усилие; проанализировать влияние изменения отдельных параметров станка (скорости надвигания материала на раскалывающий клин, момента инерции вращающихся и поступательно движущихся элементов станка, скольжения ротора электродвигателя и др.) на величину создаваемого им раскалывающего усилия.

Поступила 9 ноября 1971 г.

УДК 674.815-41

## К ВОПРОСУ ОБ ИМПУЛЬСНОМ УЛЬТРАЗВУКОВОМ МЕТОДЕ КОНТРОЛЯ ПРОЧНОСТИ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

И. А. ГОЛУБОВ

Московский лесотехнический институт

В статье теоретически и экспериментально обосновывается возможность контроля прочности древесностружечных плит с помощью ультразвуковых (акустических) колебаний. Установлено, что возникающие в процессе распространения ультразвуковых волн напряжения не оказывают на древесностружечную плиту разрушающего воздействия.

Распространение упругих колебаний в древесностружечной плите представляет собой волновое движение, которое для колебаний малых амплитуд в изотропных упругих неограниченных средах без учета массовых сил описывается следующими дифференциальными уравнениями:

$$\left. \begin{aligned} \rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} &= (\nu + \mu) \frac{\partial \Delta}{\partial x} + \mu \nabla^2 u \\ \rho \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} &= (\nu + \mu) \frac{\partial \Delta}{\partial y} + \mu \nabla^2 v \\ \rho \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} &= (\nu + \mu) \frac{\partial \Delta}{\partial z} + \mu \nabla^2 w, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где  $u, v, w$  — соответственно перемещения в направлении осей;  
 $\nu$  и  $\mu$  — две независимые упругие постоянные;  
 $\rho$  — плотность среды;  
 $\Delta$  — объемное расширение,

$$\Delta = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z};$$

$\nabla^2$  — оператор Лапласа,

$$\nabla^2 = \left( \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right).$$

Правые части системы уравнений (1) представляют собой сумму двух типов волн — безвихревого и чисто сдвигового, которые распространяются со скоростями

$$C_1 = \sqrt{\frac{\nu + 2\mu}{\rho}}; \quad (2)$$

$$C_2 = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}, \quad (3)$$

здесь  $C_1$  — скорость продольной или объемной волны;  
 $C_2$  — скорость поперечной или сдвиговой волны.

Скорость распространения ультразвука в материале зависит от показателей его упругости и плотности. Уменьшение упругих постоянных материала соответственно снижает скорость ультразвука, что можно использовать для контроля прочности древесностружечных плит импульсным ультразвуковым методом. Это явилось задачей теоретических исследований, проведенных в МЛТИ [5].

Связь между движением продольной волны и силами, вызывающими это движение, описывается волновым уравнением

$$\frac{d^2 s}{dt^2} = \frac{E}{\rho} \cdot \frac{d^2 s}{dx^2}. \quad (4)$$

Оно характеризует распространение любого продольного импульса в упругой среде ограниченных размеров (в стержне), когда  $\lambda \ll d$  ( $\lambda$  — длина волны, а  $d$  — величина, определяющая поперечные размеры стержня); предполагается, что величины деформаций, подчиняющихся закону Гука, малы.

Из равенства (4) следует [1], что скорость распространения продольной ультразвуковой волны в стержне, размер поперечного сечения которого меньше длины волны ультразвука, определяется выражением

$$C_{\text{стержня}} = \sqrt{\frac{E}{\rho}}. \quad (5)$$

Для бесконечно же протяженной среды, когда ее размеры  $d$  велики по сравнению с длинами распространяющихся в ней волн ( $d \gg \lambda$ ) и когда можно пренебречь отраженными от границ тела волнами, величина скорости распространения продольных волн [4]

$$C_{\infty} = \sqrt{\frac{E(1-\varphi)}{\rho(1+\varphi)(1-2\varphi)}}, \quad (6)$$

где  $E$  — модуль Юнга;

$\rho$  — плотность материала;

$\varphi$  — коэффициент Пуассона (величина постоянная для данного материала; для большинства твердых тел  $\varphi = \frac{1}{4}$ ).

В этом случае выражение (6) принимает вид

$$C_{\infty} = 1,1 \sqrt{\frac{E}{\rho}}, \quad (7)$$

то есть скорость ультразвука несколько больше, чем в ограниченном стержне.

Зависимость между параметрами ультразвуковых волн выражается так:

$$\lambda = \frac{c}{f}, \quad (8)$$

здесь  $\lambda$  — длина ультразвуковой волны;  
 $C$  — скорость распространения ультразвуковой волны;  
 $f$  — частота колебаний.

На чувствительность ультразвукового метода оказывает влияние соотношение между длиной ультразвуковой волны и размером составляющих частиц плиты, то есть ее фракционным составом. Длина волны должна быть соизмерима с размерами стружек, то есть  $\lambda \cong d$  (где  $d$  — размер частицы).

В этом случае ультразвук в древесностружечных плитах подчиняется механизму диффузионного рассеяния. Особенно велико затухание при  $\lambda = (2 \div 4)d$ ; здесь к диффузионному рассеянию добавляется поглощение, связанное с релаксацией теплопроводности на анизотропных частицах.

Возникающие на границах отдельных частиц в процессе их деформации градиенты температур не успевают выравняться за период колебаний, что приводит к возрастанию тепловых потерь. Это видно из графика (рис. 1), построенного по экспериментальным данным при прозвучивании древесностружечной плиты с разным фракционным составом ультразвуковыми волнами с частотой 60 кГц ( $\lambda = 5$  см). Наиболее крутая, а следовательно, и наиболее точная, тесная, однозначная зависимость между скоростью распространения ультразвуковой волны и динамическим модулем упругости плит наблюдается при их прозвучивании параллельно пласти (фракционный состав 1—7; в среднем соизмерим с длиной волны).

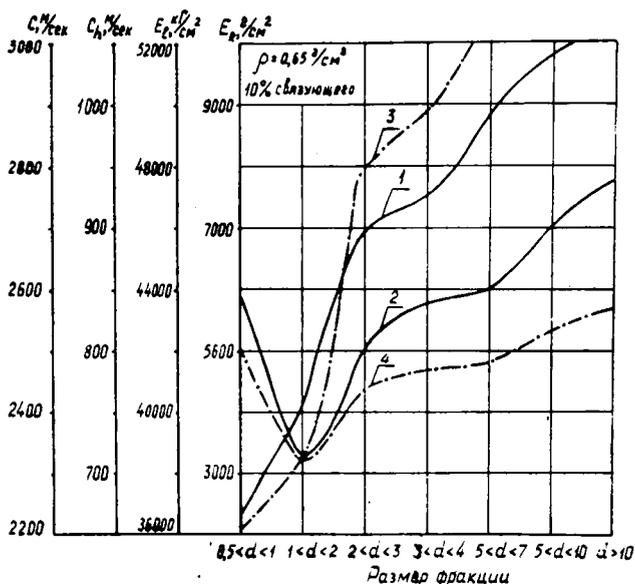


Рис. 1. Зависимость скорости звука и динамического модуля упругости по длине и толщине плит от размера фракции стружки.

1 — скорость звука вдоль пласти плиты; 2 — поперек пласти; 3 — динамический модуль упругости вдоль пласти плиты; 4 — поперек пласти.

Кривые, полученные при прозвучивании плит перпендикулярно пласти, менее тесно связаны между собой; сказывается большое влия-

ние как ориентации частиц при формировании ковра (участки 0,5—1), так и большого рассеяния волн мелкими частицами ( $\lambda \gg d$ ), когда коэффициент затухания  $\delta$  пропорционален величине  $f^4$  (релевское рассеяние). В этом случае общее затухание определяется следующей формулой:

$$\delta = Af + Bf^4d, \quad (8a)$$

где  $A$  и  $B$  — постоянные;  
 $f$  — частота колебаний.

Появление члена  $Af$  обусловлено упругим гистерезисом. Этот член имеет превалирующее значение на самых низких частотах при малых  $d$ .

Как показали проведенные эксперименты, для прозвучивания древесностружечных плит наиболее предпочтительны длины ультразвуковых волн 3—10 см; толщина же (ограничивающий размер) плит лежит в диапазоне 1,0—2—5 см. В этом случае длина ультразвуковых волн соизмерима и даже больше ограничивающих размеров среды ( $\lambda > d$ ). Для расчета скорости ультразвука в плите необходимо пользоваться выражением (5). Деформацию древесностружечной плиты можно рассматривать как деформацию упруго-вязкого материала. В этом случае в любой момент полная деформация складывается из упругой и пластической

$$\varepsilon = \varepsilon_y + \varepsilon_n, \quad (9)$$

здесь  $\varepsilon$  — полная деформация;  
 $\varepsilon_y$  — упругая деформация;  
 $\varepsilon_n$  — пластическая деформация.

Зависимость скорости деформации от свойств упруго-вязкого материала описывается известным выражением Максвелла

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = k \frac{d\sigma}{dt} + \frac{1}{\eta} \sigma, \quad (10)$$

где  $\frac{d\varepsilon}{dt}$  — скорость деформации материала;  
 $\sigma$  — возникающее напряжение;  
 $\frac{d\sigma}{dt}$  — скорость нагружения материала;  
 $k$  — коэффициент пропорциональности по закону Гука;  
 $\eta$  — коэффициент вязкости материала.

Принимая во внимание, что при ультразвуковых испытаниях нагрузка прикладывается в виде мгновенного импульса, с большой точностью можно считать, что скорость нагружения — величина постоянная. После математических преобразований выражение (10) принимает окончательный вид

$$\varepsilon = k\sigma + \frac{1}{2\eta} \cdot \frac{\sigma^2}{v}, \quad (11)$$

здесь  $v$  — скорость нагружения.

Импульсный ультразвуковой метод определения прочности древесностружечной плиты основан на распространении импульсных волн с малой амплитудой при малом времени воздействия входящего в плиту импульса. Напряжения, возникающие в плите, незначительны по сравнению с напряжениями при статических испытаниях. Скорость приложения импульса очень велика, а деформации очень малы. Принимая во внимание вышеуказанное, проанализируем уравнение (11).

Доля пластической деформации в полной деформации

$$\varepsilon_n = \frac{1}{2v} \cdot \frac{v^2}{v} ; \quad (12)$$

поскольку напряжение  $\sigma$  — величина незначительная при УЗВ испытаниях, а скорость  $v$  огромна, то пластическая деформация  $\varepsilon_n$  — величина очень малая и ею можно пренебречь. Тогда полная деформация

$$\varepsilon = k\sigma, \quad (13)$$

то есть при незначительных кратковременных нагрузках возникающие в плите напряжения вызывают деформации, пластической частью которых можно пренебречь; в основном, появляются лишь упругие деформации, пропорциональные напряжению, то есть подчиняющиеся закону Гука. Этот вывод подтверждается исследованиями, проведенными Е. Платхом и К. Альберсом [6], а также Ф. П. Белянкиным [2], [3].

Таким образом, распространяющиеся в древесностружечной плите волны при импульсных акустических испытаниях в общем случае можно считать упругими. Возникающие при этом напряжения не могут вызвать сколько-нибудь заметных образований микротрещин в плите, то есть практически эти напряжения не разрушают материала плиты.

Наиболее тесная корреляционная зависимость между прочностными показателями и скоростью распространения продольных ультразвуковых волн наблюдается при прозвучивании древесностружечных плит параллельно пласти. Точность импульсного ультразвукового метода определения прочностных показателей древесностружечных плит не выходит за пределы требований точности в деревообработке  $\pm 5\%$ . Импульсный ультразвуковой метод полностью применим для контроля прочности древесностружечных плит без их разрушения.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. О. Н. Бабиков. Ультразвук и его применение в промышленности. М., 1958. [2]. Ф. П. Белянкин. Деформативность и сопротивляемость древесины как упруго-вязко-пластического материала. Изд. АН УССР, Киев, 1957. [3]. Ф. П. Белянкин. Механические характеристики пластика. Изд. АН УССР, Киев, 1961. [4]. В. А. Красильников. Звуковые волны. Гостехиздат, 1954. [5]. Отчет по научно-исследовательской теме № 119 «Испытание и разработка методов неразрушающих испытаний древесностружечных плит». М., МЛТИ, 1969. [6]. E. Plath, K. Anders. Elastizität und Plastizität von Span- und Furnierplatten bei Druckbelastungen Senkrecht zur Plattenebene (Querdruckverhalten). «Holz Roh-und Werkstoff» № 9, 1969.

Поступила 9 ноября 1971 г.

УДК 674.023

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СТРУЖЕЧНОГО И БЕССТРУЖЕЧНОГО РЕЗАНИЯ

В. А. АЗАРЕНОК

Уральский лесотехнический институт

Приведены результаты исследования процесса стружечного и бесстружечного резания. Выявлены физическая картина и параметры резания при переходе от резания с крупной стружкой к бесстружечному резанию.

Процесс резания древесины с образованием тонкой стружки изучен достаточно полно [1], [2], но этого нельзя сказать о бесстружечном резании и о резании с образованием толстой стружки. С целью изучения этого процесса на кафедре механизации лесоразработок Ураль-

ского лесотехнического института под руководством проф. С. И. Рахманова проведена серия опытов на специально созданной экспериментальной установке, основой которой служила универсальная машина ГМС-50 (рис. 1). Задача исследований — найти для стружки критическую толщину, при которой стружечное резание переходит в бесстружечное, а также изучить характер распределения деформаций по длине отделяемой части древесины (стружки).

Образцы из древесины сосны сечением  $60 \times 100$  мм и влажностью 60—70% перерезали ножами, изготовленными из инструментальной стали У8А, толщиной 9 мм и углом заострения  $\beta$ , равным 15, 20, 30, 40 и 50°. С помощью осциллографа Н-700 записывали следующие величины: усилие резания  $P$ , кг; усилие затягивания (отжима)  $Q$ , кг; деформации  $\varepsilon$ , возникающие в древесине при бесстружечном резании, % (только для резцов при  $\beta$ , равном 20 и 30°); время и путь перемещения резца.

Сопrotивление резанию фиксировали реохордным датчиком, схема включения которого показана на рис. 2. Движок 1 соединен с самописцем силоизмерительного механизма универсальной машины ГМС-50; перемещение движка пропорционально усилию резания. Чтобы обеспечить линейную зависимость между выходным током и перемещением движка, значения постоянных сопротивлений  $R_2, R_3, R_4$  находили расчетным путем [5].

Усилие затягивания определяли с помощью проволочных тензодатчиков с базой 5 мм, наклеенных на тело резца и соединенных в полумост Уитстона.

В результате многократных нагружений было установлено, что остаточные деформации у резцов после снятия нагрузки практически отсутствуют.

При выборе средств для измерений деформаций древесины, возникающих при внедрении в нее резца, учитывали следующие основные характеристики приборов: пределы измерения деформаций, возможность автоматической регистрации сигнала и повторного использования измерительных средств. Наиболее полно этим требованиям отвечают резино-проволочные тензодатчики конструкции В. А. Пугина [4], позволяющие измерять большие деформации непосредственно на исследуемом образце (срезаемой стружке), а также допускающие многократность использования.

Резино-проволочный датчик представляет собой шнур диаметром 1,0 мм, на котором в определенном порядке намотана константановая проволока диаметром 0,02 мм с базой 300 мм и сопротивлением 200 ом.

Предварительно протарированные рабочие датчики приклеивали клеем, изготовленным из натурального каучука, на поверхность снимаемой стружки и соединяли с компенсационными датчиками в полумост Уитстона.

### Результаты экспериментов

Резание при крупной стружке. При проведении этой серии опытов использовали ножи с углами заострения 15, 20, 30 и 40°. Толщина снимаемого слоя увеличивалась до тех пор, пока стружечное резание не переходило в бесстружечное.

Обработка экспериментальных данных методом математической статистики [3] позволила установить зависимость усилия резания от толщины снимаемого слоя стружки (рис. 3)

$$P = a + bx + cx^2, \quad (1)$$

где  $P$  — максимальное усилие резания,  $\text{кГ}$ ;  
 $x$  — толщина стружки,  $\text{мм}$ ;  
 $a, b, c$  — эмпирические коэффициенты.

Из рис. 3 следует, что данная зависимость нарушается при толщине стружки свыше  $70 \text{ мм}$  (кроме резца с углом  $\beta = 15^\circ$ ). Это объясняется тем, что по мере увеличения угла заострения и толщины снимаемого слоя изменяется физическая сущность взаимодействия резца с древесиной.

При использовании резца с углом заточки  $15^\circ$  основной вид разрушения — скалывание древесины вдоль волокон по тангенциальной плоскости. Величину разрушающей силы, действующей вдоль волокон, в момент скалывания,  $\text{кГ}$ , можно определить по формуле

$$Q_{\text{ск}} = \tau_{\parallel} B \cdot S, \quad (2)$$

здесь  $\tau_{\parallel}$  — предел прочности древесины на скалывание вдоль волокон,  $\text{кГ/мм}^2$ ;

$B$  — ширина элемента по плоскости скалывания,  $\text{мм}$ ;

$S$  — толщина снимаемого слоя,  $\text{мм}$ .

С возрастанием толщины стружки увеличивается площадь скалывания, что и обуславливает рост усилия резания.

При перерезании древесины ножами с углом  $\beta > 20^\circ$  стружка разрушается не только силами, действующими вдоль волокон, но и силами, направленными перпендикулярно волокнам (по направлению движения резца). С увеличением угла заострения резца для одной и той же глубины внедрения соотношение между этими силами меняется. При толщине стружки более  $70 \text{ мм}$  перерезаемые волокна значительно сдвигаются в направлении внедрения резца, поэтому древесина разрушается не из-за скалывания вдоль волокон, а из-за растяжения поперек волокон. Вследствие этого силовые характеристики зависят, в основном, не от толщины стружки, а от глубины внедрения резца, при которой отделяются элементы деформированной части древесины.

Бесстружечное резание. В этой серии опыты применяли ножи с углами заострения  $15, 20, 30, 40$  и  $50^\circ$ . Эксперименты показали, что характер изменения усилий резания при внедрении резца остается постоянным независимо от его геометрических параметров. На рис. 4 представлена типичная диаграмма изменения усилия резания при увеличении угла заострения резца. На этой диаграмме можно выделить три основных участка.

На первом участке ( $0 - x_{\text{пр}}$ ) усилие резания растет пропорционально глубине внедрения резца. Для резцов с углами заточки  $15, 20$  и  $30^\circ$  такая закономерность наблюдается до полного внедрения клиновидной части ножа, то есть на пути

$$l = \frac{t_p}{\text{tg } \beta},$$

где  $t_p$  — толщина резца,  $\text{мм}$ ;

$\beta$  — угол заострения резца,  $\text{град}$ .

Для резцов с углами  $\beta = 40$  и  $50^\circ$

$$L = (1,5 \div 2,0) \frac{t_p}{\text{tg } \beta}.$$

На втором участке ( $x_{\text{пр}} - x_{\text{max}}$ ) линейная зависимость нарушается с последующим замедлением роста усилия резания по мере движения резца к середине перерезаемого образца. Объясняется это тем, что после внедрения резца на заостренную часть объем вытесняе-

мой древесины практически не изменяется, а только возрастает площадь соприкосновения тела резца с древесиной.

На третьем участке ( $x_{max}$ —полное перерезание образца) усилие резания уменьшается, так как силы, действующие на передней грани резца, отклоняют срезаемую стружку.

Рассмотренную закономерность изменения усилия резания от глубины внедрения резца можно описать уравнением вида

$$P = \left\{ \begin{array}{l} kx \\ a + b \lg x \end{array} \quad \begin{array}{l} x \leq x_{пр} \\ x_{пр} < x \leq x_{max}, \end{array} \right\} \quad (3)$$

где  $x$  — глубина внедрения резца, мм;  
 $x_{пр}$  — протяженность линейного участка диаграммы, мм;  
 $x_{max}$  — путь резца до момента возникновения максимального усилия резания, мм;  
 $a$  и  $b$  — эмпирические коэффициенты.

На рис. 5 показана зависимость усилия резания, приходящегося на 1 см ширины перерезаемого образца, от угла заострения резца. Наименьшее усилие соответствует углу  $\beta = 30^\circ$ . При угле заострения больше  $30^\circ$  усилие возрастает из-за значительного сдвига волокон в направлении внедрения резца. Вначале древесина пресуется ножом, а потом перерезается. Уменьшение угла заострения резца увеличивает площадь заостренной части, что и обуславливает возрастание общего сопротивления внедрению резца.

При таком резании волокна древесины расслаиваются, особенно прилегающие к передней грани резца. Зона расслоения увеличивается с ростом угла заострения и толщины резца.

Величина критической толщины стружки, при которой снимаемый слой разрушается только в месте внедрения резца, зависит от физико-механических свойств древесины и геометрических параметров резца (рис. 6). При дальнейшем увеличении толщины снимаемого слоя усилие резания не возрастает, так как физическая картина взаимодействия резца с древесиной не меняется. Отделяемую в последнем случае часть древесины можно рассматривать как своеобразную стружку, не разрушенную деформациями. Для изучения картины распределения этих деформаций резино-проволочные датчики устанавливали по всей длине срезаемой стружки.

На основании проведенных опытов были определены значения деформаций древесины по мере удаления от места внедрения резца (рис. 7). Из рис. 7 видно, что с ростом угла заострения величина сжимающих деформаций увеличивается. Растягивающие деформации практически не зависят от угла заострения, так как их величина обуславливается способностью к деформированию вещества, склеивающего оболочки клеток (при перерезании стружки толщиной, равной критической для данного резца).

### Выводы

1. При резании с отделением стружки снимаемый слой разрушается от скалывания вдоль волокон древесины и от растяжения поперек волокон. Возможно резание без разрушения стружки; при этом толщина снимаемого слоя должна быть не менее критической величины.

2. Усилие резания возрастает с увеличением угла заострения и толщины стружки. Однако при изменении этих двух основных факторов их влияние на усилие резания происходит не в одинаковой сте-

пени, вследствие этого величина оптимального угла заострения по мере роста толщины стружки не остается постоянной.

3. При бесстружечном резании в отделяемой части древесины возникают значительные по величине сжимающие и растягивающие деформации.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. А. Л. Бершадский. Резание древесины. Гослесбумиздат, 1958. [2]. С. А. Воскресенский. Резание древесины. Гослесбумиздат, 1955. [3]. А. К. Митропольский. Техника статистического исчисления. Сельхозгиз, 1931. [4]. В. А. Пугин. Авторское свидетельство № 114283, 1958. [5]. Д. М. Тасьман, Н. И. Гедз. Применение тензометрии в лесной промышленности. Изд-во «Лесная промышленность», 1965.

Поступила 13 июля 1971 г.

УДК 674.023

### ИССЛЕДОВАНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ РЕЗАНИИ ДРЕВЕСИНЫ

В. К. МУРГА, Е. Г. ИВАНОВСКИЙ

Ленинградская лесотехническая академия

Показано, что шероховатость поверхности зависит, в основном, от угла встречи с волокнами, толщины стружки и угла между направлением волокон и режущей кромкой. Получены уравнения регрессии, по которым определяется шероховатость поверхности при различных режимах резания древесины.

На кафедре станков и инструментов ЛТА в 1970 г. были проведены исследования влияния большого количества факторов на шероховатость поверхности при различных видах резания древесины. Постоянные условия опытов (рис. 1): порода древесины — сосна при влажности  $W = 10\%$  и количестве годичных слоев на  $1\text{ см } n = 8 \div 11$ , скорость резания  $v = 0,1\text{ м/сек}$ ; задний угол реза  $\alpha = 5^\circ$ ; составленный вектором скорости  $v$  с режущей кромкой,  $\varphi_{вк} = 90^\circ$ ; резание полузакрытое. Переменные факторы: толщина стружки  $e$ , мм; радиус кривизны лезвия реза  $\rho$ , мк; тол резания  $\delta$ , град; угол встречи с волокнами  $\gamma_1$ , град; угол между направлением волокон и режущей кромкой  $\gamma_3$ , град; составленный вектором скорости и плоскостью, касательной к годичному слою,  $\psi_b$ , град.

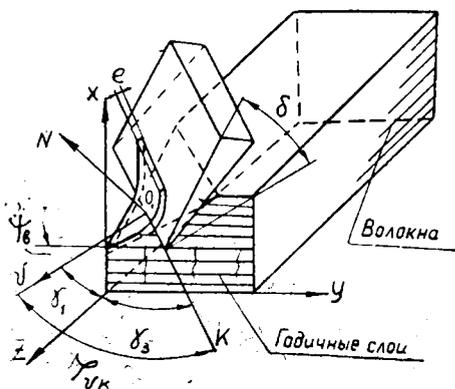


Рис. 1.

Ввиду большого количества факторов, оказывающих влияние на шероховатость поверхности, для исследований принят статистический метод планирования экспериментов, при котором одновременно варьируют несколько переменных, что уменьшает число опытов [4].

Переменные величины варьировали на пяти уровнях в следующих пределах:

$$0,10 \text{ мм} \leq e \leq 0,66 \text{ мм}; \quad 3 \text{ мк} \leq \rho \leq 87 \text{ мк}; \quad 43^\circ \leq \delta \leq 77^\circ;$$

$$0^\circ \leq \gamma_1 \leq 90^\circ; \quad 0^\circ \leq \gamma_3 \leq 90^\circ; \quad 0^\circ \leq \psi_B \leq 90^\circ.$$

Критерием для оценки шероховатости поверхности при резании древесины принята наибольшая высота неровностей  $H_{max \text{ ср}}$ .

В основу плана эксперимента положено центральное композиционное рототабельное планирование второго порядка. План включал в себя 91 вариант опытов, из них 64 варианта — полный факторный эксперимент, учитывающей линейные эффекты; 15 опытов — в центре эксперимента и 12 опытов — в звездных точках с величиной плеча  $\alpha = 2,828$ . Методическая сетка опытов для фактических переменных представлена в табл. 1. Чтобы исключить систематические ошибки, порядок проведения опытов осуществляли в соответствии с таблицей случайных чисел [1], [3].

Таблица 1

№ п/п	Переменные						№ п/п	Переменные					
	$e$ , мм	$\rho$ , мк	$\delta$ , град	$\gamma_1$ , град	$\gamma_3$ , град	$\psi_B$ , град		$e$ , мм	$\rho$ , мк	$\delta$ , град	$\gamma_1$ , град	$\gamma_3$ , град	$\psi_B$ , град
1	0,28	30	54	29	29	29	41	0,28	30	54	61	29	61
2	0,48	30	54	29	29	29	42	0,48	30	54	61	29	61
3	0,28	60	54	29	29	29	43	0,28	60	54	61	29	61
4	0,48	60	54	29	29	29	44	0,48	60	54	61	29	61
5	0,28	30	66	29	29	29	45	0,28	30	66	61	29	61
6	0,48	30	66	29	29	29	46	0,48	30	66	61	29	61
7	0,28	60	66	29	29	29	47	0,28	60	66	61	29	61
8	0,48	60	66	29	29	29	48	0,48	60	66	61	29	61
9	0,28	30	54	61	29	29	49	0,28	30	54	29	61	61
10	0,48	30	54	61	29	29	50	0,48	30	54	29	61	61
11	0,28	60	54	61	29	29	51	0,28	60	54	29	61	61
12	0,48	60	54	61	29	29	52	0,48	60	54	29	61	61
13	0,28	30	66	61	29	29	53	0,28	30	66	29	61	61
14	0,48	30	66	61	29	29	54	0,48	30	66	29	61	61
15	0,28	60	66	61	29	29	55	0,28	60	66	29	61	61
16	0,48	60	66	61	29	29	56	0,48	60	66	29	61	61
17	0,28	30	54	29	61	29	57	0,28	30	54	61	61	61
18	0,48	30	54	29	61	29	58	0,48	30	54	61	61	61
19	0,28	60	54	29	61	29	59	0,28	60	54	61	61	61
20	0,48	60	54	29	61	29	60	0,48	60	54	61	61	61
21	0,28	30	66	29	61	29	61	0,28	30	66	61	61	61
22	0,48	30	66	29	61	29	62	0,48	30	66	61	61	61
23	0,28	60	66	29	61	29	63	0,28	60	66	61	61	61
24	0,48	60	66	29	61	29	64	0,48	60	66	61	61	61
25	0,28	30	54	61	61	29	65	0,48	60	66	61	61	61
26	0,48	30	54	61	61	29		0,38	45	60	45	45	45
27	0,28	60	54	61	61	29	79	0,38	45	60	45	45	45
28	0,48	60	54	61	61	29	80	0,10	45	60	45	45	45
29	0,28	30	66	61	61	29	81	0,66	45	60	45	45	45
30	0,48	30	66	61	61	29	82	0,38	3	60	45	45	45
31	0,28	60	66	61	61	29	83	0,38	87	60	45	45	45
32	0,48	60	66	61	61	29	84	0,38	45	43	45	45	45
33	0,28	30	54	29	29	61	85	0,38	45	77	45	45	45
34	0,48	30	54	29	29	61	86	0,38	45	60	0	45	45
35	0,28	60	54	29	29	61	87	0,38	45	60	90	45	45
36	0,48	60	54	29	29	61	88	0,38	45	60	45	0	45
37	0,28	30	66	29	29	61	89	0,38	45	60	45	90	45
38	0,48	30	66	29	29	61	90	0,38	45	60	45	45	0
39	0,28	60	66	29	29	61	91	0,38	45	60	45	45	90
40	0,48	60	66	29	29	61							

При переходе от фактических переменных к условным использовали выражения

$$x_1 = \frac{e - 0,38}{0,10}; \quad x_2 = \frac{p - 45}{1,5}; \quad x_3 = \frac{\delta - 60}{6};$$

$$x_4 = \frac{\gamma_1 - 45}{1,9}; \quad x_5 = \frac{\gamma_3 - 45}{15,9}; \quad x_6 = \frac{\psi_n - 45}{15,9}.$$

Опыты проводили на специальной экспериментальной установке на базе плоскошлифовального станка по металлу [2]. Неровности поверхностей резания измеряли профилографом ТСП-4, встроенным в установку. Образец размерами  $120 \times 40 \times 5$  мм закрепляли в плоскопараллельных тисках, установленных на столе станка. Число образцов соответствовало числу вариантов опытов 91. Структурные условия задавали при выпилке образцов с помощью направляющих косинусов [2]. Резцы были изготовлены из углеродистой стали марки У8А. Затачивали их на ножеточильном автомате и на специальном станке с брусками «микрокорунд» в мыльной воде доводили до 10-го класса чистоты граней (по ГОСТу 2787—51), а радиус кривизны лезвия  $\rho$  до 3 мк. Резцы затупляли на доводочных брусках. За состоянием лезвия резца наблюдали под микроскопом.

Необходимое число повторений опыта устанавливали, исходя из показателя точности измерений и вариационного коэффициента. В каждом опыте на поверхности резания измеряли шесть максимальных неровностей. Среднеарифметическое значение этих замеров принимали в расчетах при определении статистических показателей. Число повторений опытов  $n = 21 \div 22$ .

Предварительные опыты, поставленные с целью выявления достаточного количества повторений при исследовании шероховатости поверхности, показали, что высота неровностей стабилизируется после срезания третьей стружки (при  $n = 21$ ,  $p \leq 2,31\%$ ); на образцах толщиной 5 мм при сложных видах резания (когда  $\gamma_1 \neq 0^\circ$ ,  $\gamma_3 \neq 0^\circ$ ,  $\psi_n \neq 0^\circ$ ) открытым резанием опыты проводить нельзя. В этом случае большое влияние на чистоту поверхности оказывают краевые условия, причем односторонне. Введение полузакрытого резания, как показали предварительные опыты, позволяет проводить эксперименты всех вариантов при ширине снимаемого слоя 3 мм.

Обработка опытных данных была выполнена на электронной клавишной вычислительной машине «Вега».

В результате статистической обработки измерений величин  $H = y$  было установлено, что при выбранном числе опытов и их повторениях ( $n = 21 \div 22$ ) показатель точности измерений  $p \leq 2,31\%$ ; коэффициент вариации  $v \leq 10,8\%$ ; однородность дисперсии с 5%-ным уровнем значимости.

Закон распределения величины  $y = H_{max}$  удовлетворяет критериям А. Н. Колмогорова, К. Пирсона и показателям асимметрии и эксцесса [1], [3], [5].

Уравнение регрессии при шести независимых переменных имеет вид

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5 + b_6x_6 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 +$$

$$+ b_{33}x_3^2 + b_{44}x_4^2 + b_{55}x_5^2 + b_{66}x_6^2 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{14}x_1x_4 +$$

$$+ b_{15}x_1x_5 + b_{16}x_1x_6 + b_{23}x_2x_3 + b_{24}x_2x_4 + b_{25}x_2x_5 + b_{26}x_2x_6 + b_{34}x_3x_4 +$$

$$+ b_{35}x_3x_5 + b_{36}x_3x_6 + b_{45}x_4x_5 + b_{46}x_4x_6 + b_{56}x_5x_6, \quad (1)$$

где  $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6$  — условные независимые переменные.

В результате произведенных расчетов [4] получили следующие коэффициенты регрессии:

$$\begin{aligned}
 b_0 &= 909; b_1 = 60; b_2 = 28; b_3 = 4,2; b_4 = 131,4; b_5 = 22; b_6 = -0,7; \\
 b_{11} &= -8,3; b_{22} = 2,3; b_{33} = 13,4; b_{44} = -27; b_{55} = -26; b_{66} = -0,9; \\
 b_{12} &= 12,3; b_{13} = 35,2; b_{14} = -14,2; b_{15} = 5; b_{16} = 4,6; b_{23} = 1,7; \\
 b_{24} &= -11,3; b_{25} = 1,7; b_{26} = 10,1; b_{34} = -16,4; b_{35} = 13; \\
 b_{36} &= 2,91; b_{45} = -1,2; b_{46} = -8,9; b_{56} = -2,53.
 \end{aligned}$$

Ошибки в определении коэффициентов регрессии

$$S\{b_0\} = 23,4; S\{b_i\} = 10,5; S\{b_{ii}\} = 8,58; S\{b_{ij}\} = 11,7.$$

Значимость коэффициентов регрессии  $b_i$  и  $b_{ij}$  определяли по  $t$ -критерию [4], коэффициентов  $b_{ii}$  — по проверке уравнения регрессии на адекватность без членов с  $b_{ii}$ .

Уравнение регрессии (1) с учетом только значимых коэффициентов имеет вид

$$y = 909 + 60x_1 + 28x_2 + 131,4x_4 + 22x_5 - 27x_4^2 - 26x_5^2 + 35,2x_1x_3. \quad (2)$$

Выражение (2) в удобном для вычислений виде выглядит так:

$$\begin{aligned}
 H &= 909 + 60 \frac{e - 0,38}{0,10} + 28 \frac{\rho - 45}{15} + 131,4 \frac{\gamma - 45}{15,9} + 22 \frac{\delta - 45}{15,9} - \\
 &- 27 \left( \frac{\gamma - 45}{15,9} \right)^2 - 26 \left( \frac{\delta - 45}{15,9} \right)^2 + 35,2 \left( \frac{e - 0,38}{0,10} \right) \left( \frac{\delta - 60}{6} \right). \quad (3)
 \end{aligned}$$

где  $H = y$  — глубина неровностей разрушения,  $мк$ .

Регрессионным анализом [4] установлено, что модель второго порядка адекватна при 5%-ном уровне значимости

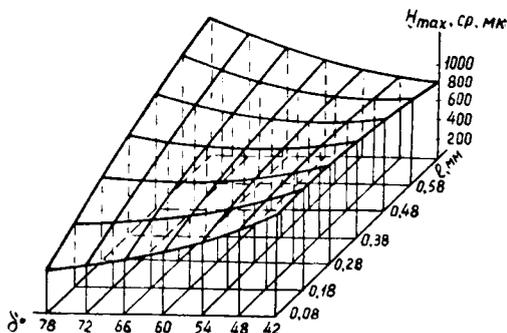
$$F = 1,58 < F_{0,05}(49; 14) = 2,13.$$

Согласно уравнению (2), из всех исследуемых переменных самое большое влияние на  $y$  оказывает величина  $x_4$  ( $b_4 = 131,4$ ), которая соответствует углу встречи с волокнами  $\gamma$ . Влияние  $\gamma$  на  $y$  нелинейно ( $b_{44} = -27$ ). Второй по значению фактор, влияющий на шероховатость поверхности, —  $x_1$ , то есть толщина стружки  $e$  ( $b_1 = 60$ ). Влияние  $e$  на  $y$  нелинейно ( $b_{11} = -8,3$ ).

Далее по степени влияния на шероховатость поверхности резания факторы располагаются в следующем порядке: угол между направлением волокон и режущей кромкой  $\gamma$ ; радиус кривизны режущей кромки  $\rho$ , причем влияние этого фактора практически линейно ( $b_{22} = 2,3$ ).

Влияние угла резания  $\delta$  и угла встречи с годовыми кольцами  $\psi$  на  $y$  незначительно ( $b_{33}$ ,  $b_3$ ,  $b_6$  и  $b_{66}$  относительно малы).

Рис. 2. Зависимость глубины неровностей  $H_{max, ср}$  от толщины стружки  $e$  и угла резания  $\delta$  при  $\rho = 45$   $мк$ ;  
 $\gamma = \gamma_3 = 45^\circ$ ;  $\psi = 45^\circ$ .



Из всех парных взаимодействий, входящих в уравнение (1), внимания заслуживает  $x_1x_3$ ; это взаимодействие отражает совместное влияние толщины стружки  $e$  и угла резания  $\delta$  на шероховатость поверхности резания (рис. 2). С увеличением  $e$  и  $\delta$  выходная величина  $y$  возрастает ( $b_{13} = 35,2$ ). Влияние остальных взаимодействий на величину неровностей незначительно.

### Выводы

1. Установлена зависимость между высотой неровностей  $H_{max}$  и структурными условиями древесины ( $\gamma_1, \gamma_3, \psi_B$ ), выраженная в виде уравнений регрессии (1)—(3).

2. Выявлено, что важнейший фактор, влияющий на шероховатость поверхности при резании древесины, — структурный  $\gamma_1$ ; это угол встречи с волокнами. При его изменении от 0 до 90° глубина неровностей разрушения возросла на 740 мк.

3. При увеличении толщины стружки от 0,1 до 0,66 мм неровности возросли на 340 мк; с повышением радиуса затупления резца от 3 до 87 мк неровности увеличились на 160 мк.

4. Применение многофакторного планирования эксперимента позволило сократить объем экспериментальных работ в пять раз.

5. Полученное уравнение зависимости глубины неровностей разрушения от величин  $e, \rho, \delta, \gamma_1, \gamma_3, \psi_B$  можно использовать при разработке оптимальных режимов резания древесины хвойных пород, проектировании станков, а также при составлении руководящих технических материалов (РТМ).

### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. М. Длин. Математическая статистика в технике. Изд-во «Советская наука», 1958. [2]. Е. Г. Ивановский и др. Исследование процесса образования поверхностей в древесине при резании. Отчет по теме 1806. Раздел 1, НИС ЛТА, 1969. [3]. Н. Л. Леонтьев. Техника статистических вычислений. Изд-во «Лесная промышленность», 1966. [4]. В. В. Налимов, Н. А. Чернова. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. М., Изд-во «Наука», 1965. [5]. Н. В. Смирнов, И. В. Дунин-Барковский. Курс теории вероятностей и математической статистики. Изд-во «Наука», 1965.

Поступила 26 января 1971 г.

УДК 634.0.812

## О РАСЧЕТЕ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ КОЛЬЦЕВЫХ ЗОН ВНУТРИ НЕОГРАНИЧЕННОГО ЦИЛИНДРА ПРИ НЕСТАЦИОНАРНОМ ТЕМПЕРАТУРНОМ ПОЛЕ

В. А. МИШИН

Свердловский НИИ переработки древесины

Путем интегрирования количества тепла, приданного элементарному объему, по объему кольцевой зоны определена интегральная температура кольцевой зоны внутри однородного неограниченного цилиндра. Из выражения интегральной температуры выведена формула для определения интегрального температурного критерия.

Для решения некоторых задач по тепловой обработке цилиндрических тел необходимо знать интегральную температуру кольцевых или цилиндрических зон внутри однородного неограниченного цилиндра. Под интегральной температурой подразумевается такая температура,

которую имела бы интересующая нас зона, если бы все количество тепла, полученное этой зоной за время  $\tau$ , было распределено равномерно по ее объему.

Б. С. Чудиновым [1] выведена расчетная формула определения интегральной температуры всего цилиндра для случая, когда тепловой процесс происходит при граничных условиях первого рода,

$$K_n = 4 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{e^{-m_n^2 Fo}}{m_n^2} \quad (1)$$

где  $K_n$  — интегральный температурный критерий;  
 $m_n$  — нули функций Бесселя;  
 $Fo$  — критерий Фурье.

$$K_n = \frac{t_c - t_n}{t_c - t_0} \quad (2)$$

здесь  $t_c$  — температура окружающей среды;  
 $t_0$  — начальная температура тела;  
 $t_n$  — интегральная температура тела.

Формула (1) позволяет найти интегральную температуру всего цилиндра, но с ее помощью нельзя вычислить интегральные температуры кольцевых зон внутри цилиндра, поэтому, используя примененную Б. С. Чудиновым для вывода уравнения (1) методику, найдем расчетную формулу для определения интегральной температуры любой кольцевой или цилиндрической зоны, расположенной внутри однородного неограниченного цилиндра, подвергавшегося тепловой обработке при граничных условиях первого рода. На рис. 1 изображен разрез цилиндра радиусом  $R$  и длиной  $l$ . Интересующая нас кольцевая зона, интегральную температуру которой необходимо определить, ограничена радиусами  $r$  и  $\rho$ . Внутри этой зоны выделим элементарный слой толщиной  $dx$ , текущий радиус которого обозначим через  $x$ .

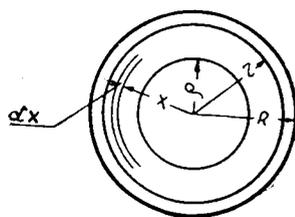


Рис. 1.

Элементарный объем трубки радиуса  $x$  с толщиной стенки  $dx$  определится из следующего выражения:

$$dv = 2\pi l x dx \quad (3)$$

Пусть этот элементарный объем нагрет до температуры  $t_x$ . Тогда количество тепла, сообщенное этому объему,

$$dQ = c \rho' dv t_x \quad (4)$$

где  $c$  — удельная теплоемкость тела;  
 $\rho'$  — плотность тела.

Чтобы определить полное количество тепла, сообщенное кольцевой зоне, ограниченной радиусами  $r$  и  $\rho$ , следует найденное для элементарного объема выражение  $dQ$  проинтегрировать по всей площади поперечного сечения кольца

$$Q = \int_{\rho}^r dQ = \int_{\rho}^r c \rho' 2\pi l t_x x dx \quad (5)$$

Это же количество тепла можно найти по интегральной температуре из выражения

$$Q = c\rho'\pi l(r^2 - \rho^2)t_n. \quad (6)$$

Приравняв правые части уравнений (5) и (6) и решив полученное равенство относительно  $t_n$ , получим

$$t_n = \frac{2}{r^2 - \rho^2} \int_{\rho}^r t_x x dx. \quad (7)$$

Используем следующие выражения для определения температурного критерия нестационарного температурного поля цилиндрических сортиментов, выведенные Б. С. Чудиновым [1]:

$$K = \frac{t_c - t_x}{t_c - t_n}; \quad (8)$$

$$K = 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{I_0\left(m_n \frac{x}{R}\right)}{m_n I_1(m_n)} e^{-m_n^2 Fo} \quad (9)$$

где  $I_0$  и  $I_1$  — функции Бесселя нулевого и первого порядков.

Из уравнения (8) получаем

$$t_x = t_c - K(t_c - t_0). \quad (10)$$

Подставив значение  $t_x$  в уравнение (7), имеем

$$t_n = \frac{2}{r^2 - \rho^2} \int_{\rho}^r [t_c - K(t_c - t_0)] x dx, \quad (11)$$

откуда

$$t_n = \frac{2t_c}{r^2 - \rho^2} \int_{\rho}^r x dx - \frac{2(t_c - t_0)}{r^2 - \rho^2} \int_{\rho}^r K x dx.$$

Подставив в полученное выражение значение  $K$  из уравнения (9), находим

$$t_n = \frac{2t_c}{r^2 - \rho^2} \int_{\rho}^r x dx - \frac{4(t_c - t_0)}{r^2 - \rho^2} \int_{\rho}^r \sum_{n=1}^{\infty} \frac{I_0\left(m_n \frac{x}{R}\right)}{m_n I_1(m_n)} e^{-m_n^2 Fo} x dx. \quad (12)$$

При решении первого интеграла в выражении (12) получим

$$\frac{2t_c}{r^2 - \rho^2} \int_{\rho}^r x dx = \frac{2t_c}{r^2 - \rho^2} \left[ \frac{x^2}{2} \right]_{\rho}^r = \frac{2t_c(r^2 - \rho^2)}{(r^2 - \rho^2) \cdot 2} = t_c. \quad (13)$$

Решение второго интеграла в уравнении (12) значительно сложнее

$$\begin{aligned} & \frac{4(t_c - t_0)}{r^2 - \rho^2} \int_{\rho}^r \sum_{n=1}^{\infty} \frac{I_0\left(m_n \frac{x}{R}\right)}{m_n I_1(m_n)} e^{-m_n^2 Fo} x dx \\ &= \frac{4(t_c - t_0)}{r^2 - \rho^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{e^{-m_n^2 Fo}}{m_n I_1(m_n)} \int_{\rho}^r I_0\left(m_n \frac{x}{R}\right) x dx. \end{aligned} \quad (14)$$

Из литературных источников [2] известно решение интеграла вида

$$\int z^{\nu+1} I_{\nu}(z) dz = z^{\nu+1} I_{\nu+1}(z), \quad (15)$$

где  $I_{\nu}(z)$  — функция Бесселя соответствующего порядка.

Интеграл в выражении (14) приведем к виду уравнения (15). Для этого сделаем следующую подстановку:

$$z = m_n \frac{x}{R}, \quad (16)$$

тогда

$$\begin{aligned} \int_{\rho}^r I_0\left(m_n \frac{x}{R}\right) x dx &= \int_{\rho}^r I_0(z) \frac{R}{m_n} \cdot z d\left(\frac{R}{m_n} \cdot z\right) = \\ &= \frac{R^2}{m_n^2} \int_{\rho}^r z I_0(z) dz = \frac{R^2}{m_n^2} \left[ z I_1(z) \right]. \end{aligned} \quad (17)$$

Подставив в выражение (17) значение  $z$  из равенства (16), получим

$$\begin{aligned} \frac{R^2}{m_n^2} \left[ z I_1(z) \right] &= \frac{R^2}{m_n^2} \left[ m_n \frac{x}{R} I_1\left(m_n \frac{x}{R}\right) \right] = \\ &= \frac{R^2}{m_n} \left[ \frac{r}{R} I_1\left(m_n \frac{r}{R}\right) - \frac{\rho}{R} I_1\left(m_n \frac{\rho}{R}\right) \right]. \end{aligned} \quad (18)$$

Полученное решение интеграла подставляем в уравнение (14)

$$\begin{aligned} \frac{4(t_c - t_0)}{r^2 - \rho^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{e^{-m_n^2 Fo}}{m_n I_1(m_n)} \int_{\rho}^r I_0\left(m_n \frac{x}{R}\right) x dx = \\ = \frac{4(t_c - t_0)}{\left(\frac{r}{R}\right)^2 - \left(\frac{\rho}{R}\right)^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{e^{-m_n^2 Fo}}{m_n^2 I_1(m_n)} \left[ \frac{r}{R} I_1\left(m_n \frac{r}{R}\right) - \frac{\rho}{R} I_1\left(m_n \frac{\rho}{R}\right) \right]. \end{aligned} \quad (19)$$

Выражение (19) — решение второго интеграла в уравнении (12). Подставив выражения (13) и (19) в уравнение (12), получим

$$\begin{aligned} t_{ii} = t_c - \frac{4(t_c - t_0)}{\left(\frac{r}{R}\right)^2 - \left(\frac{\rho}{R}\right)^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{e^{-m_n^2 Fo}}{m_n^2 I_1(m_n)} \left[ \frac{r}{R} I_1\left(m_n \frac{r}{R}\right) - \right. \\ \left. - \frac{\rho}{R} I_1\left(m_n \frac{\rho}{R}\right) \right]. \end{aligned} \quad (20)$$

Используя выражение (2) для  $K_n$  в окончательном виде, получаем уравнение интегрального температурного критерия для любой кольцевой или цилиндрической зоны внутри цилиндра

$$\begin{aligned} K_n = \frac{4}{\left(\frac{r}{R}\right)^2 - \left(\frac{\rho}{R}\right)^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{e^{-m_n^2 Fo}}{m_n^2 I_1(m_n)} \left[ \frac{r}{R} I_1\left(m_n \frac{r}{R}\right) - \right. \\ \left. - \frac{\rho}{R} I_1\left(m_n \frac{\rho}{R}\right) \right]. \end{aligned} \quad (21)$$

Анализ уравнения (21) показывает, что, придавая различные значения отношениям  $\frac{r}{R}$  и  $\frac{\rho}{R}$ , можно получить (при данном  $F_0$ ) величину интегрального температурного критерия как для любой цилиндрической зоны внутри цилиндра (в этом случае  $\frac{\rho}{R} = 0$ , а  $\frac{r}{R}$  может принимать значения от 0 до 1), так и для любой кольцевой зоны, ограниченной радиусами  $r$  и  $\rho$ , которые могут принимать значения от 0 до  $R$ . В том случае, когда  $\rho=0$  и  $r=R$ , выражение (21) приводится к формуле (1), так как знаменатель члена перед знаком  $\Sigma$  превращается в 1, а выражение в квадратных скобках получает вид  $I_1(m_n)$  и сокращается с аналогичным членом в знаменателе. Такое видоизменение формулы (21) справедливо, так как при  $\rho=0$  и  $r=R$  должен быть определен интегральный температурный критерий для всего цилиндра. Наконец, при значениях  $\rho=r$  выражение (21) превращается в неопределенность типа  $K_n = \frac{0}{0}$ . Физический смысл полученной неопределенности раскрывается следующим образом: при  $r=\rho$  кольцевая зона превращается в геометрическое место точек, определяемых радиусом  $r$  или  $\rho$ , и интегральный температурный критерий превращается в температурный критерий, найденный для данного отношения  $\frac{r}{R}$  из выражения (9).

Следовательно, уравнение (21) — общее для отыскания обычного температурного и интегрального температурного критериев, а уравнения (1) и (9) — его частные случаи.

Графически уравнение (21) можно представить пространственной номограммой, построенной в осях, на которых откладываются три какие-либо переменные, например,  $F_0$ ,  $\frac{\rho}{R}$  и  $K_n$ , и четвертая переменная  $\frac{r}{R}$  для каждого ее численного значения характеризуется поверхностью сложной формы.

Использование пространственной номограммы для практических расчетов значительно затруднено и может привести к большим погрешностям, поэтому мы предлагаем ряд графиков (рис. 2), каждый из которых — частное решение уравнения (21) при каком-либо фиксированном значении  $F_0$ . Диапазон величин  $F_0 = 0,005 \div 0,5$  взят для наиболее типичных его значений при оттаивании заболони пиловочных бревен хвойных пород. Подставляя соответствующие значения  $\frac{r}{R}$  и  $\frac{\rho}{R}$  в уравнение (21), по предложенным графикам можно определить: 1) интегральный температурный критерий для любых цилиндрических зон внутри цилиндра (при  $\frac{\rho}{R} = 0$  и соответствующем значении  $\frac{r}{R}$ ) вплоть до интегрального критерия для полного цилиндра (при  $\frac{\rho}{R} = 0$  и  $\frac{r}{R} = 1$ ); 2) интегральный температурный критерий для любых кольцевых зон внутри цилиндра (при соответствующих значениях  $\frac{\rho}{R}$  и  $\frac{r}{R}$ ); 3) температурный критерий для любой точки внутри цилиндра (для любого отношения  $\frac{r}{R}$  при  $\rho=r$ ).

Таким образом, графики рис. 2 — обобщенные для уравнений (1), (9) и (21) и дают возможность быстро и достаточно точно определять как интегральный, так и обычный температурные критерии для всех перечисленных выше условий.

## ЛИТЕРАТУРА

[1]. Б. С. Чудинов. Теория тепловой обработки древесины. Изд-во «Наука», М., 1968. [2]. Е. Янке и др. Специальные функции. Изд-во «Наука», М., 1968.

Поступила 23 июля 1970 г.

УДК 674-419.4

## КОНТРОЛЬ МОДУЛЯ УПРУГОСТИ ДРЕВЕСНЫХ ПЛИТНЫХ ПЛАСТИКОВ БЕЗ СВЯЗУЮЩИХ ИМПУЛЬСНЫМ АКУСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

В. Н. ПЕТРИ, Ю. М. ЗЕЛЬДИН

Уральский лесотехнический институт

А. И. ПОТАПОВ

Ленинградский инженерно-строительный институт

Проведены исследования по применению импульсного акустического метода для определения модулей упругости плитных лигноуглеводных древесных пластиков без связующих. Приведена методика экспериментального исследования.

В отраслевой лаборатории по применению пластмасс в строительстве при Ленинградском инженерно-строительном институте проведены исследования по применению импульсного акустического метода для определения модулей упругости плитных лигноуглеводных древесных пластиков без связующих (ЛУДП)\*. Пластики используются для устройства полов в жилых и гражданских зданиях. Нами исследованы ЛУДП из дробленых еловых лесосечных отходов (нефанерованные); из лиственничных опилок с фанерованием лиственничным шпоном\*\*; пластики из пробковой ткани коры березы — бересты\*\*\*.

В табл. 1 приведены режимы прессования и физико-механические свойства древесных пластиков.

Таблица 1

Материал	Температура плит. пресса, °С	Исходная влажность материала, %	Продолжительность горячего прессования, мин.мм	Объемный вес, г/см <sup>3</sup>	Предел прочности при статическом изгибе, кг/см <sup>2</sup>	Водопоглощение, %	Разбухание, %
ЛУДП из дробленых еловых лесосечных отходов (нефанерованные)	160	19	1,0	1,20	180	10,2	10,0
ЛУДП из дробленых еловых лесосечных отходов с фанерованием лиственничным шпоном	150	21	1,0	1,28	400	10,5	11,5
Пластики из бересты	160	4	2,0	0,90	—	4,5	1,0

Примечание. Давление прессования во всех случаях 25 кг/см<sup>2</sup>.

\* Труды Уральского лесотехнического института, № 20, 1968.

\*\* ЛУДП (фанерованные и нефанерованные) изготовлены на промышленном оборудовании цеха древесных пластиков Шармарского ЛПХ Свердловской области.

\*\*\* Пластики получены в лаборатории древесностружечных плит Алапаевского ДСК; автор технологии изготовления пластиков — инж. А. В. Дружинин.

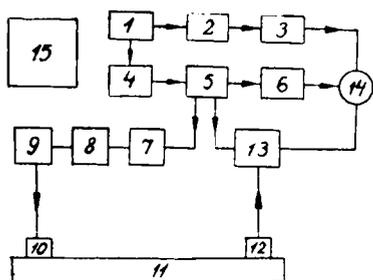


Рис. 1.

1 — задающий генератор; 2 — блок задержки развертки; 3 — генератор развертки; 4 — электронный коммутатор; 5 — согласующий каскад; 6 — блок масштабных сеток; 7 — каскад задержки генератора импульсов; 8 — генератор импульсов; 9 — усилитель импульсов; 10 — излучатель ультразвуковых колебаний; 11 — исследуемая среда; 12 — приемник; 13 — усилитель; 14 — электронно-лучевая трубка; 15 — блок питания.

Модуль упругости используют в расчетах на жесткость, деформативность, для контроля за качеством выпускаемой продукции, а также для характеристики в определенной степени акустических свойств пластиков. Для определения модуля упругости непосредственно в изделиях и конструкциях наиболее пригоден импульсный акустический метод.

Для опытов брали образцы плит прямоугольной и квадратной форм. Размеры:  $200 \times 200$  мм при средней толщине 11,2 мм для ЛУДП (нефанерованных) из еловых лесосечных отходов;  $197 \times 147$  мм при средней толщине 11,2 мм для ЛУДП (фанерованных листовенным шпоном) из листовенных опилок;  $200 \times 310$  мм при средней толщине 10,4 мм для древесных пластиков из бересты. Модуль упругости этих материалов определяли по значениям скорости распространения упругих волн. Для измерения скорости использовали импульсный ультразвуковой прибор. Блок-схема измерения приведена на рис. 1.

Материал	№ плит	Данные				
		$E_1$				
		$n$	$M, \text{ кг/см}^2$	$\sigma, \text{ кг/см}^2$	$m, \text{ кг/см}^2$	$V, \%$
ЛУДП из еловых лесосечных отходов, нефанерованные	I	16	8360	1080	270	12,90
	II	16	8205	1100	375	18,25
	III	16	8400	844	211	10,00
Пластики из бересты	I	24	6791	1072	219	15,80
	II	24	6464	812	165	12,51
	III	24	6510	1020	208	15,70
ЛУДП из листовенных опилок, фанерованные листовенным шпоном	I	12	15441	1900	550	12,30
	II	12	15000	940	252	6,26
	III	12	15546	1089	314	7,00

Примечание.  $E_1$  — модуль упругости по толщине плиты;  $E_2$  — модуль упругости лесосечных отходов (нефанерованных) — по длине и ширине плиты, для фанерованной пластины поперек шпона;  $K = 1 - \frac{K_2}{M}$  ( $K$  — коэффициент однородности).

При прозвучивании образцов для обеспечения акустического контакта между преобразователями и образцами использовали технический вазелин.

Скорость распространения упругих волн в образцах пластиков определяли по следующей методике. При соприкосновении излучателя

с образцом механические колебания ультразвуковой частоты передаются в материал, в котором возникают ультразвуковые волны, распространяющиеся со скоростью, зависящей от физико-механических свойств материала. Пройдя через материал, волны попадают на приемник и возбуждают преобразователь. На его обкладках образуются знакопеременные электрические заряды небольшой амплитуды. Эти колебания проходят через усилитель и попадают на экран осциллографа, на котором видны зондирующий и принятый сигналы. Путем измерения расстояния между этими сигналами в масштабе времени определяли время распространения ультразвукового импульса. Скорость распространения ультразвукового импульса вычисляли по формуле

$$V = \frac{l}{t} \cdot 10^3 \text{ м/сек},$$

где  $l$  — база измерения, то есть расстояние между излучателем и приемником;

$t$  — время распространения ультразвукового импульса, взятое из показаний прибора.

Модуль упругости определяли по формуле

$$E_{\text{дин}} = V^3 \rho k,$$

где  $\rho$  — плотность материала;

$k$  — коэффициент формы образца;  $k = 1 - \mu^2$ .

Динамический коэффициент Пуассона  $\mu = 0,1 \div 0,15$ ; из-за малой величины им можно пренебречь.

Пластики прозвучивали во всех трех направлениях (по толщине и параллельно пласти плит). Динамические модули упругости и данные статистической обработки результатов исследований приведены в табл. 2.

Таблица 2

статистической обработки		$E_2$							$E_2, \text{ кг/см}^2$
$P, \%$	$K$	$n$	$M, \text{ кг/см}^2$	$\sigma, \text{ кг/см}^2$	$m, \text{ кг/см}^2$	$V, \%$	$P, \%$	$K$	
3,15	0,612	8	52125	1150	547	2,95	1,05	0,934	—
4,55	0,588	8	54400	2370	837	4,36	1,54	0,870	—
2,51	0,698	8	54700	2334	822	4,25	1,50	0,872	—
3,24	0,527	10	16020	705	223	4,40	1,40	0,868	—
2,56	0,624	10	15140	397	125	2,63	0,83	0,922	—
3,19	0,529	10	17130	750	238	4,40	1,39	0,868	—
3,54	0,630	—	196000	—	—	—	—	—	60300
1,68	0,879	—	197000	—	—	—	—	—	61600
2,02	0,790	—	195000	—	—	—	—	—	60050

сти параллельно пласти плиты для пластиков из бересты и для ЛУДП из словыхных — вдоль шпона;  $E_2$  — модуль упругости для ЛУДП, фанерованных шпоном, парал-

Динамические модули упругости в стержнях, вырезанных из плитных пластиков, определяли так же, как и для плит, а статические модули упругости — с помощью тензометров Гугенбергера в соответствии с ГОСТом 9550—60. Соотношение статического и динамического модулей упругости плитных пластиков показано в табл. 3.

Таблица 3

Материал	№ плит	Скорость звука в образцах, м/сек	Статический модуль упругости, кг/см <sup>2</sup>	Динамический модуль упругости, кг/см <sup>2</sup>	$q = \frac{E_{ст}}{E_{дин}}$
ЛУДП из еловых лесосечных отходов (нефанерованные)	I	1983	30200	48170	0,626
	II	1983	35700	48170	0,740
	III	1984	33600	48333	0,695
ЛУДП из лиственных опилок, фанерованные лиственным шпоном	I	3838	120700	193000	0,625
	II	3823	127500	192000	0,665
	III	3722	125300	181000	0,694
Пластики из бересты	I	1332	7160	16315	0,440
	II	1402	9170	18035	0,508
	III	1288	8020	15270	0,525

В соответствии с ГОСТом для определения статического модуля упругости прикладывают нагрузку, равную 1—5% от разрушающей. Многие материалы даже при такой нагрузке проявляют свои эластические свойства. При определении динамического модуля процесс деформирования носит знакопеременный характер, продолжительность действия напряжений одного знака составляет миллионные доли секунды, так как деформации возникают и распространяются со скоростью звука в данном материале, а максимальные величины возникающих напряжений равны долям грамма на 1 см<sup>2</sup>. Поэтому здесь неупругие составляющие процесса деформирования материала отсутствуют. Все это приводит к различиям в модулях упругости статическом и динамическом. Кроме того, к числу факторов, обуславливающих различие между этими модулями упругости, относятся следующие: 1) упругое последствие исследуемых материалов; 2) наличие микро- и макротрещин в материале; 3) наличие пористости; 4) различие в физике процесса при динамическом и статическом нагружениях образца. Соотношение между статическим и динамическим модулями упругости выражается коэффициентом перехода  $q = \frac{E}{E_{дин}}$ . Величина эта может являться характеристикой эластичности материала.

Анализируя данные, приведенные в табл. 2, можно отметить анизотропность материала древесных пластиков, которая обусловлена тем, что значения динамических модулей упругости в различных направлениях каждого вида пластиков различаются в несколько раз. Пластики имеют высокую неоднородность, определяемую коэффициентом  $K$ . Отношение модулей упругости  $q$  (табл. 3) имеет наименьшее значение для пластиков, изготовленных из бересты, что говорит о большей эластичности этого материала по сравнению с фанерованными и нефанерованными ЛУДП.

### Выводы

1. Импульсный акустический метод определения упругих характеристик материалов позволяет выявить неоднородность древесных пластиков и дает возможность определять модуль упругости непосредственно в плитах, полученных на промышленном оборудовании.

2. По величине модулей упругости можно судить о степени эластичности древесных пластиков, изготовленных из различного сырья.

## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 66.062.224

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛЕТУЧИХ ПРОДУКТОВ  
КАТАЛИТИЧЕСКИХ ПРЕВРАЩЕНИЙ  $\alpha$ -ПИНЕНА  
И  $\Delta^3$ -КАРЕНА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ХЛОРИСТОГО АЛЮМИНИЯ

Ю. П. КЛЮЕВ, И. В. ПЕТРАШЕНЬ, Т. М. ХРУЛЬКОВА

Белорусский технологический институт

Установлено, что в результате действия апротонных кислот на бициклические терпеновые углеводороды происходит, как и в случае моноциклических терпеновых углеводородов, только их полимеризация.

В ряде работ [4], [10], [12], посвященных изучению каталитических превращений терпеновых углеводородов под действием протонных кислот, показано, что при этом происходит два процесса — изомеризация терпенов и их полимеризация. Этим процессам, как правило, сопутствует диспропорционирование монотерпеновых углеводородов.

В процессе изомеризации  $\alpha$ -пинена под действием сильных протонных кислот в большинстве случаев четырехчленное кольцо разрывается с образованием моноциклических терпенов — производных *n*-ментана [4], [11].

Аналогичным образом происходит изомеризация  $\Delta^3$ -карена в присутствии протонных кислот. В результате реакции образуются моноциклические терпены ряда *n*- и *m*-ментана [9], [14], а в ряде случаев также бициклический терпен —  $\Delta^4$ -карен [1], [9].

Действие апротонных кислот на бициклические терпеновые углеводороды изучено гораздо меньше. В сообщениях по этому вопросу [8], [13] указывается на образование значительного количества полимерных продуктов. Состав легко кипящей фракции катализа бициклических терпеновых углеводородов под действием апротонных кислот почти не изучен. К. Н. Коротков и Ю. П. Ключев [7], изомеризуя  $\alpha$ -пинен под действием  $\text{BF}_3$  при температуре 150—156°, обнаружили в летучих фракциях продукты диспропорционирования — *n*-цимол и пинан.

Согласно электронной теории кислот и оснований Льюиса, протонные и апротонные кислоты относят к кислым катализаторам. Можно ожидать, что действие их на бициклические терпеновые углеводороды аналогично. С другой стороны, апротонные кислоты в отличие от протонных не имеют в своем составе протона, что должно оказывать существенное влияние на характер катализа. В связи с этим было изучено [5] действие апротонных кислот на моноциклические терпены. Как показали исследования, безводный  $\text{AlCl}_3$  в отличие от протонных кислот не вызывает изомеризации моноциклических терпенов.

С целью установления различия или аналогии в действии протонных и апротонных кислот нами была сделана попытка изучить состав изомерных продуктов, получающихся при их катализе под действием апротонной кислоты, в качестве которой был выбран  $\text{AlCl}_3$ .

Объектами исследования были  $\alpha$ -пинен и  $\Delta^3$ -карен, так как эти компоненты основные почти для всех видов скипидара;  $\alpha$ -пинен и  $\Delta^3$ -карен получали путем разгонки живичного скипидара на ректификационной

колонке лабораторного типа с числом теоретических тарелок, равным 30, при остаточном давлении 18—20 мм рт. ст. Выделенный  $\alpha$ -пинен имел следующие константы:  $d_4^{20} = 0,8586$ ,  $n_D^{20} = 1,4657$ ,  $[\alpha]_D = +32,6^\circ$ ,  $\alpha$ -пинен был охарактеризован через нитрозохлорид  $\alpha$ -пинена с температурой плавления  $108^\circ\text{C}$ , что совпадает с литературными данными [12].

Выделенный  $\Delta^3$ -карен имел следующие константы:  $d_4^{20} = 0,5645$ ,  $n_D^{20} = 1,4723$ ,  $[\alpha]_D = +16,1^\circ$  и был охарактеризован через нитрозат. Полученный нитрозат  $\Delta^3$ -карена имел температуру плавления  $147,5^\circ$ , что совпадает с литературными данными [2].

Безводный хлористый алюминий получали путем хлорирования металлического алюминия по методике, описанной Ю. В. Карякиным [3]. Полученный препарат хранили в запаянной ампуле.

Катализ  $\alpha$ -пинена под действием безводного  $\text{AlCl}_3$  проводили при температуре 20— $80^\circ\text{C}$  в токе предварительно высушенного углекислого газа при постоянном перемешивании в аппарате, описанном ранее [6]. Для опыта было взято 100 г  $\alpha$ -пинена и 3 г или 2,5 мол.%  $\text{AlCl}_3$ . За ходом опыта следили по изменению показателя преломления реакционной среды, который замеряли периодически через каждые 30 мин.

В ходе опыта было отобрано несколько фракций с  $n_D^{20} = 1,4657$ ; 1,4667; 1,4670. Опыт был прекращен через 6 час по достижении показателя преломления 1,4720.

По окончании опыта в отобранных фракциях от реакционной смеси был отделен катализатор, затем от фильтрата были отогнаны летучие продукты при остаточном давлении 5 мм рт. ст. В результате разгонки фракции с  $n_D^{20} = 1,4720$  получено 32,4% летучих продуктов и 67,6% политерпенов.

Анализ летучих продуктов отобранных проб методом ГЖХ показал, что они состоят только из  $\alpha$ -пинена (рис. 1).

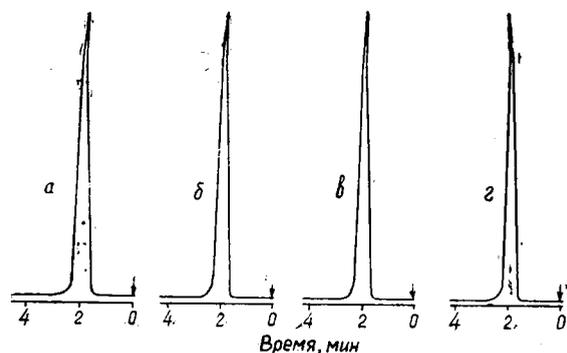


Рис. 1. Хроматограммы исходного  $\alpha$ -пинена и летучих продуктов его катализа под действием безводного  $\text{AlCl}_3$ .

$a$  — исходный  $\alpha$ -пинен;  $б, в, г$  — летучие продукты катализа  $\alpha$ -пинена при  $n_D^{20}$  соответственно 1,4667; 1,4670; 1,4720.

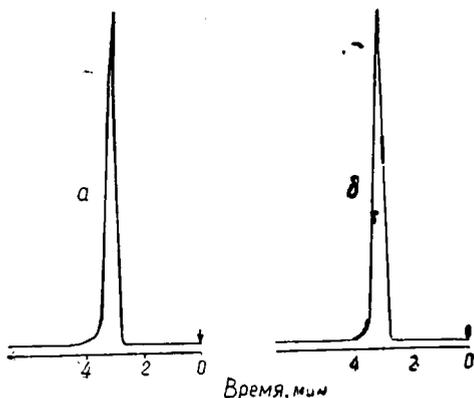
Хроматограммы летучих продуктов снимали на универсальном газовом хроматографе марки УХ-1. В качестве неподвижной жидкой фазы использовали полиэтиленгликоль 15 000 в количестве 20% от веса твердой фазы. Твердой фазой служил дезактивированный диатомитовый кирпич ИНЗ-600 (30—60 меш). Длина колонки 3 м, диаметр 0,4 см. Температура колонки  $140^\circ\text{C}$ , скорость газа-носителя  $\text{H}_2$  45 мл/мин.

Катализ  $\Delta^3$ -карена под действием безводного  $\text{AlCl}_3$  проводили аналогично  $\alpha$ -пинену. Опыт был прекращен через 6 час по достижении  $n_D^{20} = 1,4795$ .

После отделения катализатора и разгонки продуктов реакции под вакуумом при остаточном давлении 5 мм рт. ст. было получено 56,2% летучих продуктов и 43,8% политерпенов. Анализ летучих продуктов

Рис. 2. Хроматограммы исходного  $\Delta^3$ -карена и продуктов его катализа под действием безводного  $\text{AlCl}_3$ .

*a* — исходный  $\Delta^3$ -карен; *b* — летучие продукты катализа  $\Delta^3$ -карена при  $n_D^{20}$  пробы 1,4795.



методом ГЖХ показал, что они, подобно случаю для  $\alpha$ -пинена, состоят только из  $\Delta^3$ -карена (рис. 2).

Из полученных данных видно, что в результате действия апротонных кислот на бициклические терпеновые углеводороды ( $\alpha$ -пинен и  $\Delta^3$ -карен) происходит, как и в случае моноциклических терпенов, только их полимеризация, в то время как при действии протонных кислот наряду с полимеризацией происходит их изомеризация.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. И. И. Бардышев, Ж. Ф. Лойко, Л. В. Слонская, Р. Г. Шляшинский. Изомеризация  $\Delta^3$ -карена с кислотными катализаторами. Доклады АН БССР, 10, № 11, 1966, 873. [2]. М. Горяев, И. Плива. Методы исследования эфирных масел. Изд. АН КазССР, Алма-Ата, 1962. [3]. Ю. В. Карякин, И. И. Ангелов. Чистые химические реактивы. Госхимиздат, М., 1955. [4]. Ю. П. Клюев. Исследование продуктов превращений  $\alpha$ -пинена в присутствии ортофосфорной кислоты. Сборник научных работ Института химии АН БССР, 6, 1958, 176—189. [5]. Ю. П. Клюев, А. И. Ломоткин. Каталитические превращения дипентена под действием хлористого алюминия. Сб. «Материалы научно-технической конференции по итогам работы 1968 г.», БТИ, Минск, 1969. [6]. Ю. П. Клюев, А. И. Ломоткин, А. И. Станчик. Исследование продуктов каталитических превращений дипентена под действием хлористого алюминия в присутствии бензола. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 1971, 172—174. [7]. К. Н. Коротков, Ю. П. Клюев. Превращения  $\alpha$ -пинена под действием газобразного фтористого бора. Институт химии АН БССР. Сборник научных работ, № 6, 1958, 170—175. [8]. В. Г. Плюснин, С. И. Черткова. Полимеризация индивидуальных терпенов под действием фтористого бора. ЖПХ, 19, 8, 1956. [9]. Г. А. Рудаков, А. Т. Марчевский. Каталитическое превращение  $\Delta^3$ -карена над метатитановой кислотой. Сборник статей по общей химии. Изд-во АН СССР, № 2, 1953, 1432—1445. [10]. Г. А. Рудаков. Итоги исследований в области изомеризационных превращений терпенов. Сборник трудов ЦНИЛХИ, 13, 1959, 107—114. [11]. Г. А. Рудаков, М. М. Шестаева, Л. С. Иванова. О влиянии носителей на направление кислотной каталитической изомеризации пинена. Доклады АН СССР, 162, № 6, 1965, 1320—1322. [12]. Г. А. Рудаков. Изомеризационные превращения терпенов. Известия научно-исследовательского института нефте- и углехимического синтеза при Иркутском институте, 10, 1968, 166—194. [13]. M. O. Carmody, W. H. Carmody. Polymerization of terpenes. J. Amer. Chem. Soc. 59, 1937, 1312. [14]. T. S. Santhana Krishnan, James Verghese, M. Yeddanapalli Lairdu. Studies in oil of Pinus longifolia Roxb. IV. Isomerisation of 3-carene to  $\alpha$ -terpinene, J. Scient. and Industr. Res., B, 12, № 3, 1953, 122.

УДК 547.724.1 + 668.545

**ОБ УСТОЙЧИВОСТИ КОМПЛЕКСОВ ФУРФУРОЛА  
С ДВУХАТОМНЫМИ ФЕНОЛАМИ***И. М. БОХОВКИН, Б. К. СЕМЕНОВ*

Архангельский лесотехнический институт

Визуально-политермическим методом изучены тройные системы фурфурол — пирокатехин — резорцин, фурфурол — гидрохинон — резорцин и фурфурол — пирокатехин — гидрохинон. Увеличение устойчивости комплексов фурфурола с двухатомными фенолами идет в направлении пирокатехин, гидрохинон, резорцин.

Физико-химическое исследование взаимодействия фурфурола с изомерами двухатомных фенолов [1] позволило установить, что фурфурол с резорцином, пирокатехином и гидрохиноном образует инконгруэнтно плавящиеся соединения. Интересно проследить устойчивость комплексов фурфурола с изомерами двухатомных фенолов и уточнить способность к взаимодействию двухатомных фенолов с фурфуролом. Это исследование имеет большой практический интерес, так как фурфурол и двухатомные фенолы используются в производстве пластических масс [3], [4], [5], [7].

В настоящей статье приводятся результаты исследования тройных систем фурфурол — пирокатехин — резорцин, фурфурол — гидрохинон — резорцин и фурфурол — пирокатехин — гидрохинон.

Тройные системы изучены визуально-политермическим методом путем определения температур, при которых исчезали последние кристаллы. Исходные вещества (фурфурол, пирокатехин, резорцин и гидрохинон) были предварительно очищены [1] и имели температуры плавления соответственно — 36,5; 105; 110 и 171°.

Бинарные системы. Система фурфурол — пирокатехин [1] характеризуется инконгруэнтно плавящимся соединением состава  $C_5H_4O_2 \cdot o-C_6H_4(OH)_2$ . Эвтектическая точка соответствует 15 мол.% пирокатехина и —45°, переходная точка соответствует 41 мол.% пирокатехина и 12°. Система фурфурол — резорцин образует инконгруэнтно плавящееся соединение состава  $C_5H_4O_2 \cdot m-C_6H_4(OH)_2$ .

Система фурфурол — гидрохинон образует также инконгруэнтно плавящееся соединение. Эвтектическая точка находится при 5 мол.% гидрохинона и —41°, переходная точка — при 20 мол.% гидрохинона и 42°. Мы полагаем, что фурфурол с гидрохиноном образует соединение 2:1.

Системы пирокатехин — резорцин и пирокатехин — гидрохинон были исследованы ранее [6], [8] и повторены нами. Эти системы дают простую эвтектику (рис. 1). В системе пирокатехин — резорцин эвтектическая точка находится при 48 мол.% пирокатехина и 66° вместо 47 мол.% и 64° [6], [8], а в системе пирокатехин — гидрохинон — при 78 мол.% пирокатехина и 91° вместо 77 мол.% пирокатехина и 88,5°. Установлено [2], [6], [8], что система резорцин — гидрохинон дает простую эвтектику при 70 мол.% резорцина с температурой плавления 88°. Нами была изучена система резорцин — гидрохинон и выявлено ин-

конгруэнтно плавящееся соединение состава 2:1. Эвтектическая точка соответствует 78 мол. % резорцина при температуре 92°, переходная точка — 70 мол. % резорцина и 98° (рис. 1).

*Разрезы через тройные системы*

Для изучения взаимодействия между веществами в твердой фазе был использован метод сечений. По результатам анализа построены проекции диаграммы плавкости и нанесены изотермы через каждые 10 или 20°. Исследование было затруднено из-за способности систем к стеклообразованию.

Для выявления фазовых разделов в системе фурфурол — пирокатехин — резорцин исследовано 11 разрезов в направлениях, указанных на рис. 2.

Диаграмма плавкости включает пять полей кристаллизации: три поля исходных компонентов и два поля бинарных соединений фурфурола с пирокатехином и резорцином. Диаграмма плавкости имеет три тройные точки:  $E_1$  — 62 мол. % фурфурола, 17 мол. % пирокатехина и 21 мол. % резорцина при  $-53^\circ$ ;  $E_2$  — 41 мол. % фурфурола, 34 мол. % пирокатехина и 25 мол. % резорцина при  $25^\circ$ ;  $E_3$  — 28 мол. % фурфурола, 30 мол. % пирокатехина и 42 мол. % резорцина при  $40^\circ$ .

Система фурфурол — гидрохинон — резорцин (рис. 3). Исследовано 9 разрезов. В системе проявилось шесть полей кристаллизации: три поля исходных компонентов и по одному

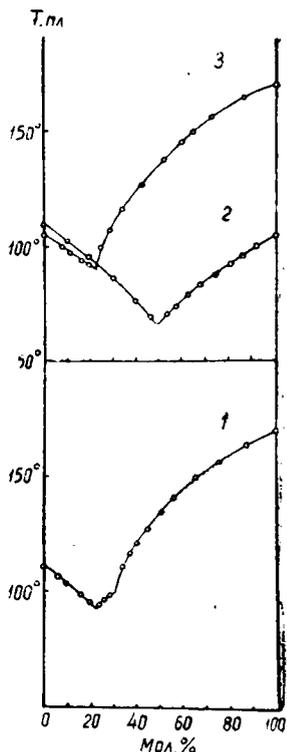


Рис. 1. Диаграмма плавкости бинарных систем.

- 1 — резорцин — гидрохинон;
- 2 — резорцин — пирокатехин;
- 3 — пирокатехин — гидрохинон.

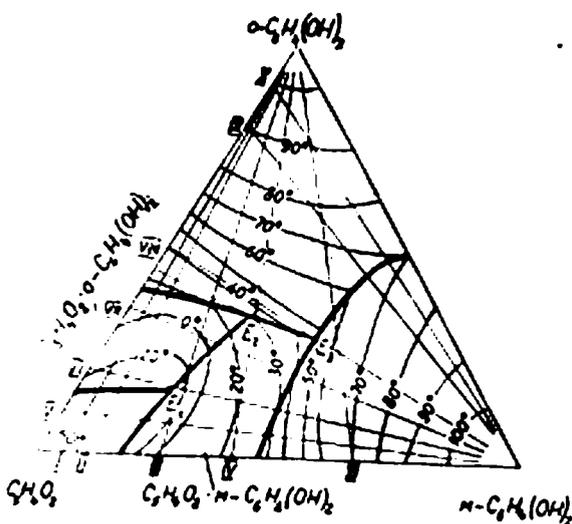


Рис. 2. Диаграмма плавкости системы фурфурол — пирокатехин — резорцин.

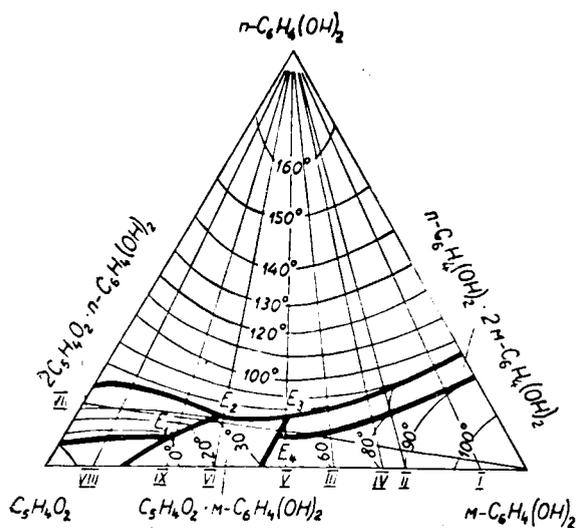


Рис. 3. Диаграмма плавкости системы фурфурол — гидрохинон — резорцин.

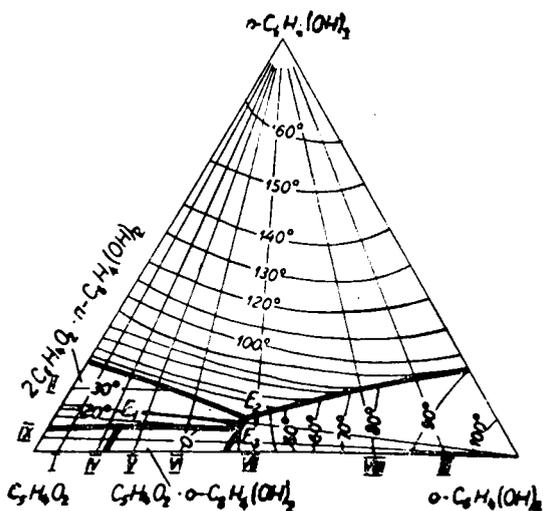


Рис. 4. Диаграмма плавкости системы фурфурол — гидрохинон — пирокатехин.

полю бинарных соединений фурфуrolа с резорцином, фурфуrolа с гидрохиноном и резорцина с гидрохиноном. Диаграмма плавкости включает четыре тройные точки:  $E_1$  — 72 мол. % фурфуrolа, 7 мол. % гидрохинона и 21 мол. % резорцина при  $-51^\circ$ ;  $E_2$  — 61 мол. % фурфуrolа, 14 мол. % гидрохинона и 25 мол. % резорцина при  $45^\circ$ ;  $E_3$  — 44 мол. % фурфуrolа, 11 мол. % гидрохинона и 45 мол. % резорцина при  $55^\circ$ ;  $E_4$  — 46 мол. % фурфуrolа, 9 мол. % гидрохинона и 45 мол. % резорцина при  $52^\circ$ .

Система фурфурол — гидрохинон — пирокатехин. Исследовано 8 разрезов (рис. 4). В тройной системе проявилось пять полей кристаллизации. Система имеет три тройные точки:  $E_1$  — 79 мол. % фурфуrolа, 5 мол. % гидрохинона и 16 мол. % пирокатехина при  $-52^\circ$ ;  $E_2$  — 55 мол. % фурфуrolа, 5 мол. % гидрохинона и 40 мол. % пирокатехина

при 28°; E<sub>3</sub> — 52 мол. % фурфурола, 8 мол. % гидрохинона и 40 мол. % пирокатехина при 18°.

Для сопоставления исследованных тройных систем была составлена табл. 1, отражающая величину полей кристаллизации как чистых компонентов, так и соединений (в процентах от общей площади диаграмм плавкости).

Таблица 1

Тройные системы	Поля чистых компонентов				Поля соединений			
	фур-фура-ла	пиро-кате-хина	резор-цина	гидро-хинона	фурфуро-ла с пиро-катехином	фурфуро-ла с резорцином	фурфуро-ла с гидро-хиноном	гидрохи-нона с резорцином
Фурфурол — пирокатехин — резорцин	6,27	36,59	32,00	—	10,28	14,86	—	—
Фурфурол — гидрохинон — резорцин	2,87	—	12,68	68,91	—	5,50	6,04	4,00
Фурфурол — гидрохинон — пирокатехин	1,71	16,58	—	71,41	2,87	—	7,43	—

Данные показывают, что в системах фурфурол — пирокатехин — гидрохинон и фурфурол — гидрохинон — резорцин поля кристаллизации соединений фурфурола с гидрохиноном занимают большую площадь по сравнению с полями кристаллизации фурфурола с пирокатехином и резорцином. Поле кристаллизации соединения фурфурола с гидрохиноном почти в 2,5 раза больше поля кристаллизации соединения фурфурола с пирокатехином (7,43 и 2,87 соответственно). Устойчивость комплексов, образуемых фурфуролом с двухатомными фенолами, возрастает в направлении пирокатехин, резорцин, гидрохинон.

Отмечаем и некоторые общие моменты в характере кристаллизации. Во всех системах нет тройных соединений. Общее направление кристаллизации идет к фурфуролу, имеющему самую низкую температуру кристаллизации. Фурфурол с резорцином и пирокатехином образует в несколько раз меньшие поля кристаллизации в системах, где третьим компонентом является гидрохинон. Следовательно, устойчивость комплексов фурфурола с резорцином и пирокатехином уменьшается в присутствии гидрохинона.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. И. М. Боховкин, Б. К. Семенов. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 6, 1969, 103—106. [2]. Д. Е. Дионисьев, Н. З. Руденко. ЖОХ, 21, 1931, 990. [3]. И. С. Друян, Л. В. Фомин, В. А. Попов. Журн. «Пластические массы» № 6, 1970, 12—13. [4]. И. М. Кочнов, Л. А. Сапальская. Авторское свидетельство СССР, кл. 39с, 39в, 22/02, (СО8g) № 168431, 1965. [5]. И. М. Кочнов, М. М. Луценко, Г. А. Миронцева, Л. А. Сапальская. Авторское свидетельство СССР, кл. 39в, 22/02, 39в, 12/10, (СО8g) № 168420, 1965. [6]. Jaeger. J. Krystallogr. and Mineral, 42, 1906, 236 [7]. John William, Haydn Thomas. Английский патент, кл. 42/2, (D04j) № 938255, 1963. [8]. Senden. Bl. Soc. Chim. Belg. 32, 97, 1923.

Поступила 6 сентября 1971 г.

УДК 632.95

## ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ НЕКОТОРЫХ АНТИСЕПТИКОВ НА ОСНОВЕ МЕДИ, ЦИНКА И БОРА ДЛЯ ПЛЕНЧАТОГО ДОМОВОГО ГРИБА

*Coniophora cerebella* Schröet

В. Н. СОЗОНОВА, Д. А. БЕЛЕНКОВ

Уральский лесотехнический институт

Использован метод, основанный на определении вероятности защиты древесины от разрушения грибом. По содержанию антисептика в древесине и вероятности защиты построены графики пробитированных кривых эффекта. По графикам можно оценить любую вероятность защиты древесины.

Одно из наиболее важных свойств антисептиков, применяющихся для защиты древесины от гниения, — их токсичность для дереворазрушающих грибов. В лабораторных условиях ее можно довольно быстро оценить и дать достаточно надежную характеристику эффективности и целесообразности применения антисептиков в производстве.

За последние годы на основе соединений меди, бора и цинка предложены антисептики ББК-3 [8], МХХЦ [9], ХХЦ [10] и ХМ-5 [7], но их токсичность для домовых дереворазрушающих грибов изучена недостаточно. Для оценки токсичности этих препаратов, а также хлористого цинка и сернокислой меди был использован метод, основанный на определении вероятности защиты древесины от разрушения [1], [2].

Все антисептики были использованы в виде водных растворов. Опытные образцы из древесины заболони сосны в виде куба со стороной  $5,5 \pm 0,5$  мм пропитывали под вакуумом при остаточном давлении 30 мм ртутного столба по следующему режиму: 2 мин — разряжение; 5 мин — выдержка при разряжении; 2 мин — доведение давления до атмосферного; 15 мин — выдерживание образцов в растворе антисептика при атмосферном давлении. Поглощение растворов антисептиков составляло около 180—200%. После пропитки образцы постепенно подсушивали до комнатно сухого состояния и затем стерилизовали сухим жаром ( $100 \pm 2^\circ\text{C}$ ) в течение 30 мин.

Количество антисептика в древесине выражено в процентах содержания сухой соли к весу абс. сухой древесины. Для каждого вида антисептика было испытано одновременно пять различных содержаний его в древесине.

Испытания проводили одновременно в десяти колбах. В одну колбу с культурой гриба на помост, обросший мицелием гриба, устанавливали 50 образцов, пропитанных различными растворами одного антисептика (по 10 образцов от каждого из пяти содержаний антисептика), и 10 контрольных образцов без антисептика. Каждое содержание антисептика в древесине было испытано на ста образцах, размещенных в десяти колбах.

На культурах гриба образцы выдерживали 15 дней, затем их переносили в чашках Петри во влажные биксы еще на 15 дней. Испытание продолжалось 30 дней. После испытания образцы внимательно просматривали и разделяли на разрушенные и не разрушенные грибом.

Факт разрушения древесины грибом после испытания фиксировали различными приемами: визуальным осмотром, взвешиванием, выдер-

живанием образцов во влажной камере до появления воздушного мицелия, определением механических свойств и др. Относительное количество не разрушенных грибом образцов было принято за вероятность защиты древесины от разрушения.

Результаты испытаний по оценке токсичности антисептиков для пленчатого домового гриба по вероятности защиты древесины от разрушения приведены в табл. 1.

Таблица 1

Антисептик	Концентрация пропиточного раствора, %	Содержание сухого антисептика в древесине, %	Вероятность защиты древесины	Пробиты
ББК-3	0,05	0,102	0,18	4,07
	0,07	0,143	0,27	4,37
	0,09	0,183	0,37	4,66
	0,12	0,242	0,52	5,05
	0,15	0,306	0,82	5,91
МХХЦ	0,016	0,028	0,01	2,66
	0,031	0,057	0,04	3,24
	0,062	0,116	0,08	3,62
	0,125	0,240	0,46	4,90
	0,250	0,472	0,98	7,04
ХХЦ	0,025	0,050	0,01	2,66
	0,05	0,104	0,02	2,94
	0,10	0,202	0,12	3,82
	0,12	0,241	0,22	4,22
	0,24	0,482	0,94	6,55
ХМ-5	0,75	1,402	—	—
	1,50	2,865	0,02	2,94
	2,25	4,275	0,09	3,65
	3,00	5,700	0,30	4,47
	3,75	7,050	0,66	5,42
Хлористый цинк	0,100	0,207	0,04	3,24
	0,125	0,250	0,05	3,35
	0,150	0,318	0,27	4,38
	0,200	0,420	0,59	5,22
	0,250	0,512	0,86	6,09
Сернокислая медь	0,125	0,23	0,00	—
	0,25	0,46	0,02	2,94
	0,50	0,92	0,26	4,35
	0,75	1,37	0,62	5,30
	1,00	1,83	0,94	6,55

По содержанию антисептика в древесине и вероятности защиты, переведенной в пробиты по специальным таблицам, были построены графики (рис. 1 и 2) пробитированных кривых эффекта [5]. По таким графикам легко определить дозу антисептика, обеспечивающую любую вероятность защиты древесины.

Для сравнения антисептиков по токсичности выбрана высокая вероятность защиты древесины от разрушения пленчатым домовым грибом, равная 0,95 [3]. Этой вероятности соответствует пробит 6,65. По данному пробиту графическим способом были определены дозы антисептиков, обеспечивающие выбранную вероятность защиты древесины. Дозы антисептиков, защищающие древесину заболони сосны от разрушения пленчатым домовым грибом с вероятностью 0,95, приведены в табл. 2.

Полученные дозы пригодны только для сравнения антисептиков по токсичности. Однако их можно применять для характеристики эффек-

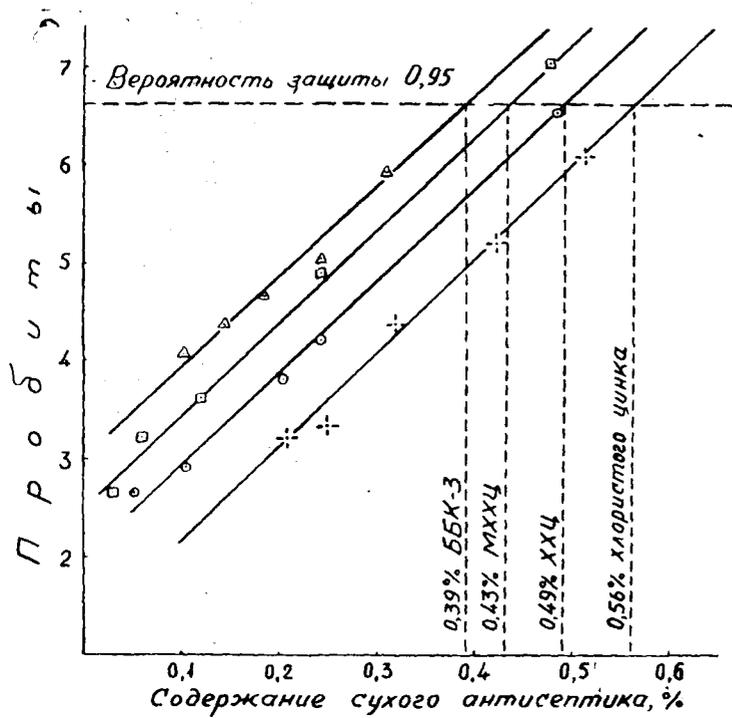


Рис. 1. Пробирированные кривые эффекта действия ББК-3, МХХЦ, ХХЦ и хлористого цинка на плесчатый домовый грибок

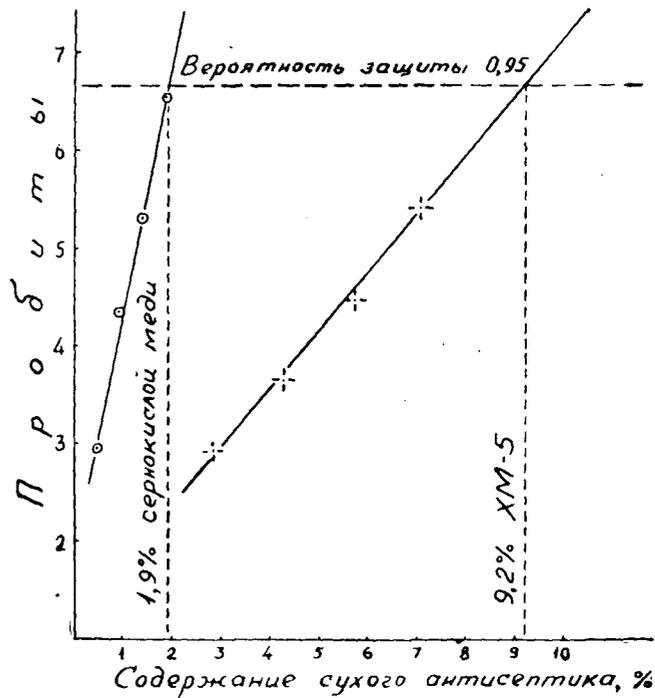


Рис. 2. Пробирированные кривые эффекта действия сернистой меди и препарата KM-5 на плесчатый домовый грибок.

Таблица 2

Антисептик	Доза антисептика, % содержания сухой соли к весу абс. сухой древесины	Коэффициент запаса для 3%-ных растворов при поглощении, равном 100%
БК-3	0,39	7,7
МХХЦ	0,43	7,0
ХХЦ	0,49	6,1
ХМ-5	9,2	0,32
Хлористый цинк	0,56	5,4
Сернистая медь	1,8	1,7
Фтористый натрий*	0,05	60,0

\* Данные для фтористого натрия опубликованы ранее [4].

тивности защиты древесины от гниения, определяя коэффициенты запаса. Коэффициенты запаса — это отношение количества содержащегося в древесине антисептика после пропитки рабочим раствором к дозе, определенной в лаборатории.

Из испытанных антисептиков более токсичным оказался препарат БК-3, доза которого равна 0,39%. Препараты МХХЦ и ХХЦ по токсичности близки к чистому хлористому цинку. Дозы этих препаратов и хлористого цинка соответственно равны 0,43, 0,49 и 0,56%.

В препаратах МХХЦ и ХХЦ основная составная часть — хлористый цинк, количество которого равно соответственно 70 и 78%. Чтобы получить одинаковую защиту древесины, в нее необходимо ввести хлористого цинка не 0,56%, а значительно меньше: для МХХЦ — 0,30, для ХХЦ — 0,38%. Это свидетельствует о том, что применение хлористого цинка в составе препаратов МХХЦ и ХХЦ более эффективно, чем в чистом виде.

Как видно из рис. 1, пробитированные кривые эффекта действия хлористого цинка, БК-3, МХХЦ и ХХЦ расположены почти параллельно, что свидетельствует об однородности токсического действия этих антисептиков на пленчатый домовый гриб. Для них не наблюдается значительного различия в дозах, обеспечивающих защиту древесины от разрушения с вероятностью 0,95, так как они находятся в сравнительно узком интервале 0,39—0,56%.

Хотя препараты БК-3, МХХЦ и ХХЦ обладают достаточно высокой токсичностью, все же они значительно уступают фтористому натрию, кремнефтористому натрию и их смеси в пропорции 1:4 или 4:1, дозы которых [4], [11] находятся в интервале 0,04—0,05%.

Результаты испытаний токсичности сернистой меди и препарата ХМ-5 (рис. 2) показывают, что оба эти антисептика значительно отличаются от предыдущих. Особенно низкой токсичностью обладает препарат ХМ-5, доза которого равна 9,2%. В двух повторных испытаниях дозы этого антисептика, обеспечивающие такой же уровень вероятности защиты древесины, равны 8,7 и 9,5%.

Из рис. 2 видно, что сернистая медь и препарат ХМ-5 не только обладают низкой токсичностью для пленчатого домового гриба, но и различаются по характеру своего токсического действия, так как наклон пробитированных кривых эффекта резко различен. Можно предположить, что добавка хромовокислого натрия к раствору сернистой меди сильно снижает токсичность ее для пленчатого домового гриба.

Полученные данные показывают, что препарат ХМ-5 неэффективен и не может быть рекомендован производству для защиты древесины от гниения, вызываемого домовыми грибами.

Этот, на первый взгляд, неожиданный результат хорошо согласуется с современными литературными данными. Так, Да Коста и Керуш [12] указывают, что препараты на основе меди и хрома являются неэффективными против грибов, вызывающих бурую гниль. По данным С. Н. Горшина и И. Л. Чернцева [6], древесина, содержащая 26,9 кг/м<sup>3</sup> этого препарата, то есть примерно 6,7%, в условиях полигонных испытаний уже на третий год загнивает.

Опыт консервирования древесины в США [13] свидетельствует о низкой эффективности «Селькура», аналогом которого является препарат ХМ-5. Из общего объема консервированной древесины в США в 1969 г. на долю «Селькура» приходилось менее 2%.

Для всех испытанных в данной работе антисептиков пробитированные кривые эффекта действия (рис. 1 и 2) хорошо совпадают с графиком прямых линий. Следовательно, изменение чувствительности пленчатого домового гриба к ядам, которая оценивается реакцией гриба в альтернативной форме, происходит по S-образной кривой, внешне сходной с интегральной функцией нормального распределения.

Приведенные в этой работе экспериментальные данные свидетельствуют о том, что метод оценки токсичности антисептиков по вероятности защиты древесины от разрушения позволяет быстро получить надежную характеристику токсичности антисептиков для разрушающего гриба.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Д. А. Беленков. Метод оценки токсичности антисептиков по вероятности защиты древесины. IX Международный съезд по общей и прикладной химии. Секция химических средств регулирования роста и защиты растений. Изд-во «Наука», М., 1965. [2]. Д. А. Беленков. Метод оценки токсичности антисептиков по вероятности защиты древесины. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1966. [3]. Д. А. Беленков. К обоснованию наиболее выгодного уровня вероятности защиты древесины для оценки токсичности антисептиков. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1966. [4]. Д. А. Беленков. Сравнительная токсичность фтористого и кремнефтористого натрия. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1967. [5]. Д. А. Беленков. О применении пробит-анализа для оценки токсичности антисептиков на древесине. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1968. [6]. С. Н. Горшин, И. Л. Чернецов. Полигонные испытания антисептиков. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1966. [7]. ГОСТ 13327—67. Препарат ХМ-5. Древесина. Антисептики. [8]. ГОСТ 14647—69. Препарат ББК-3 для пропитки древесины. [9]. ГОСТ 14649—69. Препарат МХХЦ для пропитки древесины. [10]. ГОСТ 14648—69. Препарат ХХЦ для пропитки древесины. [11]. В. А. Селецкая, Д. А. Беленков. Оценка токсичности комбинированных антисептиков по вероятности защиты древесины. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1971. [12]. E. W. B. Da Costa, R. M. Kerruish. Tolerance of *Poria* species to copper-based wood preservatives. «Forest Products Journal», v. 14, № 3, III, 1964, p. 106—112. [13]. Wood preserving. August, 1970, p. 19—20.

Поступила 6 июля 1971 г.

УДК 634.0.813

### ИЗВЛЕЧЕНИЕ ТАННИДОВ ИЗ СОСНОВОЙ КОРЫ

А. Е. СОСНИН, М. М. ЗАГУЛЯЕВА, Е. С. ЛУНИНА

Архангельский лесотехнический институт

В статье приводятся результаты работы по определению содержания таннидов и других водорастворимых веществ в различных образцах свежей сосновой коры, заготовленной вскоре после рубки деревьев.

Известно, что кора сосны обыкновенной не является промышленным дубильным материалом и в нашей стране ее специально не заготавливают.

Имеющиеся в литературе данные о таннидности этой коры весьма разноречивы. В книге В. С. Васечкина [1] указывается, что в сосновой коре содержится 2,2—4,3% таннидов; В. Н. Козлов [2] приводит сведения о таннидности коры до 18%. По данным В. И. Шаркова (цитировано по А. Д. Шапиро [7]) общая таннидность коры 4,12%. В других литературных источниках [3], [6] приведены максимальные значения содержания таннидов 7—8%.

Проведенные нами опыты показали, что таннидность сосновой коры составляет 6,1—9,5%. Чтобы получить более определенные данные о водозэкстрактивных веществах сосновой коры и изучить возможности их извлечения, исследовали две партии коры. Древесину заготавливали недалеко от Архангельска в марте — апреле, окоряли в конце апреля того же года. Первую партию коры отбирали путем ручной окорки нескольких сотен бревен, причем кору снимали на всю длину бревна. После окорки кору высушивали на воздухе. Было заготовлено более 100 кг коры с влажностью 17—18%.

Вторую партию коры заготавливали также вручную на нижнем складе Верховского леспромхоза Архангельской области в осенние месяцы. Доставленная в нашу лабораторию кора имела сравнительно высокую влажность (35—40%), поэтому ее подсушивали на воздухе. Влажность высушенной коры 12%.

Кору обеих партий измельчали на лабораторной мельнице и пропускали через сито с диаметром отверстий 15 мм. После первичного измельчения от каждой партии отбирали аналитические пробы и анализировали по общепринятой методике [5]. Отбор проб и анализ коры первой партии проводили трижды в течение трех месяцев с целью наблюдения за изменением содержания таннидов при хранении. От второй партии была отобрана одна аналитическая проба.

В табл. 1 приведены данные по составу коры, из которых видно, что показатели качества коры второй партии ниже, чем первой. Это объясняется, по-видимому, различным происхождением коры, а возможно, и сроками ее заготовки. Можно отметить, что во второй партии имелось значительное количество толстой пробковой коры (толщиной 1—2 см).

Таблица 1

№ партии	№ пробы	Влажность (аналитическая), %	Экстрагируемые горячей водой, % к абс. сухой коре	Водорастворимые, % к абс. сухой коре	Нерастворимые, % к абс. сухой коре	Нетанниды, % к абс. сухой коре	Танниды, % к абс. сухой коре	Добротность, %
I	1	11,8	22,4	21,56	0,84	14,18	7,38	34,3
	2	11,8	21,7	21,0	0,7	13,4	7,6	35,2
	3	13,5	19,85	18,8	1,06	12,15	6,65	34,2
II	—	12,0	16,0	14,6	1,34	9,08	5,58	38,0

Подготовленную для экстракции кору перерабатывали на лабораторной диффузионной батарее из 8 медных диффузоров емкостью по 4 л каждый. Диффузоры соединены последовательно по схеме обычной производственной батареи (рис. 1).

Технологический режим процесса диффузии следующий. Измельченную кору загружали в диффузоры в количестве 850 г на одну загрузку. Водорастворимые извлекали обычной водопроводной водой, которую нагревали в термостате до 90—95° и подавали в хвостовой диффузор с помощью насоса термостата. Чтобы компенсировать тепловые

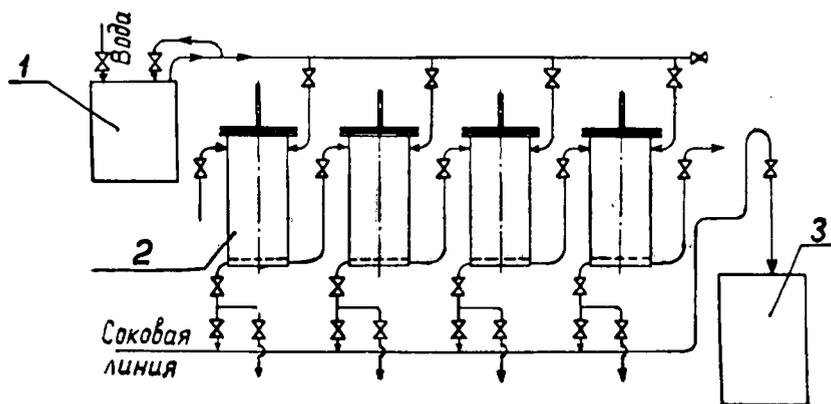


Рис. 1. Схема диффузионной батареи.

1 — термостат; 2 — диффузор; 3 — мерник диффузионного сока.

потери и предотвратить остывание сока, диффузоры подогревали на электрических плитках. Температура в диффузорах была 90—95°. Рабочий период батарей 1 час.

При переработке первой партии коры в каждый диффузор после загрузки засыпали 3 г сульфита натрия. Во время передавливания сока в предхвостовой диффузор заливали раствор сульфита натрия из расчета 3 г сульфита на один диффузор.

Вторую партию коры перерабатывали с добавкой бисульфита аммония. Количество бисульфита в расчете на общее количество  $\text{SO}_2$  составляло 0,3% от веса загруженной коры. Водный раствор бисульфита вводили во время передавливания сока по батарее в диффузор № 3, считая от головного.

С первой партией коры было поставлено четыре серии опытов, со второй — одна серия (серия № 5). Во всех опытах закачку воды в батарею, слив сока и передавливание промоя из хвостового диффузора проводили в том же порядке, что и в наших опытах с еловой корой [4]. Диффузионный сок упаривали почти параллельно с экстрагированием на трубчатой вакуумной выпарной установке (рис. 2) при остаточном давлении 40—55 мм рт. ст. Сок при упаривании нагревали водой с температурой 55°. Готовый экстракт заливали в бутылки и из каждой бутылки отдельно брали пробы на анализ. Одубину анализировали обычным методом. Из результатов опытов можно сделать следующие выводы.

Содержание экстрагируемых горячей водой в свежей сосновой коре довольно высокое — 16—22,4% от веса абс. сухой коры, как и в обычной (неславной) еловой коре. Количество таннидов, а следовательно, и доброкачественность экстрактивных веществ сосновой коры значительно ниже, чем еловой.

Содержание таннидов и нетаннидов в одубине сосновой коры близко к аналогичным показателям обычной заводской одубины еловой коры. Доброкачественность экстрактивных веществ, оставшихся в одубине, немного выше, значит, танниды хуже извлекаются из коры, чем нетанниды. Содержание нерастворимых в экстракте небольшое — 0,47—1,18%. Как и следовало ожидать, доброкачественность экстрактов оказалась невысокой (29,1—32,81). Характерно сравнительно низкое значение рН аналитического раствора (3,5—4,0).

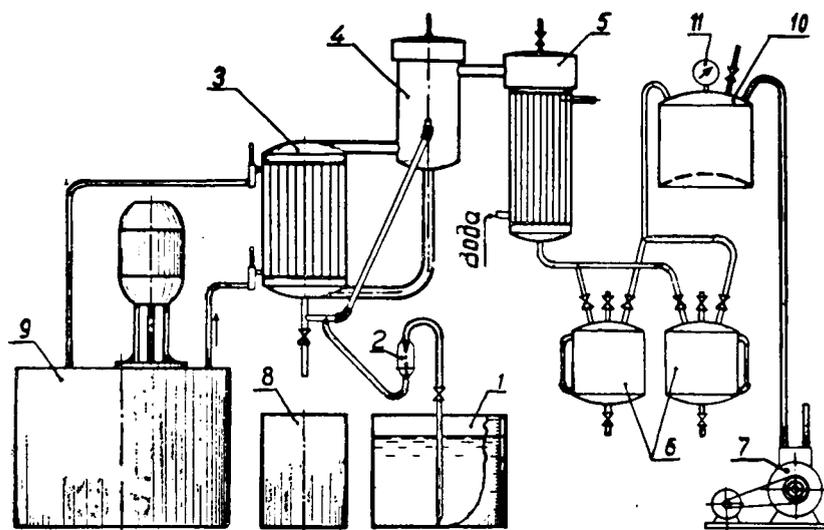


Рис. 2. Схема выпарной установки.

- 1 — мерник сока; 2 — дозатор; 3 — трубчатка-испаритель; 4 — сепаратор;  
 5 — конденсатор-холодильник; 6 — вакуум-приемник конденсата;  
 7 — вакуум-насос; 8 — сборник жидкого экстракта; 9 — термостат;  
 10 — ресерв; 11 — вакуумметр.

Выход экстрактивных веществ, в особенности таннидов, можно рассчитать по количеству извлеченных из коры веществ, а также по разности соответствующих компонентов коры и одубины. Если сравнить показатели коры и одубины, то в отдельных сериях опытов выход водорастворимых веществ составил 15,2; 13,04; 12,7; 8,35% от веса абс. сухой коры, в том числе таннидов 4,82; 4,43; 3,98; 2,44%. Фактический выход готового экстракта по сухим веществам составил соответственно 11,7; 12,7; 11,3 и 6,8%, то есть несколько меньше расчетного. Разницу можно объяснить неучтенными потерями экстракта.

Всего переработано 134 кг сосновой коры и из нее получено 28,5 кг жидкого экстракта с содержанием сухих веществ 40—45%.

В целом полученные нами результаты дают основание рассматривать кору сосны в качестве потенциального источника дубильных веществ для промышленности.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. С. Васечкин. Технология экстрактивных веществ дерева. Гослесбумиздат, М.—Л., 1953. [2]. В. Н. Козлов. Пиролиз древесины. Изд. АН СССР, М., 1952. [3]. В. М. Никитин. Химия целлюлозы и древесины. Гослесбумиздат, М., 1951. [4]. А. Е. Соснин, М. М. Загуляева, В. И. Гагарин, Е. С. Лунина. «Химическая переработка древесины». Реферативная информация № 17, ЦНИИТЭИлеспром, 1966. [5]. Химико-аналитический контроль в кожевенном и дубильно-экстрактовом производстве. Ч. 1, изд. Центрального научно-исследовательского института кожевенно-обувной промышленности, 1955. [6]. П. Я. Чернышев. Дубильные растения нашей страны. КОИЗ, 1934. [7]. А. Д. Шапиро. Материалы совещания по проблемам промышленного использования отходов древесины.

УДК 634.0.813

## СОСТАВ КИСЛОТ, СОДЕРЖАЩИХСЯ В ВОДЕ, ПОЛУЧАЕМОЙ ПРИ ПИРОЛИЗЕ КОРЫ ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ

Л. М. ЛЕВИНА

Сибирский технологический институт

Установлена возможность получения низших карбоновых кислот при пиролизе коры лиственницы сибирской. Определены количественный и качественный составы смеси получающихся кислот. Найдено, что основные компоненты — уксусная и пропионовая кислоты.

Цель данной работы — установить возможность получения низших карбоновых кислот при пиролизе коры, а также исследовать их выход и состав. Кору во взвешенном состоянии подвергали пиролизу на крупнolaborаторной установке [1] при 400, 500 и 600°C. В каждом опыте использовали 4 кг коры лиственницы сибирской крупностью 0—0,5 мм, влажностью 6%.

Содержание кислот в пирогенной воде оценивали по результатам определения общей кислотности. При температуре пиролиза 400°C содержание кислот 7,29%, при 500°C — 5,58, при 600°C — 5,3%. Из этих данных видно, что с ростом температуры пиролиза содержание кислот в пирогенной воде падает. Выход водорастворимых кислот на абс. сухую кору определяли по содержанию их в пирогенной воде и по выходам последней [2]. При температуре пиролиза 400°C выход кислот 1,35%, при 500°C — 0,817%, при 600°C — 0,441%. Из этих данных видно, что с ростом температуры пиролиза выход кислот также падает. Кислоты выделяли из надсмольной воды кислотнo-щелочным методом. Состав выделенных суммарных кислот изучали с помощью газo-жидкостной хроматографии.

Работу проводили на хроматографе ЛХМ-7А с детектором по теплопроводности и программированным нагревом колонки. В качестве неподвижной жидкой фазы применяли диоктилсебацинат (33% от веса твердого носителя), содержащий 10% себаценовой кислоты; твердый носитель — целит-545 зернением 60—80 меш. Газ-носитель — гелий. Температура колонки менялась от 70 до 160°C со скоростью 1°/мин. Температура детектора 200°C, скорость газа-носителя 45 мл/мин.

Качественный состав смеси кислот определяли методом добавок и по времени удерживания, количественный — способом внутренней нормализации. Был установлен состав суммарных кислот, выделенных из надсмольной воды, для каждой из указанных температур пиролиза. На основании полученных результатов рассчитывали содержание отдельных кислот в суммарных (табл. 1).

Из данных, приведенных в табл. 1, видно, что изменение температуры пиролиза оказывает заметное влияние на состав кислот. С повышением температуры содержание муравьиной, уксусной, метакриловой, изовалериановой,  $\alpha$ -кродоновой и валериановой кислот падает, а содержание пропионовой, акриловой и масляной возрастает.

Таблица 1

Кислота	Содержание водорастворимых кислот, %, при различных температурах пиролиза, °С		
	400	500	600
Муравьиная	6,37	7,9	4,8
Уксусная	57,7	56,0	55,5
Пропионовая	14,5	14,4	20,6
Акриловая	5,46	7,75	8,45
Изомасляная	1,27	1,18	1,49
Масляная	3,6	3,86	4,3
Метакриловая	2,68	2,09	1,74
Изовалериановая	2,08	1,1	0,81
$\alpha$ -кротоновая	2,39	1,28	1,21
Валериановая	3,93	1,35	1,13

Основные компоненты суммарных кислот — уксусная и пропионовая, доля которых составляет 70—75%, причем количество уксусной кислоты примерно в 3 раза больше, чем пропионовой. Это указывает на возможность выделения пропионовой кислоты (спрос на которую растет) и особенно уксусной из надсмольной воды. В табл. 2 приведены данные о содержании кислот в надсмольной воде.

Таблица 2

Кислота	Содержание кислот в пирогенной воде, %, при различных температурах пиролиза, °С		
	400	500	600
Муравьиная	0,462	0,44	0,25
Уксусная	4,2	3,1	2,94
Пропионовая	1,05	0,97	1,09
Акриловая	0,4	0,43	0,45
Изомасляная	0,09	0,06	0,08
Масляная	0,26	0,21	0,23
Метакриловая	0,19	0,11	0,09
Изовалериановая	0,15	0,06	0,04
$\alpha$ -кротоновая	0,17	0,07	0,06
Валериановая	0,28	0,075	0,06

Учитывая состав кислот, содержащихся в надсмольной воде, можно подсчитать выход их на абс. сухую кору (табл. 3).

Таблица 3

Кислота	Выход кислот, %, при различных температурах пиролиза, °С		
	400	500	600
Муравьиная	0,082	0,06	0,022
Уксусная	0,757	0,41	0,26
Пропионовая	0,19	0,13	0,096
Акриловая	0,072	0,059	0,04
Изомасляная	0,016	0,008	0,007
Масляная	0,046	0,028	0,023
Метакриловая	0,034	0,015	0,008
Изовалериановая	0,027	0,008	0,003
$\alpha$ -кротоновая	0,031	0,009	0,005
Валериановая	0,05	0,01	0,005

Как видно из данных табл. 3, с увеличением температуры пиролиза выходы всех кислот уменьшаются. Подобное явление объясняется, прежде всего, низкой термической устойчивостью кислот жирного ряда. При указанных температурах они подвергаются как декарбонизации, так и претерпевают разрыв углеродного скелета. Для муравьиной кислоты можно допустить и протекание реакций взаимодействия с иными соединениями ввиду того, что ее константа термодинамической активности на порядок выше, чем для уксусной и других кислот [3].

### Выводы

1. Установлены возможность получения и выходы низших карбоновых кислот при пиролизе коры лиственницы сибирской.
2. Определены количественный и качественный составы смеси получающихся кислот.
3. Найдено, что основные компоненты в суммарных кислотах — уксусная и пропионовая кислоты.

### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Э. Д. Левин, Г. А. Малков. Труды СТИ. Сб. XXXII «Физика, химия и химическая технология». Лабораторная установка пиролиза во взвешенном состоянии. 1963, стр. 94—100. [2]. Э. Д. Левин, Н. А. Чупрова. Материалы научной конференции по изучению лесов Сибири и Дальнего Востока. Изд. СО АН СССР, 1965, стр. 93—97. [3]. К. Д. Неницеску. Органическая химия. ИЛ, т. 1, стр. 712.

Поступила 20 июля 1971 г.

УДК 634.0.86

## ПИРОЛИЗ ВОДОЭКСТРАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ КОРЫ

В. А. ШИШКИН, Л. А. ДУМИНА, Л. А. ЖУРАВЛЕВА

Архангельский лесотехнический институт

Осуществлен пиролиз водоэкстрактивных веществ коры ивы, ели и сосны в стальной реторте с наружным обогревом при продолжительности пиролиза около 3 час с повышением температуры до 470°C.

Пиролиз коры хвойных и лиственных пород изучен в различной степени [2], [3]. Для развития представлений о роли отдельных составных частей коры в образовании продуктов термического разложения нами был осуществлен пиролиз водоэкстрактивных веществ коры ивы, ели и сосны.

Количество веществ, извлекаемых горячей водой, составляет 15—35% от веса коры, в зависимости от породы древесины [6]. В состав экстрактивных веществ коры входят фенолы, танины, смоло- и резиноподобные вещества, воск, сапонины, углеводы, крахмал, алкалоиды и многие другие соединения [1], [4]. Преобладающие компоненты в водных экстрактах — дубильные вещества до 50% и углеводы до 20%. О термическом разложении водоэкстрактивных веществ древесины и коры известно очень мало [1], [7].

В качестве исходного материала были взяты заводские твердые экстракты коры ивы и ели, а также еловые и сосновые экстракты, полученные в лабораторных условиях. Характеристика экстрактов приведена в табл. 1.

Заводские экстракты не следует полностью отождествлять с лабораторными, ибо условия их выделения различны. Однако мы счи-

Таблица 1

Показатели	Экстракты		
	ивовый заводской	еловый заводской	еловый лабораторный
Влажность*, %	17,8	17,2	0,6
Растворимые, %	78,9	80,7	86,2
Нерастворимые, %	3,3	2,1	13,2
Таннины, %	44,3	39,7	32,1
Нетаннины, %	34,6	41,0	54,1
Доброкачественность, %	56,2	49,2	34,7
Зольность, %	3,7	3,3	—

\* К моменту пиролиза влажность ивового заводского экстракта была 4,65%, а елового заводского — 5,54%.

таем, что характер термического разложения, количество и состав получаемых продуктов можно установить при пиролизе заводских экстрактов.

Пиролиз экстрактов проводили в стальной реторте (диаметром 92 мм, емкостью 1,3 л), верхняя съемная крышка которой снабжена патрубками для отвода парогазовой смеси и термометром для контроля за температурой внутри реторты. Реторту с экстрактом помещали в тигельную печь, интенсивность нагрева регулировали с помощью трансформатора, парогазовые продукты охлаждали в стеклянном холодильнике Либиха, неконденсируемые газы дополнительно пропускали через склянку Дрекселя, заполненную силикагелем. Экстракт в реторте размещали на специальных тарелочках из жести в 4—5 слоев для того, чтобы исключить спекание его в процессе нагревания и обеспечить достаточно свободный и быстрый отвод парогазов из зоны высоких температур. На один опыт обычно брали 200—220 г твердого экстракта, условия опытов выдерживали одинаковыми: скорость повышения температуры 2° в 1 мин, конечная температура 470°C, общая продолжительность перегонки около 3 час. Анализ жидких продуктов и твердого остатка выполнен по общепринятым методикам [5].

В табл. 2 приведены средневзвешенные выходы суммарного конденсата (жизки), твердого остатка (угля) и неконденсируемых газов (по разности), найденные как средние для соответствующего числа опытов.

Таблица 2

Экстракт	Выход, % от исходного экстракта,		
	жизки	угля	газы + потери
Ивовый заводской (среднее из 7 опытов)	31,4	49,1	19,5
Еловый заводской (среднее из 7 опытов)	34,9	46,7	18,4
Еловый лабораторный (среднее из 3 опытов)	33,4	51,2	15,4
Сосновый лабораторный (среднее из 3 опытов)	33,6	49,0	17,4
Сосновый лабораторный (среднее из 2 опытов)	34,0	48,2	17,8

Отклонения от приведенных в табл. 2 средних выходов не превышали 2% для угля и 2,2% — для жижки. Жижка от пиролиза елового

экстракта была мутной и более темного цвета по сравнению с жижкой от пиролиза ивового экстракта.

Конденсат от всех опытов пиролиза одного и того же экстракта объединяли в одну пробу, затем отделяли отстойную смолу и отстоящую жижку анализировали. Результаты приведены в табл. 3.

Таблица 3

Показатели	Единицы измерения	Жижка от пиролиза экстракта		
		ивового заводского	елового заводского	елового лабораторного
Плотность	кг/м <sup>3</sup>	1016,3	1026,2	1020,0
Кислотность	% на уксусную	4,74	5,70	6,0
Летучие кислоты	%	3,88	4,96	5,04
Спирты по Виммеру	%	1,54	1,69	1,66
Эфиры	%	1,08	1,11	—
Альдегиды + кетоны	%	0,97	1,21	—
Смола растворимая	%	2,62	5,11	—
отстойная	%	4,87	Следы	1,3

Из данных табл. 3 видно, что содержание летучих кислот в конденсатах составляет 82—87% от общего содержания кислот, а суммарное количество органических веществ оказалось одинаковым для обоих видов экстрактов — 14,8%. В составе жижки от пиролиза елового экстракта практически нет отстойной смолы, но почти в два раза больше смолы растворимой.

По результатам анализа жижки подсчитан выход основных продуктов в процентах от исходного экстракта (табл. 4).

Таблица 4

Продукты	Экстракт ивы	Экстракт ели
Кислоты	1,49	1,99
в том числе летучие	1,22	1,73
Спирты	0,48	0,59
Эфиры	0,34	0,39
Альдегиды + кетоны	0,30	0,42
Отстойная смола	1,53	Следы
Растворимая смола	0,82	1,78

Количество реакционной воды, образующейся при пиролизе, составляет 20—22% от абс. сухих экстрактов. В отстойной смоле от экстракта ивы было найдено около 60% фенолов и около 30% нейтральных веществ. Твердый остаток (уголь) обычно был черного цвета с блестящим изломом, зольность его 10,4—10,6% и вес 1 л — 400,2 г для экстракта ивы и 312,7 г для экстракта ели.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Б. Л. Браунинг. Химия древесины. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1967. [2]. Э. Д. Левин. Журн. «Гидролизная и лесохимическая промышленность» № 8, 1970. [3]. В. А. Лямин. Газификация древесины. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1967. [4]. Н. И. Никитин. Химия древесины. Изд. АН СССР, М.—Л., 1962. [5]. В. П. Сумароков и др. Методы анализа продуктов пирогенетической переработки древесины. ГЛБИ, 1960. [6]. В. И. Шарков, Н. И. Куйбнна, Ю. П. Соловьев а. Количественный химический анализ растительного сырья. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1968. [7]. А. И. Якадин, Б. А. Егоров. Растительные дубильные материалы. Изд-во «Легкая индустрия», 1968.

## КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

УДК 65.011.56

### МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА РАБОТЫ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ПОТОЧНЫХ ЛИНИЙ

*Д. Л. ДУДЮК*

Львовский лесотехнический институт

Процесс работы автоматизированных поточных линий лесопромышленных предприятий рассматривается как многофазный процесс массового обслуживания. Аналитические зависимости, полученные на основании методов теории массового обслуживания, позволяют определить эффективность использования технологического оборудования и автоматизированных поточных линий с учетом неравномерности поступления исходного сырья, переменной величины продолжительности цикла и взаимного влияния технологических агрегатов в линии.

Эффективность использования автоматизированных поточных линий зависит от параметров технологических агрегатов, входящих в состав линии, способа их соединения между собой, вида и параметров исходного сырья, способа управления агрегатами и ряда других факторов. Раскрыть прямую связь каждого из этих факторов с показателем эффективности использования каждого агрегата в линии и линии в целом и охватить их детерминированной функциональной зависимостью, которая была бы удобной для практического использования, невозможно. Получение точного результата в такой многофакторной проблеме связано с большими затратами и часто не оправдывается. Исследуемые объективные закономерности наиболее полно описываются вероятностными методами. Вероятностные закономерности многофакторных процессов значительно богаче и содержательнее прямых функциональных связей, потому что они не исключают влияния ни одного из факторов, определяющих результаты процесса и учитывающих их совокупное действие.

Для анализа процесса работы автоматизированных поточных линий применим методы теории массового обслуживания для следующих вариантов компоновки технологических агрегатов:

1) они имеют между собой свободную связь, допускающую практически неограниченное накопление обрабатываемых заготовок (деревьев, хлыстов, сортиментов) перед каждым агрегатом;

2) соединены между собой звеньями гибкой связи, в которых допускается ограниченное положительным объемом накопление заготовок перед каждым агрегатом, кроме первого, накопление перед которым не ограничивается;

3) соединены между собой жестко и накопление заготовок перед ними не допускается. Накопление заготовок неограниченного объема допускается лишь перед первым агрегатом. Каждая обрабатываемая заготовка задерживается в агрегате до тех пор, пока не освободится следующий;

4) соединены между собой жестко с помощью единого транспортного устройства. Накопление заготовок перед всеми агрегатами, кро-

ме первого, не допускается. Все агрегаты работают в едином ритме, то есть заготовки передаются на последующие операции одновременно.

Потоки заготовок на поточных линиях нижних складов с достаточной достоверностью аппроксимируются простейшими потоками с параметром  $\lambda$ , который соответствует среднему числу заготовок, поступающих за единицу времени. Распределение продолжительности циклов основных технологических агрегатов аппроксимируется экспоненциальным распределением с параметром  $\mu$ , который соответствует средней производительности агрегата в количестве обработанных заготовок за единицу времени. Состояние поточной линии в произвольный момент времени  $t$  можно описать системой линейных дифференциальных уравнений относительно  $t$  и линейных разностных уравнений первого порядка относительно числа заготовок  $n$  у каждого агрегата линии, так называемых дифференциально-разностных уравнений.

Из не зависящего от времени, так называемого стационарного решения системы уравнений для двух последовательно работающих агрегатов находим вероятность того, что в зоне первого агрегата находится  $n_1$  заготовок, а в зоне второго  $n_2$

$$p(n_1, n_2) = \rho_1^{n_1} \rho_2^{n_2} p(0, 0), \quad (1)$$

где  $\rho_1 = \frac{\lambda}{\mu_1}$  — средняя нагрузка по времени первого агрегата;

$\rho_2 = \frac{\lambda}{\mu_2}$  — средняя нагрузка по времени второго агрегата.

Сумма вероятностей всех возможных состояний двух агрегатов

$$\sum_{n_1=0}^{\infty} \sum_{n_2=0}^{\infty} p(n_1, n_2) = 1, \quad (2)$$

поэтому

$$p(0, 0) = \frac{1}{\sum_{n_1=0}^{\infty} \sum_{n_2=0}^{\infty} \rho_1^{n_1} \rho_2^{n_2}} = (1 - \rho_1)(1 - \rho_2). \quad (3)$$

Математическое ожидание числа заготовок у обоих агрегатов

$$L = \sum_{\substack{n_1=0 \\ n_2=0}}^{\infty} (n_1 + n_2) p(n_1, n_2) = \frac{\rho_1}{1 - \rho_1} + \frac{\rho_2}{1 - \rho_2}. \quad (4)$$

Вероятность того, что в зоне первого агрегата имеется  $n_1$  заготовок, найдем, произведя суммирование по  $n_2$ ,

$$p(n_1) = \sum_{n_2=0}^{\infty} p(n_1, n_2) = \rho_1^{n_1} (1 - \rho_2). \quad (5)$$

Аналогично вероятность того, что на втором агрегате находится  $n_2$  заготовок,

$$p(n_2) = \sum_{n_1=0}^{\infty} p(n_1, n_2) = \rho_2^{n_2} (1 - \rho_1). \quad (6)$$

Математическое ожидание числа заготовок на первом агрегате

$$L_1 = \sum_{n_1=0}^{\infty} n_1 p(n_1) = \frac{\rho_1}{1 - \rho_1}. \quad (7)$$

Аналогично для второго агрегата

$$L_2 = \sum_{n_2=0}^{\infty} n_2 p(n_2) = \frac{\rho_2}{1 - \rho_2}. \quad (8)$$

Среднее число заготовок, обрабатываемых на двух агрегатах за единицу времени,

$$L_0 = \sum_{n_1=1}^{\infty} p(n_1, 0) + \sum_{n_2=1}^{\infty} p(0, n_2) + 2 \sum_{n_1=1}^{\infty} \sum_{n_2=1}^{\infty} p(n_1, n_2) = \rho_1 + \rho_2. \quad (9)$$

Среднее число заготовок, обрабатываемых на первом агрегате,

$$L_{01} = \sum_{n_1=1}^{\infty} p(n_1) = \rho_1. \quad (10)$$

Среднее число заготовок, накапливаемых технологическими агрегатами, то есть ожидающих начала обработки,

$$\begin{aligned} L_{\text{ож}} &= \sum_{n_1=2}^{\infty} (n_1 - 1) p(n_1, 0) + \sum_{n_2=2}^{\infty} (n_2 - 1) p(0, n_2) + \\ &+ \sum_{n_1=2}^{\infty} (n_1 - 1) p(n_1, 1) + \sum_{n_2=2}^{\infty} (n_2 - 1) p(1, n_2) + \\ &+ \sum_{n_1=2}^{\infty} \sum_{n_2=2}^{\infty} (n_1 + n_2 - 2) p(n_1, n_2) = \frac{\rho_1^2}{1 - \rho_1} + \frac{\rho_2^2}{1 - \rho_2}. \end{aligned} \quad (11)$$

Среднее число заготовок, ожидающих обработки на первом агрегате,

$$L_{\text{ож}1} = \sum_{n_1=2}^{\infty} (n_1 - 1) p(n_1) = \frac{\rho_1^2}{1 - \rho_1}. \quad (12)$$

Анализ определенных выше показателей процесса работы каждого агрегата и системы в целом показывает, что при свободном последовательном соединении двух агрегатов, когда допускается неограниченное накопление ожидающих обработки заготовок, вероятность нахождения заданного числа заготовок в зоне данного технологического агрегата определяется загрузкой этого агрегата  $\rho$  по времени и числом заготовок  $n$  (рис. 1). Среднее число заготовок, находящихся в зоне данного агрегата, обрабатываемых на нем и ожидающих начала обработки, определяется только загрузкой этого агрегата (рис. 2).

В автоматизированных поточных линиях звенья гибкой связи между агрегатами имеют ограниченную емкость. Если между двумя агрегатами допускается накопление не более  $N - 1$  заготовок, то рассматриваемая система может находиться в  $N + 2$  состояниях. Для потока заготовок, входящего в звено гибкой связи, максимально возможная интенсивность обработки на первом агрегате —  $\mu_1$ , а для потока заготовок, выходящего из звена гибкой связи, — соответственно  $\mu_2$ , поэтому

$$\sum_{n=0}^{N+1} \left( \frac{\mu_1}{\mu_2} \right)^n p_0 = 1, \quad (13)$$

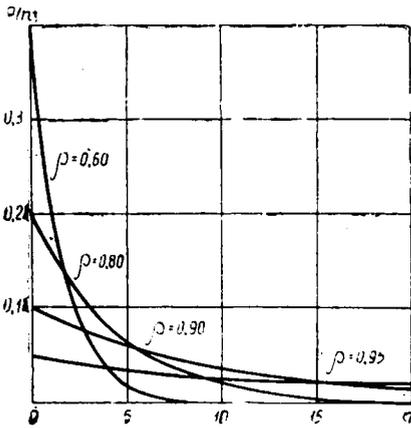


Рис. 1. Распределение вероятностей  $p(n)$  числа заготовок  $n$  в зоне агрегата в зависимости от его загрузки  $\rho$ .

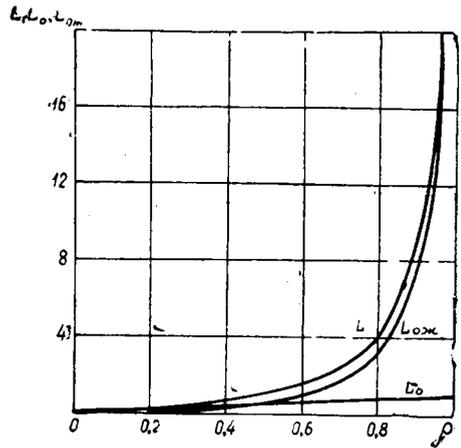


Рис. 2. Зависимость среднего числа обрабатываемых заготовок  $L_0$ , ожидающих обработки заготовок  $L_{ож}$  и общего числа заготовок  $L$  у агрегата от его загрузки  $\rho$ .

откуда вероятность отсутствия заготовок и простаивания второго агрегата

$$p_0 = \frac{\mu_2^{N+1} (\mu_2 - \mu_1)}{\mu_2^{N+2} - \mu_1^{N+2}}. \quad (14)$$

Максимальное число обрабатываемых за единицу времени заготовок на втором агрегате

$$L_{0M} = \sum_{n=0}^{N+1} \left( \frac{\mu_1}{\mu_2} \right)^n p_0 = \frac{\mu_1 (\mu_2^{N+1} - \mu_1^{N+1})}{\mu_2^{N+2} - \mu_1^{N+2}}. \quad (15)$$

Предельное значение интенсивности потока заготовок на поточной линии, которое может допускаться в стационарном режиме работы,

$$i_M = \mu_1 \rho_{1M} = \mu_2 \rho_{2M}. \quad (16)$$

При последовательном соединении двух агрегатов звеном гибкой связи ограниченной емкости  $N-1$  максимальная загрузка по времени для второго агрегата

$$\rho_{2M} = \frac{\mu_1 (\mu_2^{N+1} - \mu_1^{N+1})}{\mu_2^{N+2} - \mu_1^{N+2}} \quad (17)$$

и аналогично для первого агрегата

$$\rho_{1M} = \frac{\mu_2 (\mu_2^{N+1} - \mu_1^{N+1})}{\mu_2^{N+2} - \mu_1^{N+2}}. \quad (18)$$

Если средняя производительность обоих агрегатов одинакова, то есть  $\mu_1 = \mu_2$ , то эффективность использования агрегатов по времени

$$\rho_M = \frac{N+1}{N+2}. \quad (19)$$

При этом допустимая загрузка агрегатов значительно возрастает при увеличении емкости звена связи до 8—10 заготовок (рис. 3).

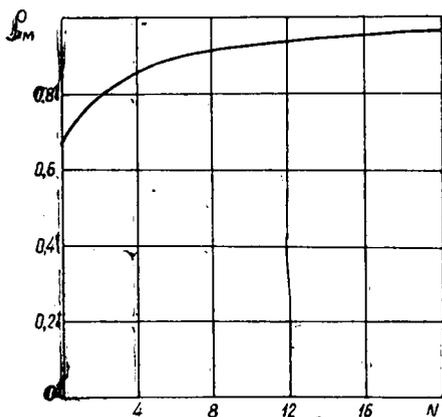


Рис. 3. Влияние емкости звеньев гибкой связи между агрегатами на коэффициент использования поточной линии  $\rho$ .

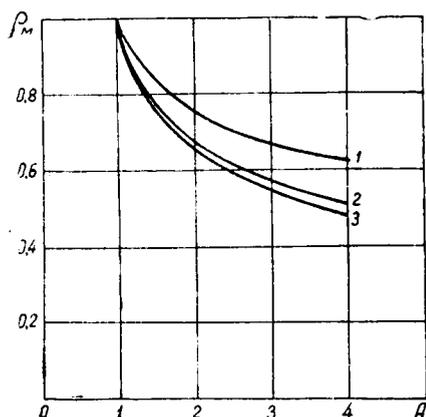


Рис. 4. Влияние количества агрегатов в линии  $A$  на коэффициент использования поточной линии при соединении агрегатов звеньями минимальной емкости (1), жестком соединении (2) и жестком соединении с общим транспортным устройством (3).

Дальнейшее повышение емкости мало влияет на увеличение загрузки агрегатов.

Рассмотрим случай жесткого последовательного соединения двух технологических агрегатов. Первый агрегат принимает очередную заготовку на обработку только после того, как второй освобождается и принимает от первого обработанную им заготовку; при этом значение загрузки  $\rho = \frac{1}{N}$  снижается, потому что эффективная интенсивность обработки должна умножаться на ту долю времени, в течение которого первый агрегат не простаивает в ожидании освобождения второго.

Аналитические выражения для жесткого соединения агрегатов можно получить непосредственно из системы дифференциально-разностных уравнений, составленных специально для этого случая. Более простой путь — воспользоваться соответствующими зависимостями, полученными для случая соединения агрегатов звеньями гибкой связи ограниченной емкости, полагая при этом  $N - 1 = 0$ .

Из выражения (18) получаем максимальное значение загрузки для первого из двух жестко соединенных агрегатов

$$\rho_{1M} = \frac{\mu_2(\mu_1 - \mu_2)}{\mu_1^2 + \mu_1\mu_2 + \mu_2^2}. \quad (20)$$

Этот метод можно применить и к большему числу последовательно соединенных агрегатов. С увеличением числа агрегатов в линии загрузка их уменьшается (рис. 4, кривая 2).

Для случая жесткого соединения технологических агрегатов, обслуживаемых единым транспортным устройством, максимальное значение коэффициента использования линии

$$\rho_M = \frac{1}{\mu\tau_k}, \quad (21)$$

где  $\tau_k$  — математическое ожидание вероятности того, что в момент времени  $t$  после начала обработки на всех  $k$  агрегатах загрузка закончится, если производительность всех агрегатов одинакова

$$\tau_k = k \int_0^{\infty} t^k e^{-\mu t} (1 - e^{-\mu t})^{k-1} dt.$$

Применяя преобразования Лапласа, получим

$$\tau_k = -k \left. \frac{d^k B\left(\frac{p}{\mu}, N\right)}{dp} \right|_{p=\mu}, \quad (22)$$

здесь  $B$  — бета-функция.

Распределение, записанное под интегралом, является обобщением выражения, полученного для двух агрегатов, где доказывается, что вероятность завершения обработки деталей на всех агрегатах равна сумме двух одинаковых выражений. Каждое выражение равно произведению двух величин, первая из которых — вероятность того, что в промежутке времени  $t$ ;  $t + dt$  на одном из агрегатов закончится обработка, а другая величина — вероятность того, что на втором агрегате обработка закончится не позднее момента времени  $t$ . Этот момент применим и при различных производительностях агрегатов.

Эффективность использования поточных линий с увеличением числа агрегатов в линии больше всего снижается при жестком соединении агрегатов с общим транспортным устройством (рис. 4, кривая 3). Значительно выше эффективность использования линий, в которых имеются звенья гибкой связи с минимальной емкостью на одну заготовку (рис. 4, кривая 1).

Установленные вероятностные показатели взаимного влияния агрегатов в процессе работы поточных линий и зависимости между емкостью звеньев связи агрегатов, с одной стороны, и производительностью и эффективностью использования агрегатов и поточной линии в целом, с другой, дают возможность определить оптимальные параметры элементов автоматизированных поточных линий в лесной промышленности.

Поступила 9 марта 1971 г.

УДК 65.011.56

## ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ВЕРШИННЫХ ДИАМЕТРОВ НА НЕРАССОРТИРОВАННЫХ ПОТОКАХ КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ

Г. А. ЖОДЗИШСКИЙ

Ленинградский институт текстильной и легкой промышленности

Выполнен анализ эмпирических распределений вершинных диаметров круглых лесных материалов. Показано, что эти распределения не противоречат логарифмически нормальному закону. Проверка выполнена графически, путем построения функций распределения, а также аналитически с помощью критерия согласия хи-квадрат.

Установление закона, которому подчинены распределения вершинных диаметров круглых лесных материалов на потоках лесопромышленных предприятий, представляет интерес для многих технических приложений: организации учета кубатуры лесоматериалов, выбора параметров измерительных устройств и т. п. На основании известного

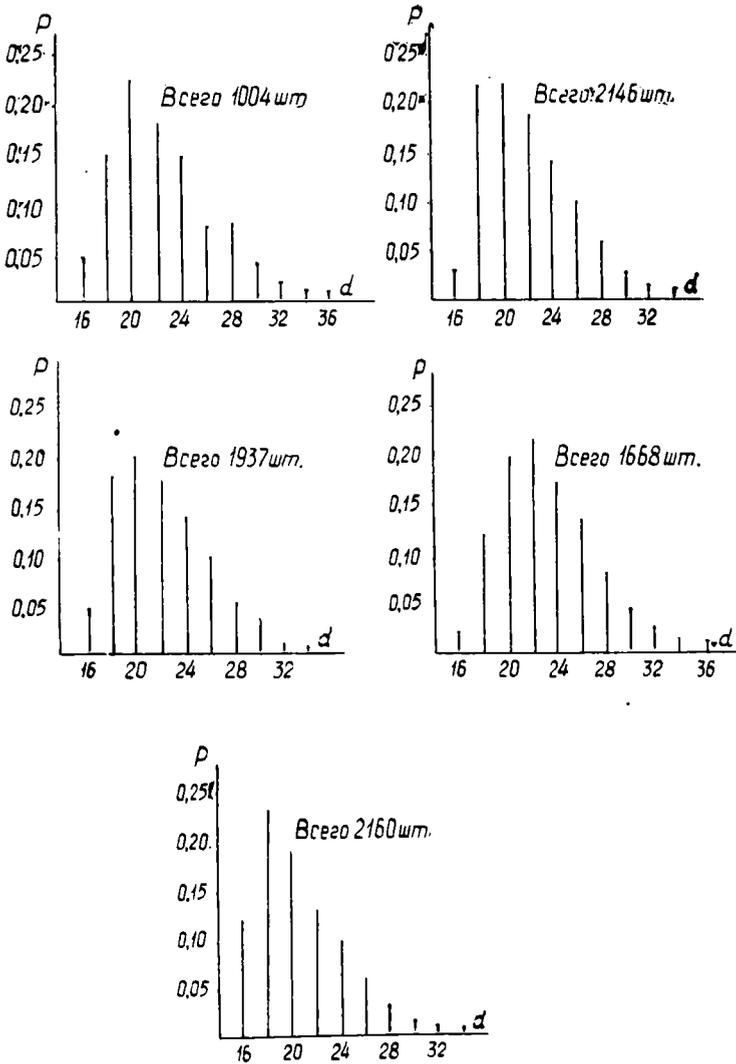


Рис. 1.

положения, что функции распределения количественных признаков биологических объектов во многих случаях подчиняются логарифмически нормальному закону [3], была высказана гипотеза, что и функции распределения диаметров на нерассортированных потоках бревен также не противоречат этому закону.

В настоящей статье приводятся графическое и аналитическое доказательства этой гипотезы. Исследования проводили на входном потоке Таллинского фанерно-мебельного комбината [2], где были изучены сменные и месячные выборки чурачного кряжа. Кроме того, анализировали спецификационные составы сырья пиловочного сырья на предприятиях Архангельской области по данным ЦНИИМОДа [1].

*Графическая проверка гипотезы.* На координатных осях откладывают шкалы, соответствующие предполагаемому закону распределения и строят функцию распределения

$$F(X) = p(X < x), \quad (1)$$

где  $p$  — символ вероятностей;  
 $X$  — случайная величина (вершинный диаметр);  
 $x$  — неслучайное, заданное, например, градационное его значение.

Если при этом опытные значения функции распределения  $F(x)$  ложатся на прямую линию, то полагают, что опытные данные не противоречат гипотезе подчиненности случайной величины  $X$  проверяемому закону, и этот закон применяют для характеристики данной случайной величины.

Для принятой гипотезы вдоль оси абсцисс откладывают логарифмическую шкалу, а вдоль оси ординат — неравномерную шкалу, соответствующую нормальному распределению. Методика расчета и построения шкал приводится в работе [4].

На рис. 1 приведено пять выборочно взятых гистограмм, каждая из которых получена в течение одной смены на входном потоке бревен Таллинского ФМК. По оси абсцисс отложены табличные градации вершинного диаметра, по оси ординат — частоты появления диамет-

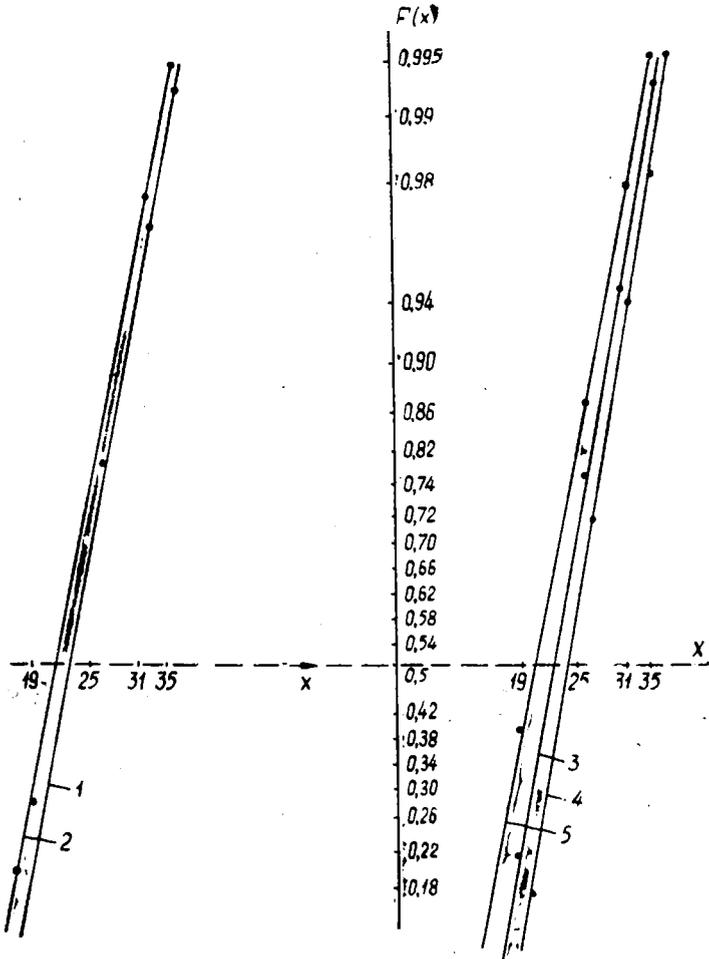


Рис. 2.

ров. Результаты проверки сменных выборок бревен для Таллинского ФМК представлены на рис. 2, из которого видно, что экспериментальные точки аппроксимируются прямыми линиями. Пересечение аппроксимирующей прямой с горизонтальной линией, проходящей через  $F(x) = 0,5$ , дает значение математического ожидания величины  $X$ .

*Аналитическая проверка принятого допущения.* Гипотезу о логарифмически нормальном распределении диаметров круглых лесоматериалов проверим теперь с помощью критерия хи-квадрат, взяв для нормального распределения вместо наблюдаемых данных их натуральные или десятичные логарифмы. Проверка включает следующие этапы: 1) на основе исходных данных вычисляют критерий согласия хи-квадрат

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(P_{i \text{оп}} - P_{i \text{т}})^2}{P_{i \text{т}}}, \quad (2)$$

где  $P_{i \text{оп}}$  и  $P_{i \text{т}}$  — частоты опытного и теоретического распределений в  $i$ -том интервале шкалы;

2) определяют вероятность получения вычисленного критерия при условии, что модель выбрана правильно; 3) в зависимости от величины вероятности вычисленного критерия делают заключение о соответствии статистической модели экспериментальным данным.

Отметим, что статистическая методика позволяет отвергнуть модель как неправильную, но она не позволяет доказать, что модель верна. Надо также учесть, что чем больше данных, тем больше шансов отвергнуть неправильную модель. Проверки выполнены на выборках бревен в 1500—2000 шт. Данные наблюдений группировали по интервалам отсчета диаметров согласно ГОСТу. В этих интервалах эмпирические частоты сравнивали с ожидаемыми значениями для принятого логарифмически нормального распределения. На основе сравнения по формуле (2) вычисляли критерий хи-квадрат. Непротиворечивость данных и модели подтверждалась по таблице процентилей распределения хи-квадрат [4]. Ниже приводятся примеры.

*Пример 1.* Выборка бревен  $N = 1354$  шт. Распределение случайной величины — вершинного диаметра  $X$  по интервалам показано в табл. 1. Во второй строке этой таблицы приведены частоты опытного распределения, а в третьей — измененные в логарифмическом масштабе значения случайной величины

$$Y_i = \ln X_i. \quad (3)$$

Плотность распределения случайной величины  $X$ , следующей (согласно предположению) логарифмически нормальному закону, может быть записана в виде

$$g(Y) = \frac{1}{\sigma_{\text{оп}} \sqrt{2\pi}} \exp \left| -\frac{1}{2\sigma_{\text{оп}}^2} (\ln X - \mu_{\text{оп}})^2 \right|. \quad (4)$$

где  $\mu_{\text{оп}}$  и  $\sigma_{\text{оп}}$  — математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение случайной величины  $Y$ .

Вычисленные оценки этих величин составляют 3,04 и 0,173.

Построим теперь теоретическое нормальное распределение с параметрами  $\mu_{\text{т}} = \mu_{\text{оп}} = \mu$  и  $\sigma_{\text{т}} = \sigma_{\text{оп}} = \sigma$  таким образом, чтобы в точке  $y = \mu$  значение  $g(Y)_{\text{т}} = p_{\text{max оп}}$ ,

$$g(Y)_{\text{т}} = \frac{k}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp \left[ -\frac{1}{2\sigma^2} (\ln X - \mu)^2 \right]. \quad (5)$$

здесь  $k$  — масштабный коэффициент, определяемый из соотношения

$$\frac{k}{\sigma \sqrt{2\pi}} = p_{\text{max оп}}. \quad (6)$$

Поскольку  $p_{\text{max}} = 0,25$ ,  $k = 0,1086$ .

Частоты теоретического распределения приведены в четвертой строке табл. 1.

Таблица 1

$x_i$	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
$P_{i,оп}$	0,068	0,18	0,25	0,19	0,13	0,068	0,05	0,027	0,01	0,0096	0,002	0,0015	0,002
$\gamma_i$	2,77	2,89	2,99	3,09	3,18	3,26	3,33	3,40	3,46	3,53	3,58	3,64	3,72
$P_{i,т}$	0,07	0,17	0,24	0,21	0,18	0,11	0,06	0,029	0,013	0,0046	0,002	0,0006	0,0002

Таблица 2

$x_i$	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
$N_i$	23	303	430	378	269	133	120	57	20	7	9	2	3
$P_{i,оп}$	0,013	0,173	0,245	0,215	0,153	0,076	0,068	0,032	0,011	0,004	0,005	0,001	0,002
$P_{i,т}$	0,048	0,12	0,21	0,244	0,202	0,13	0,07	0,033	0,015	0,047	0,002	0,0005	0,0001

Таблица 3

$x_i$	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
$N_i$	87	310	483	402	271	153	77	38	26	12	3
$P_{i,оп}$	0,047	0,166	0,259	0,216	0,145	0,082	0,041	0,02	0,014	0,0064	0,002
$P_{i,т}$	0,05	0,147	0,235	0,254	0,196	0,118	0,062	0,027	0,011	0,0035	0,0013

Сравнивая два ряда частот опытного и теоретического распределений, рассчитываем по формуле (2) критерий согласия хи-квадрат, который равен 0,066.

Определяем число степеней свободы распределения хи-квадрат, беря

$$\gamma = n - r - 1, \quad (7)$$

где  $n$  — число интервалов, на которые разбит ряд рассматриваемых случайных величин;

$r$  — число неизвестных параметров распределения (для нормального распределения  $r = 2$ ).

Поскольку интервалы с математическим ожиданием  $M(y_i p_i) < 5$  должны объединяться до получения величины  $M(y_i p_i) \geq 5$ , последние три интервала опытного распределения заменены одним. При этом число степеней свободы  $\gamma = 11 - 2 - 1 = 8$ .

Сравнивая вычисленное значение  $\chi^2$  с табличными процентлями этого распределения, получим

$$p[\chi^2(8) > 0,066] = 0,993,$$

то есть вероятность получения  $\chi^2 = 0,066$  высока. На этом основании можно сделать вывод, что характер распределения рассматриваемой случайной величины — вершинного диаметра не противоречит принятому логарифмически нормальному закону.

**Пример 2.** Распределение вершинных диаметров, полученное за время одной смены на поперечном потоке, приведено в табл. 2. Объем выборки  $N = 1755$  шт.

Проверка непротиворечивости опытного распределения логарифмически нормальному закону дала следующие результаты:  $\mu_{оп} = 3,08$ ;  $D_{оп} = 0,026$ ;  $\sigma_{оп} = 0,16$ ;  $\gamma = 8$ ;  $\chi^2 = 0,094$ . На основании того, что  $p[\chi^2(8) > 0,094] = 0,995$ , также можно заключить о правильности сделанного предположения.

**Пример 3.** Опытное распределение диаметров дано в табл. 3. Объем выборки  $N = 1862$  шт.

Вычисленные значения:  $\mu_{оп} = 3,06$ ;  $\sigma_{оп} = 0,16$ ;  $\chi^2 = 0,048$ .

На основании того, что  $p[\chi^2(6) > 0,048] = 0,99$ , также заключаем о соответствии эмпирических данных логарифмически нормальному закону.

Таким образом, нами показано, что распределения вершинных диаметров круглых лесных материалов не противоречат логарифмически нормальному закону.

В заключение выражаю благодарность канд. техн. наук, доц. Л. А. Либерману за обсуждение работы и асп. Ю. А. Павлову за оказанную помощь при анализе статистического материала.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Научный отчет ЦНИИМОДа по теме 12Ж «Автоматизация контроля и учета в лесопилении», Архангельск, 1965. [2]. Научный отчет НИСа ЛНТЛП, № 116/70 «Исследование методов повышения точности измерения объемов лесоматериалов с помощью САЗУ-1», Л., 1970. [3]. Г. Хан, С. Шапиро. Статистические модели в инженерных задачах. Изд-во «Мир», М., 1969. [4]. Я. Б. Шор, Ф. И. Кузьмин. Таблицы для анализа и контроля надежности. Изд-во «Советское радио», М., 1969.

Поступила 28 октября 1971 г.

## ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 634.0.652

К ПРОБЛЕМЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ  
ЛЕСНЫХ ПЛОЩАДЕЙ

В. М. ИВАНЮТА

Московский лесотехнический институт

Дано описание номографического метода расчета таксовой стоимости леса по качествам, удельного дохода, получаемого хозяйством с каждого гектара земли за 1 год, и др. Намечаются новые пути подхода к определению соотношений между количественной, технической и хозяйственной спелостями леса.

Рациональное использование земли в условиях интенсивно развивающихся производительных сил социалистического общества — первое и важное условие лесохозяйственного производства. Поэтому выработка методических положений экономической оценки земли, на которой осуществляется производственная деятельность предприятий лесного хозяйства, представляет большой интерес и крайне необходима для организации эффективного использования земель, занятых лесом. «Лесовод, таксатор и экономист, — указывает В. И. Переход, — должны не исключать, а взаимно дополнять друг друга» [9].

Дифференциальная рента I по плодородию и положению лесных участков принадлежит государству. Она не может быть использована промышленными предприятиями непосредственно в своих интересах. При исчислении таксовой стоимости леса (попенной платы) учитывают древесную породу, крупность деловой древесины, запас, географическое положение лесов (лесотаксовые пояса) и расстояния вывозки древесины к магистральным путям (разряды такс).

В пределах древесной породы крупность деловой древесины зависит от условий местопроизрастания, плодородия лесных земель и возраста древостоев. Представление о крупности древесины у специалистов лесного хозяйства ассоциируется с представлением о среднем диаметре древостоя [1] — [3].

Наиболее вероятная таксовая стоимость 1 м<sup>3</sup> деловой древесины в древостое, найденная при помощи вероятностного закона Пуассона (условно называемая нами биометрической ценой леса), по первому разряду такс в разных лесотаксовых поясах у сосновых древостоев с разными средними диаметрами характеризуется данными табл. 1.

Если в качестве грубой придержки для среднего диаметра 16 см взять запас 100 м<sup>3</sup>, для 24 см — 200 м<sup>3</sup> и для 32 см — 300 м<sup>3</sup>, то картина оценки лесных площадей резко изменится. Например, по I лесотаксовому поясу в первом случае таксовая стоимость (в расчете на 1 га) составит 631 руб., во втором — 1412 руб. и в третьем — 2277 руб.

Мы уже отмечали, что при ориентировочной оценке качества условий местопроизрастания отношение среднего диаметра к средней высоте (без учета их размерностей) в известных пределах можно приравнять к 1, а бонитетную кривую высот, следовательно, заменить качественной кривой диаметров [4]. Тогда качественный индекс типа леса  $i$ ,

Таблица 1

Средний диаметр древостоя, см	Биометрическая цена леса, руб. коп., по лесотаксовым поясам						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
Первый разряд такс							
16	6—31	4—96	4—16	3—01	1—70	0—98	0—60
24	7—06	5—64	4—67	3—38	1—91	1—10	0—65
32	7—59	6—10	5—02	3—64	2—07	1—18	0—69
Четвертый разряд такс							
16	1—35	1—05	0—90	0—35	0—18	0—11	0—06
24	1—57	1—19	0—99	0—40	0—20	0—12	0—07
36	1—72	1—28	1—04	0—44	0—22	0—13	0—07

характеризующий лесоводственно-экономический потенциал условия местопроизрастания, определится через отношение среднего диаметра к корню квадратному из возраста древостоя [5]. Для приведенных выше трех средних диаметров и возраста 100 лет качественный индекс равен соответственно: 1,6; 2,4 и 3,2.

В разных географических зонах, но в одинаковых типах леса (кисличниках, черничниках, брусничниках и т. д.) древостои достигают одинаковых средних диаметров в разном возрасте. И тем не менее, применительно к типологической схеме И. С. Мелехова [7] можно было бы все малопродуктивные типы леса объединить в группы с качественными индексами от 1 до 2, среднепродуктивные — от 2 до 3, высокопродуктивные — более 3. Такую группировку древостоев целесообразно производить при помощи биоэкономической номограммы леса (рис. 1) На шкале V находим возраст древостоя, а на шкале III — средний диаметр. Прикладываем к этим точкам линейку и на шкале I получаем качественный индекс типа.

Лесные земли, занятые древостоями тех или иных типов леса, в разных географических зонах (лесотаксовых поясах) получают разную экономическую оценку в денежном выражении при одинаковых средних диаметрах и сортиментной структуре древостоев. В табл. 1 приведены данные о величине биометрической цены леса, рассчитанной по четвертому разряду такс.

Шкалу номограммы II следует использовать, соблюдая условия кратности: от 1 до 10 коп., от 10 до 100 коп., от 1 до 10 руб. и т. п. Общую таксовую стоимость древостоя на 1 га по запасу деловой древесины можно было бы установить следующим образом. На шкале II найдем отметку биометрической цены, а на шкале VI — запаса деловой древесины. Соединив их, в точке пересечения линейки со шкалой IV найдем таксовую стоимость 1 га древостоя (по деловой древесине). Например, биометрическая цена 40 коп. (табл. 1), запас — 250 м<sup>3</sup>, таксовая стоимость на 1 га — 100 руб. и т. д. Таксовую стоимость дров, сучьев и другой биомассы следует учитывать отдельно.

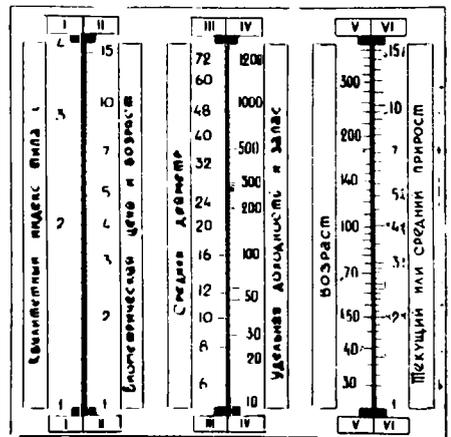


Рис. 1.

В лесохозяйственной практике большой интерес представляют не только абсолютные значения тех или иных величин, но и их соотношения. Например, такой показатель, как средний прирост (шкала VI), по номограмме можно определить следующим образом. На шкале IV находим отметку запаса, а на шкале II — отметку возраста древостоя. Соединив их линейкой, в точке пересечения со шкалой VI находим отметку среднего прироста. Соединив ее с отметкой биометрической цены (шкала II), в точке пересечения линейки со шкалой IV найдем ответ на вопрос, какой прирост дохода могло бы получить хозяйство в год от деловой древесины с данного гектара земли. Этот показатель, условно называемый нами удельной доходностью лесных земель, было бы интересно анализировать не только по величине среднего, но и текущего прироста.

Известно, что на графике точка пересечения среднего и текущего прироста определяет возраст количественной спелости леса [8]. Возраст же технической или сортиментной спелости целесообразно анализировать при таких возрастах древостоя, когда он имеет средние диаметры 16, 24 и 32 см [2], [5].

Возраст технической спелости не должен быть ниже возраста количественной спелости. Однако наряду с анализом количественной и технических спелостей леса, было бы важно осуществлять и анализ данных о хозяйственной спелости леса, определяемой по величине дохода [5], [6], [8].

В условиях экономического стимулирования производства актуальна дальнейшая разработка научных основ экономической оценки лесных площадей.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. М. Иванюта. Определение числа стволов в ступенях толщины при помощи вероятностного закона Пуассона. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 1967. [2]. В. М. Иванюта. К вопросу главного пользования лесом. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 6, 1968. [3]. В. М. Иванюта. Введение в лесную биометрию. МЛТИ, 1969. [4]. В. М. Иванюта. Биометрический анализ таксовой стоимости леса. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 6, 1970. [5]. В. М. Иванюта. Биометрическая теория и метод расчета сроков и размеров пользования лесом. Материалы научно-технической конференции МЛТИ, 1971. [6]. В. М. Иванюта. К вопросу о биометрическом анализе хозяйственной спелости леса. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1971. [7]. И. С. Мелехов. Рубки главного пользования. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1966. [8]. М. М. Орлов. Лесоустройство. Т. II. Журн. «Лесное хозяйство и лесная промышленность», 1928. [9]. В. И. Переход. Основы экономики лесоводства. Киев, 1958.

Поступила 7 декабря 1971 г.

УДК 634.0.63

## ОРГАНИЗАЦИОННО-РАСПОРЯДИТЕЛЬНЫЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ

В. Д. ЩЕРБАЧЕНКО

Воронежский лесотехнический институт

Рассмотрены две формы методов управления: организационного и распорядительного воздействия. Разработана примерная схема должностной инструкции мастера-наладчика бригады технического обслуживания машин. Перечисляются элементы приказа при распорядительном воздействии.

В предприятиях лесного хозяйства и лесной промышленности с каждым годом увеличиваются объемы работ, наличие машин и механизмов, расширяется ассортимент продукции, множатся производст-

венные связи. Все это усложняет управление производством. Эффективность работы предприятий по реализации решений XXIV съезда КПСС во многом зависит от научного уровня управления, от того, насколько кадры лесхозов и леспромхозов владеют основами науки управления, как они совершенствуют применяемые методы управления.

Л. И. Брежнев, выступая 12 июня 1970 г. в Москве на встрече с избирателями, подчеркнул важность управления. Он говорил: «...наука побеждать — это по существу наука управлять! Поэтому изучать науку управления, а если надо — и переучиваться — становится первой обязанностью наших кадров.» (газ. «Правда» от 13 июня 1970 г.).

В лесном хозяйстве и лесной промышленности, как и во всем социалистическом производстве, применяют различные методы управления: политические, экономические, организационно-распорядительные, социально-психологические, правовые и т. д. Сентябрьский (1965 г.) Пленум ЦК КПСС на первый план выдвинул экономические методы управления, но это не значит, что роль других методов может быть принижена. Анализ хозяйственной деятельности леспромхозов и лесхозов показал, что организационно-распорядительные методы управления предприятиями недооцениваются, научно не обоснованы. В лесхозах и леспромхозах применяют две формы организационно-распорядительных методов управления: организационного и распорядительного воздействия. Обе формы используются в сочетании и дополняют друг друга.

Организационное воздействие осуществляется в виде регламентирования, основой которого является «Общее положение о лесхозах, лесокомбинатах и леспромхозах», разработанное и 8 января 1971 г. утвержденное МЛХ РСФСР. В четвертом разделе, пункте 17 этого положения указано, что права и обязанности каждого работника разрабатываются и освещаются в должностных инструкциях, утверждаемых директором лесхоза, лесокомбината или леспромхоза. Во многих лесхозах таких инструкций нет, а имеющиеся не соответствуют современным требованиям к управлению.

В настоящее время лесхозы начинают создавать бригады по техническому обслуживанию машинно-тракторного парка, вводится новая должность мастера-наладчика, а должностной инструкции нет. На основании тарифно-квалификационного справочника, положений об отделах и лесхозах, существующих правил по техническому обслуживанию машин нами разработана и предлагается примерная схема должностной инструкции мастера-наладчика. Эта схема может быть использована для составления должностной инструкции всех ИТР и служащих лесхозов, лесокомбинатов и леспромхозов.

## ДОЛЖНОСТНАЯ ИНСТРУКЦИЯ

(примерная схема)

мастера-наладчика бригады техобслуживания  
машинно-тракторного парка лесхоза, лесокомбината  
или леспромхоза

### I. Общие положения

1. Роль мастера-наладчика в работе предприятия.
2. Его основная задача.
3. Его общая ответственность.
4. Кем назначается.

5. Кому непосредственно подчиняется.
6. Кто ему подчинен.
7. Какими основными документами, инструкциями и наставлениями руководствуется в своей практической деятельности.
8. Необходимая квалификация для данной должности.
9. Необходимое образование.
10. Необходимый стаж работы.
11. Желательный возраст и пол.
12. Желательный темперамент (холерик, сангвиник, флегматик, меланхолик).

## II. Обязанности

1. По выполнению плана, графика техуходов и т. д.
2. По поддержанию трудовой и производственной дисциплины.
3. По учету работы.
4. По контролю.
5. По выполнению требований техники безопасности.
6. По повышению квалификации.
7. По формированию слаженного и работоспособного коллектива бригады.
8. Ряд других обязанностей, в зависимости от конкретных условий.

## III. Права

1. Право административно-технического руководства производством.
2. Право на самостоятельное решение вопросов, входящих в круг обязанностей.
3. Право на материальное и моральное поощрение.
4. Право накладывать взыскания на подчиненных.
5. Право приема и увольнения подчиненных работников.
6. Право распоряжаться техникой и материальными ценностями.
7. Право распоряжаться денежными средствами.
8. Право на повышение квалификации.
9. Право на повышение в должности.

## IV. Ответственность

1. За срыв графика техуходов.
2. За несоблюдение правил техники безопасности.
3. За неправильное хранение техники.
4. За перерасход материалов, ценностей, денежных средств.
5. За несоблюдение трудовой и производственной дисциплины.
6. Ответственность за материальный ущерб, нанесенный производству в результате неправильного распоряжения.
7. Ответственность за несвоевременное или неправильное представление отчетных данных.
8. Ответственность за невыполнение производственных планов.
9. Ряд других ответственностей, в зависимости от конкретных условий.

По некоторым пунктам схемы могут быть даны негативные формулировки (например, «не имеет права», «не обязан» и т. п.).

Кроме должностных инструкций, регламентирующими документами являются квалификационные справочники, организационные нормативы, стандарты, чертежи, материалы о технической последова-

тельности, порядке, методах и режимах выполнения работ по техобслуживанию, различные положения и правила.

Распорядительные воздействия направлены на устранение возникающих в ходе работ отклонений от планов, поставленных задач, данных нормативов. Распорядительные воздействия в лесхозах, лесокombинатах или леспромхозах могут иметь форму приказов или распоряжений. Исследованиями установлено, что в лесхозах приказы издаются с отклонениями от установленной формы. Приказ должен включать следующие элементы: наименование документа, номер приказа, полное наименование предприятия, место издания приказа, дата его подписания, краткое содержание приказа, его текст, подпись руководителя, визы должностных лиц, с которыми был согласован проект приказа.

Перечисленные методы организационного и распорядительного воздействия, придавая всему процессу управления системный и объективный характер, исключая случайность, волюнтаризм и произвольные действия, будут способствовать более эффективному управлению производством.

Поступила 17 ноября 1971 г.

УДК 634.0.6

## ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЛЕСОКУЛЬТУРНЫХ РАБОТ В УСЛОВИЯХ КАРЕЛЬСКОЙ АССР

*В. И. СИБИРЦЕВА, М. Д. НЕКРАСОВ*

Карельский филиал АН СССР

Выполнен анализ затрат на лесные культуры, создаваемые разными способами и по разной технологии, даны рекомендации по выбору наиболее экономичных вариантов. По методике ВНИИЛМа произведен расчет экономической эффективности искусственных насаждений по сравнению с естественными.

В 1968—1970 гг. мы исследовали трудоемкость и себестоимость лесокультурных мероприятий в зависимости от агротехники производства и лесорастительных условий в Олонецком, Пряжинском, Кондопожском и Сегежском лесхозах. Затраты труда и денежных средств определяли из первичных документов лесничеств (всего обработано более 3000 нарядов). Для сопоставимости группировали участки с одинаковыми способом подготовки почвы (ручной, механизированный), густотой культур и способом их производства (посев, посадка). Себестоимость лесокультурных работ определена по методике ЛенНИИЛХа [1] с учетом расходов средств на заготовку семян, посев, посадку, уход за культурами, затрат на текущий ремонт и амортизацию механизмов и накладных расходов.

Посев и посадку лесокультур (сосны, ели) в лесхозах Карелии производят в основном на пераскорчеванных свежих вырубках. Почву готовят якорными покровосдирателями, а также плугами ППЛ-2 и ПКЛ-70. Полосы размещают в зависимости от лесорастительных условий на расстоянии 3—3,5 м друг от друга. Ширина полосы 0,5—1,2 м. Степень минерализации поверхности борозд 50—70%. Первоначальная густота культур 3000—4000 экз. на 1 га. Посадка сеянцев в основном ручная под меч Колесова или лесопосадочной машиной ЛМД-1. Преобладающие типы леса — черничник и брусничник.

Проиллюстрируем изменение экономических показателей лесокультурных работ на примере Олонецкого и Кондопожского лесхозов.

При механизированной подготовке почвы и ручном посеве себестоимость 1 га культур в Олонецком лесхозе в 2,1 раза меньше (табл. 1), чем при ручной подготовке почвы, трудоемкость работ меньше в 6 раз. При посадке машиной ЛМД-1 эти показатели довольно высоки, что обусловлено неотработанностью технологии и тяжелыми почвами. Трудоемкость и себестоимость работ минимальны при подготовке почвы якорными покровосдирателями.

Таблица 1

Способ подготовки почвы	Способ производства культур	Площадь участков, га	Затраты на 1 га		
			чел.-дн.	машинно-смен	себестоимость, руб.
Вручную	Посев ручной	256,3	9,31	—	83,15
	Посадка ручная	63,0	10,71	—	78,4
Покровосдирателем с ТДТ-40М	Посев ручной	1254,6	1,53	0,32	39,4
Машиной ЛМД-1	Посадка ЛМД-1	155,3	3,63	0,46	48,0
Плугами ППЛ-2, ПКЛ-70 с ТДТ-40М	Посев ручной	459,6	2,95	0,31	45,6
С-100Б с канавокопателем	Посадка ручная	361,5	4,5	0,58	69,75

Себестоимость производства лесокультур при подготовке почвы канавокопателем с трактором С-100Б и ручной посадке зависит, в первую очередь, от густоты культур. Так, при густоте 3000 экземпляров на 1 га себестоимость составила в среднем 66,3 руб./га, при 4000—70,3 руб./га, 5000—76,6 руб./га и 6000—86,6 руб./га, а трудоемкость изменилась соответственно с 3,98 чел.-дн. до 4,01; 4,37 и 6,5 чел.-дн. Таким образом, при изменении густоты от 3000 до 6000 шт. себестоимость единицы работ увеличилась на 30%, а трудоемкость на 62,5%.

При механизированной подготовке почвы и ручном посеве себестоимость лесокультурных работ в Кондопожском лесхозе (табл. 2), по сравнению с ручным производством, снизилась почти в два раза, при полной механизации подготовки почвы и посева—в 2—3,5 раза, трудоемкость уменьшилась соответственно в 2 с лишним и в 10—20 раз. Механизация лесокультурных работ дает экономию по заработной плате до 20—50 руб. на каждом гектаре.

Аналогично влияние механизации лесокультурных работ на показатели трудоемкости и себестоимости в Прыжинском и Сеgezском лес-

Таблица 2

Способ подготовки почвы и способ производства культур	Площадь, га	Затраты на 1 га		
		чел.-дн.	машинно-смен	себестоимость, руб.
Вручную, посев ручной	154,1	4,96	—	79,4
Якорным покровосдирателем с ТДТ-40 посев ручной	1367,7	2,04	0,35	42,2
	758,3	5,56	0,36	50,0
Подготовка почвы и посев сеялкой ПСТ-2А	34,0	0,22	0,22	18,8

хозах. Опыт показывает, что приживаемость лесных культур при посадке выше, чем при посеве. Так, в целом по Карелии средневзвешенная приживаемость культур второго года при посеве составила в 1966 г. 82,4%, в 1967 г. — 80,2%, в 1968 г. — 83,8%, в 1969 г. — 84,4%, а при посадке соответственно 83,0; 82,7; 88,3 и 88,1%. Приживаемость практически одинакова при механизированном и ручном производстве.

По данным Карельского института леса [3], в черничном типе лесорастительных условий в Карелии для смыкания 15-летних культур сосны достаточна густота 3000 посевных мест (гнезд) размером 0,6 × 0,6 м на 1 га, в брусничном типе — не менее 4000, что обеспечит нужную сомкнутость к 20 годам. При рядовых посадках в этом же возрасте смыкание обеспечивается при наличии на 1 га 4000 экземпляров сосны в черничных и 5500 в брусничных типах. Срок смыкания еловых культур несколько продолжительнее. При этом лучший способ обработки почвы — удаление подстилки вместе с минеральным горизонтом путем обработки почвы плугами и дисковыми покровосдирателями с образованием борозд.

По методике ВНИИЛМа определим экономическую эффективность лесокультурного производства с учетом схемы типов лесных культур, предложенной Карельским институтом леса. Согласно имеющимся данным, искусственные насаждения при прочих равных условиях имеют продуктивность на один класс бонитета выше, чем естественные. Используем это обстоятельство при расчете эффективности лесных культур. Сравнительную экономическую оценку можно дать, сопоставив выручку от реализации древесины, полученной от главных рубок в естественных и искусственных насаждениях, по выражению

$$П = (Ц_{гл} + Ц_{пр}) - (С_{гл} + С_{пр} + С_{л}),$$

где  $П$  — прибыль от мероприятий, руб./га;

$Ц_{гл}$  и  $Ц_{пр}$  — оптовая цена продукции от главных и промежуточных рубок, руб./га;

$С_{гл}$ ,  $С_{пр}$ ,  $С_{л}$  — себестоимость продукции главных, промежуточных рубок и лесокультурных работ, руб./га.

Необходимые для расчетов числовые значения параметров получаем следующим образом. Себестоимость единицы продукции при главных и промежуточных рубках в сосняках и ельниках рассчитываем по калькуляционным статьям затрат на основе фактических расходов в предприятиях объединения Кареллеспром и Минлесхоза КАССР за 1968—1970 гг. Среднесложившуюся оптовую цену 1 м<sup>3</sup> обезличенной древесины при текущем обороте рубок определяем по фактическому выходу сортиментов (прейскурант 07—03). Запас на 1 га и сортиментную структуру искусственных насаждений (III класс бонитета) устанавливаем по всеобщим таблицам хода роста нормальных насаждений и товарным таблицам Н. В. Третьякова. Себестоимость и оптовую цену для будущего оборота рубки в искусственных насаждениях рассчитываем прогнозированием. Породный состав естественных насаждений в Карелии 8Е1С1Б + Ос и 9С1Е, ед. Б. При искусственном возобновлении образуются чистые хвойные древостой.

В текущем пятилетии в Карелии планируется ежегодно создавать 50 тыс. га культур, в том числе посевом 84% и посадкой 16%, сохранять подрост на площади 48 тыс. га. Около 20% лесокультур производится на невозобновившихся лесосеках и 80% — на лесосеках со сменной пород. Сосновых культур предусматривается до 60%, еловых — до 40%. Подставим в формулу числовые значения, полученные при расчетах: для возобновления со сменной пород (ель)  $Ц_{гл} = 4573$  руб.;

$C_{лп} = 429$  руб.;  $C_{лг} = 3718$  руб.;  $C_{пг} = 508$  руб.; для сосны  $C_{лг} = 3766$  руб.;  $C_{пг} = 426$  руб.;  $C_{лг} = 3160$  руб.;  $C_{пг} = 480$  руб.; в естественных 80-летних насаждениях (ель)  $C_{лг} = 2387$  руб.;  $C_{пг} = 402$  руб.;  $C_{лг} = 2086$  руб.;  $C_{пг} = 470$  руб.; для сосны  $C_{лг} = 2345$  руб.;  $C_{пг} = 400$  руб.;  $C_{лг} = 2095$  руб.;  $C_{пг} = 461$  руб. Себестоимость создания 1 га лесокультур принята 54 руб. (средний показатель Кондопожского лесхоза, наиболее характерный для черничных и брусничных типов леса). Капиталовложения составляют до 10 руб. на 1 га. Затраты на сохранение подроста, по данным Минлесхоза КАССР, составляют 5—7 руб. на 1 га.

На лесосеках, где возобновление идет со сменой пород, прибыль от мероприятий по искусственному возобновлению на 1 га составит: для ели  $(4573 + 429) - (3718 + 508 + 54) = 722$  руб.; для сосны (расчет аналогичен) — 498 руб., а в естественном 80-летнем насаждении соответственно 233 и 189 руб. Разница в прибыли (489 руб. для ели и 309 руб. для сосны) — результат мероприятий. Общий эффект ежегодного восстановления вырубок елью на площади 16 тыс. га в Карелии может достигнуть 7,8 млн. руб., сосной на 24 тыс. га — 7,4 млн. руб. (табл. 3).

Таблица 3

Мероприятия	Прибыль, руб./га			Объем мероприятий, тыс. га	Общий эффект мероприятий, млн. руб.
	в естественных 80-летних насаждениях	при проведении мероприятий	разница		
Лесные культуры на пустырях	—	722	722	4,0	2,9
		498	498	6,0	3,0
на лесосеках со сменой пород	233	722	489	16,0	7,8
	189	498	309	24,0	7,4
Сохранение подроста хвойных пород	233	305	72	19,2	1,4
	360	451	91	28,8	2,6
Всего				39,2	12,1
				58,8	13,0

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

Если считать, что в искусственных насаждениях, в отличие от естественных, класс бонитета не увеличится, то эффект лесовозобновления в таком случае снизится и составит по ели и сосне 1,4 млн. руб.

Ввиду продолжительности срока выращивания леса, приводящей к одновременности затрат, необходимо учитывать фактор времени. Для этого «Типовая методика определения экономической эффективности капитальных вложений» [4] предлагает привести одновременные затраты более поздних лет к текущему времени через коэффициент приведения, определяемый по методу сложных или простых процентов. Согласно рекомендации ВНИИЛМа [2], коэффициент приведения находим по формуле простых процентов.

Для сплошных рубок при обороте рубки 80 лет коэффициент приведения равен 0,135. С учетом фактора времени эффект искусственного лесовозобновления в Карелии уменьшится и по ели и по сосне составит около 1,0 млн. руб. ежегодно, а без учета повышения класса бонитета насаждений около 200 тыс. руб. в год. Коэффициент эффективности затрат с учетом фактора времени в искусственных насаждениях для ели равен 0,067, для сосны — 0,120, в естественных — при возрасте рубки 80 лет соответственно 0,094 и 0,153.

## ЛИТЕРАТУРА

[1]. Методические указания по определению себестоимости лесных культур на вырубках в зоне хвойных лесов европейской части РСФСР. ЛенНИИЛХ, Л., 1965. [2]. Н. А. Моисеев, Е. В. Полянский, И. В. Туркевич, М. В. Рубцов. Методические вопросы определения экономической эффективности мероприятий по воспроизводству и использованию лесных ресурсов. Журн. «Лесное хозяйство» № 12, 1969. [3]. М. С. Синькевич, В. И. Шубин. Искусственное восстановление леса на вырубках Европейского Севера. Изд-во «Карелия», Петрозаводск, 1969. [4]. Типовая методика определения экономической эффективности капитальных вложений. Изд-во «Экономика», М., 1969.

Поступила 9 ноября 1971 г.

УДК 519:634.0.848

## ВЕРОЯТНОСТЬ ДЕФИЦИТА ДРЕВЕСИНЫ НА СКЛАДАХ ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ

А. М. ТУРЫШЕВ

Сибирский технологический институт

На основе исследования календарного движения заготавливаемой древесины и применения статистических методов дана методика определения вероятности дефицита древесины на складах лесовозных дорог и ее показателей в зависимости от объемов страховых заделов и объемов производства.

Для определения страховых заделов древесины и незавершенного производства на лесозаготовках нами исследована [2], [3] вероятность дефицита древесины на складах лесовозных дорог леспромхозов Восточной Сибири\*. Эта вероятность зависит от объемов производства (грузооборотов дорог) и величины страховых заделов и может быть представлена через  $K_{ij}$ , где  $i$  — страховые заделы, принимаемые нами в градации через 100 м<sup>3</sup> и  $j$  — объемы производства в градации 250 м<sup>3</sup> для верхних и 200 м<sup>3</sup> для нижних складов.

Дж. Букан и Э. Кенигсберг [1] определяют вероятность дефицита как ожидаемую относительную частоту появления случаев нехватки товара в течение длительного промежутка времени. По их мнению, вероятность дефицита нередко удобно находить как частное от деления числа дней, когда товар отсутствует, на общее число дней в году. Следуя этому, мы для определения  $K_{ij}$  вначале исследовали (по отчетным статистическим показателям работы леспромхозов\*\*) динамику трелевки и вывозки древесины каждым предприятием за каждый месяц. При этом выявляли величины ее дефицита и дни его возникновения при определенных объемах производства в сутки. Выполняли это следующим образом.

1. Для верхних складов лесовозных дорог определяли фактические среднемесячные объемы подвозки древесины.

2. Для соблюдения условия равнозначности месячных производственных программ по подвозке и вывозке и сохранения характера фактических суточных колебаний в ходе выполнения этих программ, показатели ежедневной подвозки корректировали коэффициентами, определяемыми соотношением среднемесячных объемов вывозки к среднемесячным объемам подвозки.

\* В обработке материалов принимали участие студенты лесинженерного факультета СибТИ Н. Хлыстова и Ж. Лазаревич.

\*\* Отчеты леспромхозов за 881 месяц.

3. Сопоставляя ежедневные скорректированные показатели по подвозке с фактическими показателями по вывозке (схема 1), выявляли возникающий дефицит древесины на верхних складах в отдельные дни месяца и фактическое покрытие его создающимися запасами. Кумулятивный, не перекрываемый в течение месяца дефицит древесины считался месячным дефицитом для данного объема производства. Аналогично сопоставлением фактических показателей по вывозке древесины со среднедневными грузооборотами нижних складов устанавливали невосполненный дефицит древесины за месяц по нижним складам.

Вероятности дефицита для каждой принятой группы суточных объемов производства  $Q_j$  определяли при задаваемых объемах страховых заделов  $Z_i$ . Порядок расчета этих коэффициентов в форме матрицы представлен на схеме 2.

Средние значения вероятностей определяли так.

1. По показателям выявленного дефицита древесины на складах устанавливали число дней простоя в каждом месяце и фиксировали в графе  $Z_0$  по строке соответствующего  $Q_j$  в расчетном листе.

2. Каждое значение страхового задела ( $Z_{100}, Z_{200}, Z_{300}, \dots, Z_i$ ) последовательно сопоставляли с объемами кумулятивного дефицита древесины, определившегося в конкретные дни месяца. Если страховой задел покрывал только кумулятивный дефицит данного дня, то последующие дни месяца с невосполняемым дефицитом древесины данным объемом страхового задела принимались за дни простоя.

Схема 1 динамики объемов древесины на складах лесовозных дорог

Отрезок времени $t_i$ , дни	Поступление древесины $П_i$ за сутки	Спрос $C_i$ за сутки	Дефицит (-) и накопление (+) $Д_i$	Дефицит кумулятивный ( $-Д_i$ )
1	$П_1$	$C_1$	$П_1 - C_1 = -Д_1$	$-Д_1$
2	$П_2$	$C_2$	$П_2 - C_2 = -Д_2$	$(-Д_1) + (-Д_2)$
3	$П_3$	$C_3$	$П_3 - C_3 = +Д_3$	
4	—	$C_4$	$Д_3 - C_4 = -Д_4$	$(-Д_1) + (-Д_2) + (-Д_4)$
5	$П_5$	$C_5$	$П_5 - C_5 = +Д_5$	
6	$П_6$	$C_6$	$(Д_5 + П_6) - C_6 = +Д_6$	
7	$П_7$	$C_7$	$(Д_6 + П_7) - C_7 = +Д_7$	
8	$П_8$	$C_8$	$(Д_7 + П_8) - C_8 = -Д_8$	$(-Д_1) + (-Д_2) + (-Д_4) + (-Д_8)$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Итого за месяц $\Sigma t_i = T_{ср}$	$\Sigma П_i = Q_j$	$\Sigma C_i = Q_j$		$\Sigma (-Д_i)$

Например, если по схеме 1 кумулятивный дефицит за месяц  $\Sigma Д = -1150 \text{ м}^3$  и складывается из дефицита в конкретные дни:  $Д_1 = -200$ ,  $Д_2 = -500$ ,  $Д_4 = -50$  и  $Д_8 = -400$ , то нарастание дефицита (см. строка 2 ниже) и числа дней простоя оборудования (строка 3), при  $Q_j = 250 \text{ м}^3$  и при указанных значениях  $Z$ , составят:

1)	$Z_0$	$Z_{100}$	$Z_{200}$	$Z_{300}$	$Z_{400}$	$Z_{500}$	$Z_{600}$
2)	200	200	200	700	700	700	700
3)	4	4	3	3	3	3	3
1)	$Z_{700}$	$Z_{800}$	$Z_{900}$	$Z_{1000}$	$Z_{1100}$	$Z_{1200}$	
2)	700	750	1150	1150	1150	1150	
3)	2	1	1	1	1	0	

Схема 2 расчета вероятностей дефицита древесины на складах лесовозных дорог

$Q_j, \text{ м}^3$	$\Sigma t_i = T_{\text{ср}}$	$Z_0$	$Z_{100}$	$Z_{200}$	$Z_{300}$	...	$Z_i$
250	$T_{\text{ср} 1}$	$K_{1,0}$	$K_{1,100}$	$K_{1,200}$	$K_{1,300}$	...	$K_{1i}$
500	$T_{\text{ср} 2}$	$K_{2,0}$	$K_{2,100}$	$K_{2,200}$	$K_{2,300}$	...	$K_{2i}$
750	$T_{\text{ср} 3}$	$K_{3,0}$	$K_{3,100}$	$K_{3,200}$	$K_{3,300}$	...	$K_{3i}$
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
$j$	$T_{\text{ср} j}$	$K_{j 0}$	$K_{j 100}$	$K_{j 200}$	$K_{j 300}$	...	$K_{ji}$

3. Определяли среднеарифметические числа дней простоя оборудования для каждого  $Z_i$  и  $Q_j$  и средние числа рабочих дней в месяце для соответствующих  $Q_j$ .

4. По отношению среднеарифметических чисел дней простоя оборудования к средним числам рабочих дней в месяце находили вероятности дефицита для каждого  $Z_i$  и  $Q_j$ .

Полученные вероятности приведены в табл. 1, а характер их зависимости от объемов страховых заделов и суточных объемов производства для некоторых вероятностей групп показан на рис. 1. Характер зависимостей вероятности от объемов страховых заделов —  $K_{ij} = f(Z_i)$  — подтверждает существенное уменьшение вероятности дефицита древесины на верхних складах дорог при увеличении объемов страховых заделов  $Z_i$  и специфичен для каждой совокупности, относящейся к определенной группе объемов производства. Зависимость вероятности от объемов производства при данном объеме страховых заделов —

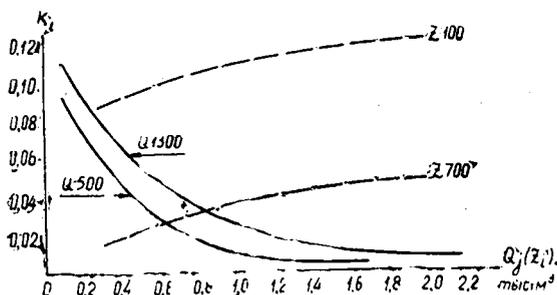


Рис. 1.

$K_{ij} = j(Q_j)$  — закономерно отражает увеличение вероятности дефицита древесины на складах при повышении объемов производства.

Таблица 1

Объем страхового задела, м <sup>3</sup>	Вероятность дефицита древесины на верхних складах при суточном объеме производства, м <sup>3</sup>					
	250	500	750	1000	1300	1850
100	0,088	0,095	0,100	0,110	0,115	0,120
200	0,068	0,078	0,085	0,092	0,096	0,100
300	0,048	0,052	0,070	0,075	0,078	0,085
400	0,038	0,048	0,057	0,060	0,067	0,073
500	0,030	0,036	0,045	0,050	0,055	0,061
600	0,024	0,025	0,036	0,041	0,046	0,051
700	0,016	0,020	0,031	0,036	0,040	0,045
800	0,012	0,015	0,027	0,031	0,035	0,040
900	0,010	0,012	0,023	0,027	0,031	0,035
1000	0,009	0,010	0,019	0,023	0,027	0,031
1100	0,008	0,009	0,015	0,021	0,024	0,028
1200	0,006	0,008	0,012	0,017	0,021	0,026
1300	0,005	0,007	0,010	0,014	0,018	0,024
1400	0,003	0,006	0,008	0,012	0,016	0,021
1500	0,002	0,006	0,008	0,010	0,014	0,019
1600	0,001	0,006	0,008	0,009	0,012	0,017
1700	—	0,006	0,007	0,008	0,010	0,015
1800	—	—	0,007	0,007	0,009	0,013
1900	—	—	0,006	0,007	0,008	0,011
2000	—	—	0,006	0,007	0,007	0,010
2100	—	—	—	0,006	0,007	0,009
2200	—	—	—	0,006	0,007	0,008
2300	—	—	—	0,006	0,007	0,007
2400	—	—	—	—	0,006	0,007
2500	—	—	—	—	0,006	0,007

Исходными данными для определения показателей вероятности дефицита древесины на нижних складах лесовозных дорог служили материалы статистической отчетности по вывозке древесины ряда лес-промхозов Восточной Сибири за последние годы\*. Результаты исследования вероятности дефицита древесины на нижних складах представлены в табл. 2.

Таблица 2

Объем страхового задела, м <sup>3</sup>	Вероятность дефицита древесины на нижних складах при суточном объеме производства, м <sup>3</sup>								
	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1850
100	0,023	0,030	0,036	0,037	0,037	0,037	0,038	0,038	0,038
200	0,019	0,020	0,026	0,026	0,027	0,027	0,027	0,028	0,028
300	0,012	0,014	0,020	0,022	0,022	0,023	0,024	0,025	0,025
400	0,006	0,012	0,017	0,018	0,019	0,020	0,022	0,021	0,023
500	0,006	0,010	0,014	0,014	0,015	0,016	0,017	0,018	0,020
600	0,005	0,009	0,012	0,012	0,013	0,014	0,015	0,016	0,017
700	0,004	0,005	0,010	0,010	0,010	0,011	0,013	0,014	0,015
800	0,002	0,004	0,008	0,010	0,009	0,009	0,011	0,011	0,013
900	0,001	0,003	0,007	0,008	0,008	0,008	0,009	0,009	0,011
1000	0,001	0,002	0,005	0,008	0,007	0,007	0,008	0,008	0,010

\* Число наблюдений — 19 302 дня работы, точность исследования от 2,05 до 0,40%.

Зависимость значений вероятности от объемов страховых заделов (так же, как и для верхних складов) носит явно гиперболический характер и увеличивается с повышением объемов производства.

Выявленная вероятность дефицита древесины на складах лесовозных дорог определяет меру зависимости непроизводительных издержек предприятий вследствие дефицита древесины на складах и указывает на необходимость внедрения в практику лесозаготовки пользования страховыми заделами древесины в оптимальных объемах.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Дж. Букан, Э. Кеннгсберг. Научное управление запасами. Перевод с английского. Изд-во «Наука», М., 1967. [2]. А. М. Турышев. Исследование незавершенного производства на лесозаготовках Восточной Сибири. Отчет по научно-исследовательской работе, СибТИ, Красноярск, 1968. [3]. А. М. Турышев. Страховые заделы древесины на лесозаготовках. Материалы конференции по итогам научно-исследовательских работ «Лесотехническое дело и механическая технология древесины», СибТИ, Красноярск, 1969.

Поступила 14 декабря 1971 г.

#### ПИСЬМО В РЕДАКЦИЮ ИВУЗ «ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ»

В статье Т. М. Бродовича «Экономическая оценка внедрения псевдотсуги в лесные насаждения Карпат», опубликованной в «Лесном журнале» № 2 за 1971 г., простые расчеты (арифметические действия в табл. 2) выполнены по методике, предложенной Т. А. Кисловой в работе «Методические указания к экономической части дипломных проектов (для студентов лесохозяйственного факультета)», Львовский лесотехнический институт, Львов, 1965.

Названное студенческое пособие издано бесплатно.

*Зав. кафедрой дендрологии и древесиноведения ЛЛТИ, доцент, канд. с/х наук*  
Т. М. Бродович.

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 634.0.161.4

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АКТИВНОСТИ КАМБИЯ  
У РАСТУЩИХ ДЕРЕВЬЕВ ЕЛИ

М. В. ЖУРАВЛЕВА

ВНИИЛМ

Предложен новый способ определения активности камбия с помощью омметра, использование которого, наряду с учетом морфологических признаков, позволит дать объективную оценку физиологического состояния деревьев при проведении постепенных рубок в разновозрастных лесах Урала.

В практике лесного хозяйства для выбора в рубку ослабленных спелых деревьев ели в разновозрастных елово-лиственных насаждениях обычно пользуются морфологическими признаками кроны и коры ствола. Так, к плохому растущим деревьям ели относят экземпляры с притупленной и изреженной кроной. Такая же форма кроны характерна для медленно растущего подроста ели под пологом леса.

Прирост древесины и продуктивность древостоев в значительной степени обусловлены активностью камбия. Чтобы объективно оценить потенциальную способность роста и разработать научно обоснованный способ отбора деревьев в рубку в соответствии с их физиологическим состоянием, необходимо изучить активность камбия у деревьев ели, различающихся морфологическими признаками и величиной прироста.

Задачей нашего исследования было изучить физиологическую активность камбия у деревьев ели различных возраста и категорий состояния. Работу проводили в елово-лиственных насаждениях горной части таежной зоны Среднего Урала (Средне-Усвильское лесничество, Чусовского лесхоза, Пермской области).

Для оценки активности камбия деревьев применяли полевой омметр конструкции Ю. С. Каширо\*. Действие этого прибора основано на существовании обратной связи между величиной полного низкочастотного электрического сопротивления растительных тканей и уровнем жизнедеятельности растений. Снижение жизнедеятельности растений при переходе к периоду покоя или при воздействии неблагоприятных факторов среды сопровождается увеличением электрического сопротивления растительных тканей. Объясняется это тем, что в период покоя протоплазма клеток обособлена. При выходе из состояния покоя происходит ряд биохимических и биофизических изменений: увеличивается оводненность и содержание электролитов, изменяется строение белков и структура протоплазмы. Это приводит к улучшению связи между клетками, и сопротивление тканей уменьшается. Повышение оводненности растительных тканей также имеет большое значение для начала синтеза нуклеиновых кислот и ростовых процессов.

Для определения величины полного электрического сопротивления прикамбиального комплекса тканей (камбий, живая часть луба и древесины прикамбиальных слоев — ПКТ) на высоте 1,3 м острым ножом обнажали участок луба длиной 3—5 см. Толщина оставшейся части луба была 2—3 мм (считая от древесины) и включала камбиальный слой и прилегающие к нему 5—10 рядов клеток флоэмы. Немедленно туда прикладывали электроды (расстояние между которыми 15 мм) и отмечали показание по шкале прибора. После измерения сопротивления  $R$  участка ткани стамеской выкалывали небольшой кусочек древесины ствола для определения величины прироста дерева за последние 2—3 года.

В период интенсивного прироста ствола по диаметру в июне — июле измеряли сопротивление прикамбиального комплекса тканей полевым омметром у 30—50 деревьев ели различных категорий: 1) молодые, хорошо растущие — 40—50 лет, диаметр ствола на 50% ниже среднего, остроконечная крона, растут в условиях хорошего освещения; 2) молодые, ослабленные — 40—50 лет, диаметр ствола на 50% ниже среднего, крона: зонтикообразная, затененные пологом насаждения; 3) спелые, хорошо растущие — 100—120 лет, остроконечная крона; 4) спелые, ослабленные — 100—120 лет, притупленная и изреженная крона.

\* Ю. С. Каширо. Электрометрический способ оценки приживаемости саженцев сосны в культурах. Труды Института экологии растений и животных. УФ АН СССР, вып. 67, 1970.

Таблица 1

Категория деревьев	Средний диаметр ствола, см	Годичный радиальный прирост, мм			R, ком
		1970	1969	1968	
Спелые, хорошо растущие	29,0	0,67	2,15	2,17	18,3
Спелые, ослабленные	20,5	0,17	0,55	0,71	75,0
Молодые, хорошо растущие	12,9	0,66	1,58	1,24	25,4
Молодые, ослабленные	9,4	0,09	0,32	0,54	94,7

Таблица 2

Сопоставляемые величины	r	$\frac{r}{m_r}$	$\eta$	$\frac{\eta}{m_\eta}$
Зависимость между сформированным годичным приростом и R ПКТ	-0,59	5,9	0,76	10,8
Зависимость между диаметром ствола и R ПКТ	-0,33	1,9	0,42	3,0

Примечание.  $r$  — коэффициент корреляции;  $\frac{r}{m_r}$  — ошибка коэффициента корреляции;  $\eta$  — корреляционное отношение;  $\frac{\eta}{m_\eta}$  — ошибка корреляционного отношения.

Полученные данные показали обратную корреляционную зависимость между величиной сопротивления ПКТ и размером годичного прироста ствола по диаметру для всех категорий деревьев ели (табл. 1 и 2). Для деревьев с хорошим приростом (радиальный годичный прирост ствола 1—3 мм) значения сопротивления ПКТ составляют 5—35 ком, для деревьев с плохим приростом (0,1—0,5 мм) — 60—150 ком, независимо от возраста и диаметра ствола. Величина сопротивления ПКТ хорошо коррелирует с морфологическими признаками деревьев ели различных категорий. Эти данные свидетельствуют о том, что использование прибора, наряду с учетом морфологических признаков, позволит дать более объективную оценку активности камбия и физиологического состояния деревьев при проведении постепенных рубок в разновозрастных лесах Урала.

УДК 634.0.165

## ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ПОЛА У СЕЯНЦЕВ ТОПОЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ БИОХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ

И. Д. ВАСИЛЕНКО

Веселобоконьковская селекционно-дендрологическая станция УкрНИИЛХА

Приведены данные о половом диморфизме семян и сеянцев тополей. Морфологические и фенологические различия разнополых молодых тополей подтверждаются биохимическими методами других авторов.

Диагностирование пола у двудомных растений, в частности, у тополей на ранних стадиях их развития, имеет важное теоретическое и практическое значение. Особый интерес при озеленении населенных пунктов представляют сеянцы и саженцы мужского пола (не образующие пуха).

Под руководством Н. В. Старовой на протяжении нескольких лет мы проводили опыты по установлению полового диморфизма у семян и сеянцев тополей. Из семян, разделенных на фракции (по цвету и коэффициенту формы) были получены проростки и сеянцы, высаженные на опытном участке Кобелякского лесничества Полтавской области.

Для сеянцев мужского и женского полов установлены морфологические и фенологические отличия как для молодых, так и для взрослых растений соответствующего вида.

Наряду с этим, пол сеянцев тополей диагностировали с помощью биохимических реакций по А. А. Кулику [1], В. В. Некрасову и В. И. Остапенко [2]. Диагностика основана на раннем наступлении биохимических отличий мужских и женских особей. Методика исследований такова: получаем вытяжку из листьев с однолетних побегов (навеску в 1—2 г растирают в ступке, добавляют 10 мл дистиллированной воды на 1 г материала и фильтруют). В первом методе к вытяжке прибавляем 1—2 капли 5%-ного раствора соды и 2—4 капли 10%-ного уксуснокислого свинца, а во втором — спиртовый раствор бензидина, смешанный с перекисью водорода (100 мг бензидина в 25 мл 5%-ной  $H_2O_2$ ), который добавляется к вытяжке в соотношении 1:5. К вытяжкам из листьев разных растений реактивы добавляют одновременно. Контрольными были осадки из листьев цветущих деревьев определенного вида и пола.

Опыты проводили в три срока: в середине мая, июня и июля 1970 г., в полевых условиях, на Кобелякском селекционном пункте. По изучаемым пяти видам и восьми гибридным тополям повторность опытов трехкратная.

По методу А. А. Кулика осадки из листьев мужских деревьев и сеянцев белого тополя были темно-желтого цвета, женских — желто-зеленого, а у дельтовидного, дельтовидного 68 × пирамидальный 69 — соответственно желто-зеленого и светло-зеленого. Вытяжки из листьев осины, черного, пирамидального тополей и семи гибридов (осина 9 × белый 30, осина 51 × Болле 60, белый 30 × осина 9а, дельтовидный 48 × черный 56, дельтовидный 48 × красонервный 33, черный 56 × пирамидальный 69, пирамидальный 20 × черный 44) у мужского пола имели темно-зеленую окраску, у женского — светло-зеленую. Если для пяти видов (белый, осина, дельтовидный, черный, пирамидальный) результаты совпали во всех реакциях, то для гибридных — в 44 из 48.

При диагностировании пола по методу В. В. Некрасова и В. И. Остапенко оказалось, что вытяжки из листьев мужских экземпляров (молодых и взрослых) имели темно-синий или темно-фиолетовый цвет, женских — светло-синий либо светло-фиолетовый. Из 43 вариантов опыта у разнополых особей пяти видов разницы не обнаружено у четырех, а у гибридов — в шести случаях из 48.

Следовательно, наиболее пригодным для диагностирования пола у сеянцев тополей можно считать метод А. А. Кулика. Менее точна реакция В. В. Некрасова и В. И. Остапенко. Одинаковая окраска осадков из листьев мужских и женских растений у гибридов в некоторых случаях объясняется, очевидно, влиянием межвидовой гибридизации.

Диморфизм по морфологическим признакам и фенологии, обнаруженный у сеянцев, подтверждается биохимическими реакциями по А. А. Кулику, В. В. Некрасову и В. И. Остапенко.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. А. А. Кулик. Диагностирование пола двудомных растений. ДАН СССР, т. 91, изд. АН СССР, М., 1953. [2]. В. В. Некрасов, В. И. Остапенко. Окислительная активность тканей некоторых культурных растений. Журн. «Агробиология» № 5, 1953.

УДК 634.0.2

## ДИНАМИКА ТРАВЯНОГО ПОКРОВА В ДУБРАВАХ, ПРОЙДЕННЫХ РУБКАМИ УХОДА\*

В. Е. ВАРФОЛОМЕЕВ

Астраханская ЛОС

Приведены результаты наблюдений за развитием травяного покрова в дубравах Воронежской области, изреженных в разной степени.

Изучение травяного покрова в древостоях имеет большое значение при исследованиях биологического круговорота веществ, водного режима почв, возобновления леса, побочных пользований, выпаса скота и т. д.

\* Работа выполнена в Воронежском лесотехническом институте под руководством доктора сельскохозяйственных наук, проф. М. С. Чернобровцева.

Развитие травянистой растительности в насаждениях, пройденных рубками ухода, зависит не только от степени изреживания древостоя и длительности периода, прошедшего после рубки, но и от погодных условий [3]. Исследования И. А. Грудзинской и Л. А. Хренниковой [2] показали, что характер и быстрота зарастания площадей интенсивного ухода связаны с наличием травяного покрова под пологом насаждения и вблизи него до рубок. Поэтому развитие травяного покрова при рубках ухода авторы рассматривают по-разному [4], [6], [7].

В июле 1967 г. в Правобережном лесничестве Воронежского лесотехнического института на 6 постоянных пробных площадях, состоящих из 16 секций, мы проводили наблюдения за развитием травянистой растительности (дубравного широколиственного). Характеристика пробных площадей дана нами ранее [1] и дополнена (табл. 1). Вегетационный период года наблюдений по метеорологическим условиям был близок к среднему многолетнему.

Таблица 1

№ пробной площади	Насаждение	Возраст, лет	Секция и степень изреживания	Интенсивность рубок ухода, % от запаса	Полнота после прореживания	Месяц и год рубки
1	Дубовое	25	А—контроль В—средняя С—сильная	— 16,8 28,6	0,99 0,65 0,61	— Июнь 1966 г.
3	Дубово-липовое	25	А—контроль В—средняя	— 15,0	0,90 0,79	Июнь 1960 г.
4	Дубово-липовое	25	А—контроль В—сильная	— 35,0	0,98 0,50	— Июнь 1955 г.
5	Дубовое	25	А—контроль В—средняя С—сильная	— 14,4 26,0	0,92 0,70 0,68	Июнь 1966 г.
6	Дубово-осиновое	25	А—контроль В—средняя С—сильная	— 18,9 30,5	0,80 0,67 0,67	— Июнь 1966 г.
7	Дубовое	60	А—контроль В—умеренная (II ярус и подлесок) С—интенсивная	— 15,0 28,0	0,75 0,60 0,55	— Январь—февраль 1963 г.

При описании травяного покрова использованы методические указания В. Н. Сукачева и С. В. Зонна [5]. На каждой секции закладывали по 10 учетных площадок размером  $1 \times 1$  м, которые располагали по возможности равномерно по всей секции. На учетных площадках глазомерно определяли степень проективного покрытия почвы в десятых долях единицы, состав травяного покрова, встречаемость каждого вида по данным 10 площадок, степень участия видов травянистой растительности по шкале Друде. После описания надземную часть травяного покрова срезали, разбирали по видовому составу, высушивали до воздушно-сухого состояния и взвешивали.

В результате анализа собранного материала было выяснено, что в 25-летних прореженных дубравах не произошло существенных изменений в видовом составе травяного покрова. Однако вследствие улучшения освещенности и влажности почвы некоторые виды образуют значительно большую массу ( $кг/га$ ), чем на контроле; возрастает наличие доминантных видов и общее проективное покрытие (табл. 2).

Из данных табл. 2 видно, что в первые годы общая масса травянистой растительности увеличивается с повышением интенсивности вырубki, что согласуется с выводами В. В. Попова (цитируется по И. Н. Елагину и К. В. Зворыкиной [3]) для дубрав северной лесостепи. В насаждениях типа условий местопрорастания  $D_2$  это увеличение происходит в результате лучшего развития осоки волосистой, звездчатки ланцетолитной, копытены европейского, сныти обыкновенной, сочевичника весеннего (пробные площади № 1, 3 и 4), а в типе  $S_2$  при разреживании насаждений, кроме того, заметно увеличивается масса щучки (пробные площади № 5 и 6).

Масса травянистой растительности увеличивается и по прошествии 6—11 лет, но различия становятся менее заметными вследствие выравнивания и стабилизации сомкнутости полога и микроклиматических условий. В целом же масса травянистой

Вид	Интенсивность рубки								
	контроль			средняя			сильная		
	масса	встречаемость	обилие	масса	встречаемость	обилие	масса	встречаемость	обилие
Пробная площадь № 1—D <sub>1</sub>									
Осика волосистая . . . . .	50,10	10	cop. <sup>2</sup>	43,50	10	cop. <sup>2</sup>	134,30	10	cop. <sup>3</sup>
Звездчатка ланцетолистная . . . . .	18,10	9	sp. <sup>2</sup>	22,62	9	cop. <sup>1</sup>	27,35	10	cop. <sup>1</sup>
Копытень европейский . . . . .	6,20	9	sp. <sup>2</sup>	9,53	8	sp. <sup>1</sup>	15,82	8	cop. <sup>1</sup>
Сныть обыкновенная . . . . .	2,90	7	sol.	5,63	7	sol.	7,35	9	sp. <sup>1</sup>
Сочевичник весенний . . . . .	3,82	9	sp. <sup>1</sup>	6,2	9	sp. <sup>2</sup>	8,70	9	sp. <sup>1</sup>
Прочие виды . . . . .	13,82	—	—	21,07	—	—	16,92	—	—
Общая масса . . . . .	94,94	—	—	109,07	—	—	210,24	—	—
Общее проективное покрытие . . . . .	—	0,4	—	—	0,4	—	—	0,6	—
Пробная площадь № 5—C <sub>2</sub>									
Осика волосистая . . . . .	10,00	10	cop. <sup>1</sup>	28,22	10	cop. <sup>1</sup>	63,12	10	cop. <sup>2</sup>
Звездчатка ланцетолистная . . . . .	12,28	7	sp. <sup>2</sup>	15,57	9	cop. <sup>1</sup>	10,15	10	sp. <sup>3</sup>
Щучка . . . . .	3,35	6	sp. <sup>1</sup>	14,07	9	cop. <sup>1</sup>	11,07	9	sp. <sup>2</sup>
Сныть обыкновенная . . . . .	1,52	3	sol.	3,70	7	sol.	1,36	6	sol.
Будра плющевидная . . . . .	2,35	7	sol.	4,40	8	sol.	2,95	8	sol.
Сочевичник весенний . . . . .	1,22	5	sol.	2,42	6	sol.	2,28	7	sol.
Прочие виды . . . . .	3,52	—	—	10,70	—	—	6,86	—	—
Общая масса . . . . .	64,64	—	—	79,08	—	—	97,79	—	—
Общее проективное покрытие . . . . .	—	0,2	—	—	0,2	—	—	0,3	—
Пробная площадь № 6—C <sub>2</sub>									
Осика волосистая . . . . .	16,71	10	cop. <sup>1</sup>	14,65	9	cop. <sup>1</sup>	39,95	10	cop. <sup>1</sup>
Звездчатка ланцетолистная . . . . .	9,95	9	sp. <sup>3</sup>	13,32	7	sp. <sup>1</sup>	9,82	10	sp. <sup>3</sup>
Щучка . . . . .	6,75	4	sol.	4,30	7	sp. <sup>1</sup>	9,0	7	sol.
Будра плющевидная . . . . .	6,27	7	sp. <sup>2</sup>	3,62	6	sp. <sup>1</sup>	19,7	8	cop. <sup>1</sup>
Сныть обыкновенная . . . . .	4,63	8	sp. <sup>3</sup>	5,05	9	sp. <sup>1</sup>	5,3	7	sp. <sup>1</sup>
Вероника дубравная . . . . .	8,55	7	sp. <sup>2</sup>	7,26	7	sp. <sup>2</sup>	14,25	6	sp. <sup>2</sup>
Прочие виды . . . . .	6,09	—	—	14,35	—	—	10,14	—	—
Общая масса . . . . .	59,95	—	—	62,55	—	—	110,16	—	—
Общее проективное покрытие . . . . .	—	0,2	—	—	0,3	—	—	0,4	—

Вид	Интенсивность рубки								
	контроль			средняя			сильная		
	масса	встречаемость	обилие	масса	встречаемость	обилие	масса	встречаемость	обилие
Пробная площадь № 3 — D <sub>2</sub>									
Осока волосистая . . . . .	32,95	10	cop. <sup>1</sup>	—	—	—	63,20	10	cop. <sup>1</sup>
Звездчатка ланцетолистная . . . . .	11,35	10	sp. <sup>3</sup>	—	—	—	15,92	10	sp. <sup>3</sup>
Копытень европейский . . . . .	5,30	8	sp. <sup>3</sup>	—	—	—	3,62	9	sp. <sup>1</sup>
Сочевичник весенний . . . . .	1,60	8	sol.	—	—	—	5,15	8	sol.
Сныть обыкновенная . . . . .	3,20	8	sp. <sup>3</sup>	—	—	—	3,23	7	sp. <sup>3</sup>
Прочие виды . . . . .	11,95	—	—	—	—	—	11,82	—	—
Общая масса . . . . .	69,35	—	—	—	—	—	102,81	—	—
Общее проективное покрытие . . . . .	—	0,3	—	—	—	—	—	0,4	—
Пробная площадь № 4 — D <sub>2</sub>									
Осока полосистая . . . . .	54,40	10	cop. <sup>1</sup>	—	—	—	76,35	10	cop. <sup>3</sup>
Звездчатка ланцетолистная . . . . .	19,60	9	sp. <sup>3</sup>	—	—	—	8,72	9	sp. <sup>1</sup>
Копытень европейский . . . . .	4,67	7	sp. <sup>1</sup>	—	—	—	6,18	10	sp. <sup>1</sup>
Сочевичник весенний . . . . .	6,17	9	sp. <sup>1</sup>	—	—	—	10,90	10	sp. <sup>3</sup>
Сныть обыкновенная . . . . .	1,85	8	sol.	—	—	—	5,36	7	sp. <sup>3</sup>
Прочие виды . . . . .	4,78	—	—	—	—	—	10,22	—	—
Общая масса . . . . .	91,77	—	—	—	—	—	118	—	—
Общее проективное покрытие . . . . .	—	0,3	—	—	—	—	—	0,4	—

Примечание. D<sub>1</sub> и C<sub>2</sub> — типы условий местопроизрастания.

Вид	Интенсивность рубки								
	контроль			вырубка подлесок			проходная рубка		
	масса	встречаемость	обилие	масса	встречаемость	обилие	масса	встречаемость	обилие
Пробная площадь № 7 — D <sub>2</sub>									
Осока волосистая . . . . .	11,10	6	sp. <sup>2</sup>	14,68	5	sp. <sup>1</sup>	36,75	9	cop. <sup>1</sup>
Сныть обыкновенная . . . . .	8,05	9	cop. <sup>1</sup>	22,50	9	cop. <sup>2</sup>	13,95	6	cop. <sup>1</sup>
Звездчатка ланцетовидная . . . . .	9,00	9	sp. <sup>1</sup>	12,40	8	sp. <sup>1</sup>	7,85	7	sp. <sup>1</sup>
Вероника дубравная . . . . .	5,70	5	sol.	11,65	8	sp. <sup>1</sup>	5,50	4	sol.
Чистец лесной . . . . .	2,50	8	sol.	83,13	5	cop. <sup>2</sup>	0,70	4	sol.
Фиалка удивительная . . . . .	2,12	8	sp. <sup>1</sup>	11,87	9	sp. <sup>2</sup>	1,60	4	sol.
Сочевичник весенний . . . . .	1,17	9	sol.	2,20	5	sol.	1,87	6	sol.
Земляника . . . . .	1,20	1	sol.	16,95	6	cop. <sup>1</sup>	1,70	2	sol.
Медуница неясная . . . . .	1,07	5	sol.	3,75	3	sol.	2,42	7	sol.
Копытень европейский . . . . .	1,10	7	sol.	5,65	7	sp. <sup>1</sup>	2,75	5	sol.
Перловник поникший . . . . .	0,80	3	sol.	1,28	4	sol.	0,45	3	sol.
Будра плющевидная . . . . .	0,92	1	sol.	16,83	6	sp. <sup>2</sup>	3,30	4	sp. <sup>1</sup>
Щучка . . . . .	0,85	1	sol.	12,00	8	sp. <sup>1</sup>	—	—	—
Горошек заборный . . . . .	—	1	un.	18,18	5	sp. <sup>1</sup>	3,95	1	sol.
Малина . . . . .	—	—	—	17,55	6	sp. <sup>2</sup>	1,05	1	sol.
Крапива двудомная . . . . .	—	—	—	17,58	2	sol.	—	—	—
Прочие виды . . . . .	—	—	—	6,80	—	—	2,27	—	—
Общая масса . . . . .	45,58	—	—	305,00	—	—	86,11	—	—
Общее проективное покрытие . . . . .	—	0,2	—	—	0,6	—	—	0,3	—
Всего видов . . . . .	—	18	—	—	29	—	—	18	—

растительности в 25-летних дубравах на контрольных секциях составляет 60—95 кг/га в воздушно сухом состоянии, а на прореженных 98—210 кг/га.

В 60-летней снытьево-осоковой дубраве (тип условий местопроизрастания D<sub>2</sub>) влияние рубок ухода на изменение травяного покрова более существенно, чем в 25-летних насаждениях, только на секциях с вырубленным подростом и частично вторым ярусом (табл. 3). Общее проективное покрытие травяного покрова через 4 года после рубки увеличилось по сравнению с контролем с 20 до 60%, а общая масса с 45 до 305 кг/га. Увеличилось и число видов травянистой растительности. Если на контроле в июле было найдено 18 видов, то на секции с вырубленным подростом — 29. Появились совершенно новые влаголюбивые виды (крапива двудомная и малина); значительно возросли обилие и масса таких растений, как сныть обыкновенная, чистец лесной, земляника.

На секции с проходной рубкой в видовом составе травяного покрова существенных изменений не произошло, масса травяного покрова возросла с 45 до 86 кг/га.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. В. Е. Варфоломеев. Освещенность в дубравах под влиянием рубок ухода. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1970. [2]. И. А. Грудзинская, Л. А. Хренников а. Изменение травяного покрова под пологом дубово-ясеневое насаждения в связи с рубками ухода. Изд-во АН СССР, М., 1960. [3]. И. Н. Елагин, К. В. Зворыкина. Влияние рубок ухода в дубовых лесах на сезонное развитие растительности. Сообщение лаборатории лесоведения АН СССР, вып. 5, 1961. [4]. И. К. Свиридов а. Влияние рубок ухода на запасы влаги в почвах осинников. Труды Воронежского государственного заповедника, вып. XIII, 1961. [5]. В. Н. Сукачев, С. В. Зонн. Методические указания к изучению типов леса. Изд-во АН СССР, М., 1961. [6]. В. И. Таранков. Изменение гидрологической роли дубовых древостоев, пройденных рубками ухода различной интенсивности. Сб. «Молодые лесоводы сорокалетию Великого Октября», М., 1957. [7]. И. И. Шишков. К вопросу о влиянии рубок ухода на влажность почвы в сосняках лесостепи. Труды ЛТА, № 68, Л., 1950.

УДК 634.0.24

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛЕСОВОДСТВЕННОГО УХОДА ЗА ДУБОМ В НЕКОТОРЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ЮГО-ВОСТОКА БССР

В. Е. УДОД

Мариупольская ЛОС УкрНИИЛХА

Исследовано влияние рубок ухода за составом насаждения на рост и продуктивность культур в условиях D<sub>3</sub> и B<sub>2</sub> в Белоруссии.

Важное значение в формировании насаждений, повышении продуктивности и устойчивости дубрав имеют рубки ухода. Нами установлено влияние ухода за составом насаждения (в условиях B<sub>2</sub> и D<sub>3</sub> юго-востока БССР) на его рост и продуктивность.

В условиях B<sub>2</sub> исследованы 30-летние культуры дуба, созданные посевом на лесосеке в площадки размером 1,0×1,5 м (400 шт. на 1 га), по 30 желудей в площадку. Почвы участков супесчаные дерново-подзолистые среднеподзоленные, развивающиеся на мелкозернистых флювиогляциальных супесях. Естественная часть насаждения представлена сосной, березой, осинкой и грабом.

В типе условий D<sub>3</sub> культуры произведены посевом в площадки 1,5×1,5 м, до 30 желудей в каждую, расстояние между ними 5 м.

Почвенный покров представлен дерново-подзолистыми сильноподзоленными пылевато-суглинистыми почвами, сформировавшимися на маломощных лесовидных суглинках. Естественное возобновление состоит из ольхи, граба, березы, ясеня обыкновенного, клена остролистного. Культуры созданы на землях сельскохозяйственного пользования.

Пробные площади закладывали по принятой в лесной таксации методике, в трехкратной повторности. Основные таксационные показатели вычислены с применением методов математической статистики.

Состав насаждения участков 30-летних культур с уходом — 5,2Д2,9Б1,6Гр0,3С, без ухода — 7,2С1,5Б0,8Ол0,5Д, ед. Ос, Гр; 32-летних культур соответственно 10Д и 3,9Д5,4Ол,2Б0,5Яс. об.

Рубки ухода улучшили рост насаждения и повысили его биологическую устойчивость. Если на участке без ухода в  $D_3$  имеется 1298 усыхающих и усохших растений на 1 га, то в  $B_2$  их 2213.

Угнетение породами естественного возобновления привело к снижению интенсивности роста по высоте и диаметру всего насаждения, а также деревьев I—II классов Крафта, особенно в более тяжелых лесорастительных условиях ( $B_2$ ).

Культуры дуба в типе условий  $D_3$  и  $B_2$ , без проведения рубок ухода, представляют двухъярусное насаждение. Верхний полог образуют породы, возобновившиеся естественным путем, дуб находится во втором ярусе.

Плохое развитие крон дубков, слабая их освещенность и уменьшение площади питания обуславливают низкие таксационные показатели дубовой части насаждения без ухода (табл. 1, в числителе данные для всего насаждения; в знаменателе — по дубу).

Таблица 1

Показатели	Величина показателей по мероприятиям в культурах и типам лесорастительных условий			
	рубки ухода		контроль	
	$D_3$	$B_2$	$D_3$	$B_2$
Возраст, лет	32	30	32	30
Количество стволов на 1 га, шт.	2021	3573	2837	4500
	$\frac{1917}{}$	$\frac{2993}{}$	$\frac{2433}{}$	$\frac{3463}{}$
Средняя высота $M+t$ , м	$9,4 \pm 0,22$	$5,3 \pm 0,10$	$6,0 \pm 0,12$	$3,0 \pm 0,07$
Средний диаметр $M \pm t$ , см	$7,7 \pm 0,25$	$4,2 \pm 0,11$	$4,9 \pm 0,12$	$2,1 \pm 0,06$
Сумма площадей сечения, м <sup>2</sup>	8,92	7,69	9,51	16,04
	$\frac{8,90}{}$	$\frac{4,00}{}$	$\frac{4,58}{}$	$\frac{1,20}{}$
Количество срубленной древесины, м <sup>3</sup> /га	14,7	18,5	3,0	—
	$\frac{1,5}{}$	$\frac{2,1}{}$	—	—
Запас, м <sup>3</sup> /га	66,96	47,7	78,3	92,0
	$\frac{66,90}{}$	$\frac{25,5}{}$	$\frac{29,7}{}$	$\frac{4,4}{}$
Прирост дуба, м <sup>3</sup> /га				
	текущий	3,6	1,2	1,8
средний	2,1	0,85	0,93	0,15

Чтобы установить степень угнетения главной породы в разных условиях местопрорастания, мы определяли напряженность роста дуба и естественной части насаждения (по методу К. К. Высоцкого\*). Наибольшей напряженностью роста культур дуба в типе  $B_2$ ; на участках с рубками ухода, в условиях  $D_3$  и  $B_2$ , она снижается соответственно в 1,6 и 2,5 раза.

Анализ хода роста показал, что в типе условий  $D_3$  и  $B_2$  уже 10-летний дуб начинает подвергаться некоторому угнетению со стороны естественного возобновившихся пород. Рубки ухода в этот период улучшают световой режим для главной породы и почвенное питание растений, в результате чего увеличивается прирост по высоте и диаметру, сумме площадей сечения и запасу. Наибольшая разница между основными таксационными показателями дуба на участках с уходом и без него наблюдается в типе условий  $B_2$ . Поэтому при выращивании дуба в жестких условиях особое внимание следует уделять уходу за составом насаждения.

Осветления и прочистки существенно влияют не только на количественную, но также и на качественную продуктивность насаждений и распределение деревьев по классам роста. Если на участке с рубками ухода в типе  $D_3$  имеется 630, а без лесоводственного ухода 490 деревьев I класса Крафта, то в  $B_2$  соответственно 590 и 305 растений.

Уход за составом насаждения способствует формированию более прямых стволов главной породы — одного из основных критериев в оценке качественной продуктивности насаждений в возрасте рубки. Так, в 32- и 30-летних культурах с рубками ухода насчитывается соответственно в 1,9 и 2,0 раза больше дубков с прямыми стволами. При отсутствии лесоводственного ухода естественного возобновившиеся быстрорастущие породы находятся на близком расстоянии от дубков. Последние уклоняются от затенения, в результате чего формируются искривленные стволы.

\* К. К. Высоцкий. Способы измерения межвидовых взаимоотношений пород в смешанных древостоях. «Ботанический журнал» № 4, 1958.

Осветления и прочистки оказывают существенное влияние на развитие крон и горизонтальную сомкнутость полога главной породы. Если в типе  $D_3$  на участках с рубками ухода и без них площадь проекций крон одного дерева соответственно составляет 4,32 и 1,88  $m^2$ , то в  $B_2$  разница более ощутима — 1,88 и 0,57  $m^2$ .

При оценке культур следует учитывать не только рост и продуктивность насаждений, но также затраты труда и денежных средств, необходимые для их производства и выращивания. Стоимость создания и выращивания 1 га культур с уходом в  $D_3$  составляет 120 руб., без ухода — 64 руб., в  $B_2$  соответственно 130 и 50 руб. Однако 32-летние культуры с рубками ухода имеют более низкую себестоимость (1 р. 80 к.) выращивания 1  $m^3$  обезличенной древесины и более высокую ее таксовую стоимость. Затраты на проведение уходов в данном случае перекрываются стоимостью прироста по запасу. Затраты на выращивание 1  $m^3$  обезличенной древесины без ухода составляют 2 р. 20 к. Денежные средства, истраченные на осветления и прочистки в типе  $B_2$ , в 30-летних культурах еще не перекрываются стоимостью прироста древесины.

Своевременный уход за составом насаждения улучшает рост культур, повышает их количественную и качественную продуктивность и эффективен экономически.

УДК 634.0.232.311.1

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СЕМЕНОШЕНИЯ ЕЛИ ПО ДАННЫМ ПРОРАЩИВАНИЯ ЖЕНСКИХ ПОЧЕК\*

А. И. БАРАБИН

Вельский лесхоз Архангельской области

Показано, как отличить женскую почку от вегетативной путем проращивания задолго до их естественного раскрытия в природе.

Для раннего прогнозирования урожая семян многих древесных пород необходимо различать вегетативные и генеративные почки, особенно хвойных пород, плодоносящих не ежегодно. А. А. Молчанов [6] пишет о предсказании семенных лет у ели, но ограничивается учетом мужских почек в конце зимы или весной. Т. П. Некрасова [7], И. Д. Аникеева и Е. Г. Минина [1], О. Б. Михалевская [5] и др. также мало затрагивают вопрос о морфологических признаках зачаточных почек. Конкретные различия почек ели Костромской области указывает П. В. Зыков [4]. Используя наши данные [2], [3], можно с полной достоверностью различать мужские и женские почки.

Диагностирование почки на основе дендрологических различий надежно, но требует снятия кроющих чешуй и просмотра конусов нарастания, ибо женскую почку по внешнему виду не всегда легко отличить от вегетативной.

В 1969—1971 гг. в ельниках-зеленомошниках средних полнот мы провели работы по прерыванию покоя у женских почек. Для проращивания брали ветки с первой—пятой мутовки кроны ели (считая от вершины дерева) длиной до 30 см, имеющие женские почки. Сразу после доставки с лесосеки ветки ставили в воду в комнатных условиях при температуре 18—20°C (можно ставить и целые верхинки). Концы веток под водой не обрезали.

Оказалось, что у веток ели, помещенных в воду в ноябре—декабре, уже через 14—17 дней женские почки достигают длины 15 мм и хорошо отличимы от вегетативных, величина которых не изменяется. На первой—пятой мутовках кроны мужских почек нет. В большом количестве они начинают появляться ниже десятой мутовки, и спутать их с вегетативными и женскими невозможно, ибо они меньше по размерам и имеют округлую форму. Зачатки соцветий появляются над растущей женской почкой через 17—20 дней после начала опыта. Покой зачатка женской почки можно прерывать как на свету, так и в полной темноте, так как рост его в обоих вариантах одинаков.

Из опыта следует, что отличить женскую почку от вегетативной путем проращивания можно задолго до их естественного раскрытия в природе. Предложенный нами метод менее трудоемок, чем дендрологический, ибо позволяет прогнозировать урожай семян ели только подсчетом женских почек.

\* Работа выполнена под руководством доц. П. И. Войчала, которому приношу благодарность.

## ЛИТЕРАТУРА

[1]. И. Д. Анисеева, Е. Г. Минаина. О жизнедеятельности конуса нарастания у древесных пород в связи с сексуализацией побегов. «Ботанический журнал», 44 (7), 1959. [2]. А. И. Барабин. Морфологические различия в строении и расположении генеративных и вегетативных почек у ели. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1967. [3]. А. И. Барабин. Прогнозирование урожая семян ели методом подсчета числа женских почек. Информационный листок № 61—62, Архангельский центр НТИ и пропаганды, 1971. [4]. П. В. Зыков. О прогнозировании плодоношения ели по генеративным почкам. Журн. «Лесное хозяйство» № 2, 1967. [5]. О. Б. Михалевская. О сроках формирования генеративных почек у лиственницы даурской и ели аянской на Камчатке. «Ботанический журнал», 47 (11), 1962. [6]. А. А. Молчанов. Предсказание урожая еловых семян. ДАН СССР, т. 64, 5, 1949. [7]. Т. П. Некрасова. Семенные годы и проблема прогноза урожаев у хвойных древесных пород. Труды по лесному хозяйству Западно-Сибирского филиала АН СССР, Новосибирское общество НТОлеспром, 3, 1957.

УДК 634.0.44

## МАТЕРИАЛЫ ПО ИЗУЧЕНИЮ ГРИБНОЙ ФЛОРЫ ЛОХА УЗКОЛИСТНОГО В ЛЕСНЫХ ПОЛОСАХ АЗЕРБАЙДЖАНА

Э. С. ГУСЕЙНОВ

АзербНИИЛХА

Рассмотрены возбудители заболеваний различных органов лоха узколистного. Приведен оригинальный метод диагностики этих болезней.

Лох узколистный (*Elaeagnus angustifolia* L.) широко используется на Северном Кавказе, в Закавказье и в Средней Азии при создании полезных лесных полос и озеленении как ценная засухоустойчивая и быстрорастущая порода. При его выращивании нельзя не учитывать вредной деятельности грибных организмов, которые поселяются на разных органах растений и вызывают заболевания.

О грибной флоре лоха мы нашли в ряде работ [7], [8], [1], [2], [5], [3], [6] лишь единичные сведения, в связи с чем с 1967 г. начали систематическое изучение грибов на лохе и вызываемых ими заболеваний.

При обследовании лесополос в различных районах республики на лохе обнаружено 13 видов грибов, относящихся к 10 родам\*. Среди них 10 видов являются возбудителями заболеваний. Наиболее вредоносны септориоз (*Septoria argyrea* Sacc.), антракноз (*Septogloeum savulescui* Negri) и пятнистость листьев (*Phyllosticta elaeagni* (Sacc.) Allesch., *Ph. argyrea* Speg.).

Незначительная часть грибов ведет сапрофитный или факультативно-паразитный образ жизни (виды родов *Stemphylium*, *Phoma*). Они развиваются на растениях, ослабленных другими грибами, неблагоприятными условиями или вредителями, и на перезимовавших остатках растений.

Отмечены случаи развития двух, реже трех различных видов грибов на одном и том же растении и даже на одном листе и ветви. Выявлены новые для микологической флоры СССР и Азербайджана виды.

Ниже приводится список грибов с характерными их признаками и симптомами вызываемых ими заболеваний, а также питающего субстрата.

1. *Stemphylium botryosum* Wallg. [4:107]. Пятна на листьях коричневые, округлые, 5—8 мм в диаметре. Дерновинки бархатистые, черновато-коричневые, на верхней стороне листьев. Конидиеносцы тесно скученные, коричневые, пучками, размером  $(75 \div 100) \times (4 \div 8)$  мк. Конидии оливковые или коричневые, мелкощетиноньные, эллипсоидальные или яйцевидные, размером  $(18 \div 45) \times (10 \div 15)$  мк, с 2—3 продольными и 5 поперечными перегородками. Собран на живых листьях.

\* Виды грибов определяли на кафедре фитопатологии Ленинградского сельскохозяйственного института под руководством докторов биологических наук, профессоров П. Н. Головина и М. К. Хохрякова, а также в отделе споровых растений БИНа им. В. Л. Комарова АН СССР и в лаборатории микологии им. А. А. Ячевского ВИЗРА.

2. *Phyllosticta elaeagni* (Sacc.) Allesch. [9:39]. Пятна на листьях коричневые, многочисленны, разбросанные, 3—5 мм в диаметре. Пикниды на верхней стороне, иногда на нижней, черные, полупогруженные, прорывающиеся, многочисленны, шаровидные, 120—250 мк в диаметре, с округлым порусом. Конидии цилиндрические или эллипсоидальные, размером  $(8,1 \div 9,8) \times (3 \div 3,5)$  мк, слегка зеленоватые. Собран на живых листьях. Вызывает пятнистость листьев с последующим их опадением.

3. *Phyllosticta argyrea* Speg. [8:36]. Пятна на листьях белые, сероватые или светло-коричневые, округлые, до 5 мм в диаметре. Пикниды на верхней стороне листа, скупенные, параллелктенхиматические, коричневые, почти шаровидные, 75—100 мк в диаметре, с округлым порусом в 13—20 мк в диаметре. Конидии эллипсоидальные или эллипсоидально-веретеновидные, размером  $(4,2 \div 5,3) \times (1,3 \div 2,2)$  мк, бесцветные. Собран на живых листьях. Вызывает пятнистость листьев.

4. *Septoria argyrea* Sacc. [1:121]. Пятна на листьях темно-бурые, многочисленны, округлые, до 3 мм в диаметре, с расплывчатой грязно-желтой зоной. Пикниды на верхней стороне листа, выступающие, многочисленны, линзоподобные, 70—120 мк в диаметре. Конидии прямые или изогнутые, удлинненно-цилиндрические, с 2—5 поперечными перегородками, размером  $(20 \div 37,8) \times (3 \div 3,7)$  мк, бесцветные. Собран на живых листьях. Вызывает септориоз листьев. Очень вредоносен.

5. *Ascochyta elaeagni* Sacc. [9:641]. Пятна на листьях многочисленны, светло-коричневые, снизу серые, с узкой каштановой каймой, легко разрывающиеся и крошащиеся, округлые или неправильные, до 5 мм величины. Пикниды на верхней стороне листа прорывающиеся, коричневые, тонкостенные, с параллелктенхиматической оболочкой, округлые, 75—135 мк в диаметре. Конидии прямые или согнутые, с одной поперечной перегородкой, перетянутые или без перетяжек, веретеновидные, продолговато-эллипсоидальные или продолговато-яйцевидные размером  $(8,6 \div 11,7) \times (2,4 \div 3,5)$  мк (отдельные конидии до 15,4 мк длины). Собран на живых листьях. Сильно поражены листья засыхают.

6. *Ceuthospora phyllosticta* Massal. [9:617]. Пятна на листьях светло-коричневые или бурые, окаймленные более темным ободком (ткашь листа вокруг пятен желтая), неправильные или вытянутые, многочисленны, до 5 мм величины. Ложа на верхней стороне листа разбросанные, черные, с более или менее выделенными камерами, но чаще всего почти однокамерные, погруженные, шаровидные или шаровидно-конические, 140—170 мк в диаметре. Конидиеносцы простые или разветвленные, размером  $(16 \div 22) \times 1$  мк. Конидии короткопалочковидные, размером  $(3 \div 6) \times (1,3 \div 1,8)$  мк, бесцветные. Собран на живых листьях. Вызывает бурую пятнистость. В СССР отмечен впервые. Известен в Северной Италии.

7. *Fusicoccum elaeagni* Carter et Sacamano [11:537]. Стромы рассеянные, коричневые, подушковидные, однокамерные, одиночные или собраны в группы, погруженные, затем прорывающиеся, 300—450 мк в диаметре. Конидиеносцы простые, нитевидные, размером  $(7 \div 12) \times (1 \div 1,3)$  мк. Конидии с 3—4 каплями жира, прямые, реже согнутые, веретеновидные, размером  $(7,7 \div 11,4) \times (1,8 \div 2,2)$  мк, на концах заостренные, бесцветные. Собран на сухих ветвях, вызывает усыхание ветвей. В СССР отмечен впервые. Известен в Колумбии.

8. *Phoma elaeagnella* Scke [9:206]. Пикниды погруженные, затем прорывающиеся, разбросаны или собраны в группы, черные, многочисленны, шаровидные, 130—150 мк в диаметре. Конидии одноклеточные с двумя каплями жира по полюсам, эллипсоидальные или яйцевидные, размером  $(4 \div 5) \times (2 \div 2,5)$  мк, бесцветные. Собран на сухих ветвях. Известен в Англии, ФРГ и ГДР, в СССР — только в Азербайджане и Казахстане.

9. *Coniothyrium elaeagni* N. Golovina [3:235]. Пикниды погруженные, затем прорывающиеся, коричневые, тонкостенные, параллелктенхиматические, шаровидные или слегка вытянутые, 225—320 мк в диаметре. Конидии светло-коричневые, с тонкой оболочкой, широко-эллипсоидальные, яйцевидные или почти округлые, размером  $(9,3 \div 11) \times (7,3 \div 8,4)$  мк. Собран на сухих ветвях. На Кавказе отмечается впервые. В СССР известен только в Азербайджане и Узбекской ССР.

10. *Diplodia elaeagni* Pass. [10:120]. Пикниды собраны в группы, погруженные, затем прорывающиеся, черные, углстые, шаровидные, 250—450 мк в диаметре. Конидии коричневые, с одной поперечной перегородкой, не перетянутые, цилиндрические, вытянуто-яйцевидные или продолговато-эллипсоидальные, размером  $(20 \div 25) \times (8 \div 9,5)$  мк с толстой оболочкой. Собран на сухих ветвях. На Кавказе отмечается впервые. Известен в Германии.

11. *Diplodia elaeagnella* Tassi [8:763]. Пикниды погруженные, затем прорывающиеся, черные, толстостенные, округлые, 260—300 мк в диаметре. Конидии коричневые, с одной поперечной перегородкой, перетянутые, яйцевидные, размером  $(17 \div 21) \times (8 \div 10)$  мк. Собран на сухих ветвях.

12. *Septogloeum savulescui* Negru [12:1027]. Пятна на листьях светлые, мелкие, с темно-коричневой узкой, вытуклой каймой, округлые, 3—5 мм в диаметре. Ложа на верхней стороне листа округлые или несколько вытянутые, неправильные, разбросаны

или собраны в группы, погруженные, затем прорывающиеся, сначала серовато-беловатые, затем темно-бурые или коричневые, 80—125 мк в диаметре. Конидиеносцы простые, бесцветные, на концах заостренные, с одной перегородкой. Конидии с 1—3 поперечными перегородками, слегка перетянутые, цилиндрические или цилиндрическо-веретеновидные, на концах закругленные или заостренные, прямые или изогнутые, размером  $(10 \div 21) \times (2,2 \div 4)$  мк, слегка буроватые или почти бесцветные. Конидии только с тремя перегородками, размером  $(20 \div 40) \times (2,2 \div 4)$  мк. Собран на живых листьях. Вызывает антракноз листьев. В СССР отмечается впервые. Известен в Румынии. По Негру [12], конидии имеют величину  $(16 \div 40) \times (3,5 \div 4)$  мк.

13. *Coryneum elaeagni* Jasz. [8:178]. Ложа черные, прикрытые растрескивающейся перидермой, сильно выпуклые, округлые или продолговатые, 1,5—2 мм в диаметре. Конидии с 4—5 поперечными перегородками, прямые или слегка согнутые, булавовидные, реже продолговатые или широковеретеновидные, на обоих концах широко закругленные или на одном конце широко усеченные, слабо перетянутые, размером  $(54 \div 57) \times (13 \div 16)$  мк, оливковые или темно-бурые. Собран на сухих ветвях. Вызывает усыхание ветвей. Описан А. А. Ячевским [8] в Саратовской и Воронежской областях в 1907 г.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. Н. Воронихин. Материалы к микологической флоре Кавказа. Ч. II, Грибы Арешского уезда из коллекции Кавказского Музея, «Известия Кавказского Музея», т. IX, 1915. [2]. Н. Н. Воронихин. Материалы к флоре грибов Кавказа. Труды Ботанического Музея АН СССР, т. XXI, 1927. [3]. Н. П. Головина. Новые виды несовершенных грибов, собранные в Узбекистане в 1954 г. Ботанический материал отдела споровых растений БИН АН СССР, вып. 13, 1960. [4]. С. И. Симонян. Грибные паразиты растений ботанических садов Армянской ССР, Ереван, 1965. [5]. Д. Н. Тетеревникова-Бабаян, С. И. Симонян. Болезни субтропических культур в Армянской ССР. «Известия АН Армянской ССР», т. V, № 1, Ереван, 1952. [6]. Д. Н. Тетеревникова-Бабаян, В. А. Погосян. Новые для Армянской ССР виды грибов на плодовых и ягодных растениях. «Известия АН Армянской ССР», т. 18, № 6, Ереван, 1965. [7]. А. А. Ячевский. Ежегодник сведений о болезнях и повреждениях культурных и дикорастущих полезных растений. Т. III. СПб., 1907. [8]. А. А. Ячевский. Определитель грибов. Т. II, СПб, 1917. [9]. A. Allescher. Rabenhorst's Kryptogamen-Flora von Deutschland, Osterreich und der Schweiz. V. 6, Leipzig, 1901, [10]. A. Allescher. Rabenhorst's Kryptogamen-Flora von Deutschland, Osterreich und der Schweiz. V. 7, Leipzig, 1903. [11]. J. C. Carter. Ch. M. Saccano A new Disease of Russian olive. «Mycologia», 59, n. 3. New-York, 1967, [12]. A. Negru, Citeva melanconiale noi pentru micoflora R. P. R. Buletin Stintific Academia Republicii Populare Romine, t. 6, n. 3, 1954.

УДК 634.0.24

## ПРИНЦИПЫ ЛАНДШАФТНЫХ РУБОК НА ПРИМЕРЕ ЛЕСОПАРКОВ г. ЛЕНИНГРАДА

Л. В. КРЕСТЬЯШИНА, Г. И. АРНО

ЛенНИИЛХ

Приведена шкала оценки признаков ландшафта для проведения ландшафтных рубок. Даны цифровые или иные легко определяемые показатели, характеризующие каждый признак и некоторые приемы улучшения этих признаков.

В настоящее время ведутся большие работы по организации лесопарков на базе лесных площадей зеленых зон городов. Самый доступный метод улучшения ландшафтов — ландшафтные рубки. Лесопарки создаются для отдыха населения городов, и поэтому ландшафты, входящие в них, должны отвечать условиям наилучшего отдыха как в санитарно-гигиеническом, так и в эстетическом отношении.

В течение 1967—1970 гг. проведены исследования по выявлению и улучшению декоративно-эстетических и санитарно-гигиенических признаков ландшафтов как основы ландшафтных рубок. Работа включала обследование 1700 лесопарковых ландшафтов в окрестностях г. Ленинграда, Павловского парка, проведение около 6 тыс. наблюдений за посещаемостью различных мест и ландшафтных рубок на 20 опытных участках, максимально использован литературный материал по данному вопросу.

На основе изучения характеристики декоративно-эстетических и санитарно-гигиенических признаков составлена прилагаемая к статье шкала оценки ландшафтов для

проведения ландшафтных рубок в лесопарках г. Ленинграда (табл. 1). Каждый участок, отведенный в рубку, рассматривается в соответствии с признаками, указанными в шкале; анализируются приемы, способствующие повышению оценки каждого из перечисленных признаков. Разница в оценке ландшафтов до и после рубки показывает эффективность проводимых ландшафтных рубок. Работы по подготовке и рубке проводятся в летнее время. Подобный принцип подхода к ландшафтной рубке может быть применен и для других областей, но в этом случае шкалу оценки ландшафтов следует рассматривать применительно к местным физико-географическим условиям.

УДК 634.0.232.

## ИЗ ОПЫТОВ ПО СОЗДАНИЮ СТЕПНЫХ НАСАЖДЕНИЙ С УЧАСТИЕМ АЙВЫ ОБЫКНОВЕННОЙ И ЯПОНСКОЙ

И. И. СТАРЧЕНКО

Мариупольская ЛОС

Изложены результаты испытания айвы в МарЛОС. Дана рекомендация использования этой породы лишь в озеленительных целях.

Культуры с участием айвы созданы Мариупольской лесной опытной станцией в одинаковых лесорастительных условиях — на обыкновенном глинистом черноземе с мощностью гумусового горизонта 60—80 см в плакорных условиях при глубоком залегании грунтовых вод (15 м и более).

Айву обыкновенную (*Cydonia oblonga* Mill.) испытывали в разных культурах: в чистых и в смешении с дубом черешчатым, грушей обыкновенной, кленами остролистным и серебристым, липами американской и мелколистной, орехами грецким и черным, рябиной садовой и ясенем пенсильванским.

Междурядья равнялись 1,5 м в смешанных культурах, 3 м — в чистых; расстояние между растениями в ряду соответственно 0,75 и 1 м. Во всех случаях айва растет кустом из 4—8 стволиков, и в первые годы (до 5—8 лет) выше других пород, особенно дуба, а затем отстает от них и к 15—20 годам оказывается в подлеске; лишь стволы с диаметром 5 см и толще могут быть отнесены ко второму ярусу насаждений.

В смешанных культурах с 1968 г. началось усыхание стволов айвы толщиной от 4 см и более. В культурах, где она смешана с рябиной садовой и липой американской, количество усохших стволов около 42%, а в более молодых в смешении с орехом черным, грушей — 20%. Причина этого — неблагоприятные климатические условия последних лет, главным образом, недостаток летних осадков при высокой температуре воздуха. Количество летних осадков за май—август составило: в 1968 г. — 165,7 мм, в 1969 г. — 222,1 мм, в 1970 г. — 159,9 мм, в 1971 г. — 197 мм при норме 207 мм. Наиболее жаркая погода в 1968 г. была в июне (в среднем +20°), в 1969 г. в августе (+21,1°), в 1970 г. в июле (+23,8°) и в 1971 г. в июле и августе (+22,4°). Максимальная температура достигала 45—50°. Наиболее продолжительное время жаркая погода держалась в 1971 г. В 1969 г. была холодная зима (средняя температура воздуха в январе —10,4° при норме —7°). После неблагоприятного сухого лета 1968 г. такая зима для многих растений оказалась губительной.

В табл. 1 дана сравнительная характеристика роста айвы обыкновенной. Она растет лучше в чистых насаждениях при более просторном размещении растений. Плодоношение начинается раньше в чистых насаждениях. В этих условиях оно бывает ежегодно, но разной интенсивности. При хорошем урожае с одного 20—25-летнего дерева можно собрать в среднем 95 плодов. Средние размеры плодов 4×4,1 см, цвет их лимонный, вес одного плода в среднем 30 г. Это очень мелкие плоды (в 3 раза меньше, чем в Волгоградской области, и в 10—15 раз меньше, чем в Молдавской ССР)\*. При хорошем урожае с одной айвы можно собрать до 3 кг плодов, что при размещении растений через 3×1 м составит 5—6 т плодов с 1 га. На плантациях айву, конечно, следует размещать реже. В смешанных насаждениях урожай плодов обычно бывает плохим (около 25 плодов на дереве), и плодоносит лишь незначительная часть растений. В плодах находится в среднем около 40 семян размером 7×4 мм, вес 1000 шт. — 37 г. Выход семян из плодов 5%.

По данным И. Ф. Грищенко, при осеннем посеве (в начале октября 1947 г.) на глубину 8 см массовые всходы наблюдались 4 мая 1948 г. Грунтовая всхожесть была

\* В. Ф. Смирнов. Пятьсот новых сортов яблонь и груш, выведенных в СССР. Изд-во «Наука», М., 1967.

Таблица 1

Тип смешення культур	Возраст айвы, лет	Сохранность, %	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Возраст начала плодоношения, лет
Айва обыкновенная	34	95,0	7,0	8,0	7
В одном ряду айва чередуется с рябиной садовой, в других с липой американской	32	60,0	5,0	3,4	9
Айва обыкновенная—орех черный—айва обыкновенная—груша обыкновенная—айва	22	80,0	5,0	3,0	9
1-й и 7-й ряды — мушмула, кизильник блестящий, 2-й, 4-й, 6-й ряды — орех грецкий с айвой обыкновенной и японской, 3-й и 5-й ряды — клен серебристый и остролиственный, ясень пенсильванский и липа мелколистная	21	85,0	5,0	3,0	8
1-й и 3-й ряды — дуб черешчатый, 2-й и 4-й ряды — орех черный, айва обыкновенная	15	90,0	4,0	2,5	9
Айва обыкновенная	16	98,0	5,5	3,8	7

равна 60%. При весеннем посеве требуется длительная стратификация. В смешанных культурах при размещении  $1,5 \times 0,75$  м айва лишь в первые годы растет нормально, превышая многие породы по высоте, затем после 5 лет отстает и, когда попадает под их полог, начинает усыхать. К 30 годам это усыхание достигает 50% и более по числу стволов. В лесных культурах и агролесомелиорации она не имеет преимуществ перед местными породами (кленом татарским, лещиной и др.). Повышая плотность лесных полос, айва обыкновенная тем самым снижает их мелиоративную эффективность. В связи с очень незначительными размерами плодов айвы вряд ли целесообразно заниматься ее разведением в суровых степных условиях Украины. Она красива во время цветения, и ее можно рекомендовать в озеленительных целях.

Айва японская (*Chaenomeles Maulei* Schn.) культивируется в более северных краях. На МарЛОС ее испытывали в различных культурах в смешении с бундуком канадским, дубом красным и черешчатый, каркасом восточным, каштаном съедобным, кленом серебристым, липой американской, мажорой колючей, орехом грецким и черным. Размещение в рядах через 0,75 м, ширина междурядий 1,5 м. 20—23-летняя айва японская имеет лучшее состояние в условиях достаточного освещения в смешении с бундуком канадским, имеющим рыхлую крону. Здесь сохранность ее по числу посадочных мест составляет 80%, а максимальная высота 1,5 м. С 20 лет она начала усыхать. При такой густоте размещения в смешении с другими породами айва японская начинает усыхать раньше (с 5—6 лет). Отпад ее во всех случаях в 21—22-летнем возрасте значителен (50—60%). Средняя высота 0,5—0,7 м. Общий вид болезненный. В кустах много усохших стволиков, в кронах — сухих веток. На открытых местах она растет удовлетворительно. Причины усыхания айвы японской те же, что и айвы обыкновенной.

Плодоносить начинают 3-летние деревья. По данным И. Ф. Гриценко, средние размеры плодов  $36 \times 33$  мм, вес одного плода 20 г. По нашим наблюдениям, крупные плоды достигают в длину 5 см, по ширине 6,5 см. Цвет плодов лимонно-желтый. В одном плоде насчитывается от 5 до 50 семян (в среднем 30). Вес 1000 семян — 32 г. Выход семян при взрезывании плодов 6,4%, при производственной переработке 4—4,5%. При хорошем урожае с одного 8-летнего куста получается до 1 кг плодов. Лучшим способом выращивания айвы японской считается осенний посев. В зависимости от влажности почвы посев может быть произведен в конце сентября или начале октября. Хорошие результаты дают и более поздние посевы (в ноябре и даже в декабре) на глубину 3—4 см с мульчированием соломенной покрывкой или толстым слоем опилок. Возможен весенний посев, но в этом случае потребуются стратификация семян в погреб в течение 50 дней при температуре 4—5°C. Производственные посевы на опытной станции производят осенью. Молодые всходы не боятся ожогов, не нуждаются в затенении, но требуют рыхления почвы и тщательной очистки от сорняков. В засушливый год в жаркий период лета может потребоваться полив. Айва японская дает немногочисленные отпрыски, достаточно морозостойка и засухоустойчива. Наибольшая ценность айвы японской заключается в ее плодах. Но в

подлеске она плохо растет и плодоносит, плоды ее мелкие. В степной зоне Украины айву японскую лучше использовать в озеленительных целях.

Таким образом, оба вида айвы в степи нуждаются в богатых свежих почвах, лучше растут и плодоносят в чистых насаждениях и на открытых местах. В густых культурах в засушливые годы начинают усыхать уже в 20 лет. Посадка на пень может продлить их жизнь. Айва не имеет преимуществ перед местными породами и не может быть рекомендована ни при массивном, ни при полезащитном (полосном) лесоразведении. Ее можно использовать лишь в озеленительных целях. Интересен календарь вегетации за 1960—1970 гг. (табл. 2).

Таблица 2

Порода	Листораспускание		Пожелтение листьев		Конец листопада	Цветение		Конец созревания семян
	начало	конец	начало	конец		начало	конец	
Айва обыкновенная	1.V	24.V	22.IX	20.X	2.XI	13.V	25.V	21.IX
Айва японская	24.IV	13.V	7.IX	1.XI	8.XI	30.IV	28.V	13.X

УДК 535.70

## ПОРАЖЕННОСТЬ ШЕТИНИСТОВОЛОСЫМ ТРУТОВИКОМ ДРЕВОСТОЕВ ОРЕХА ГРЕЦКОГО В ЮЖНОЙ КИРГИЗИИ

А. А. РОЖКОВ, Е. Л. ВАСЬКОВ, В. К. СОКОЛОВ

5-я Московская экспедиция В/О «Леспроект»

Показано, что фаутность насаждений ореха грецкого зависит главным образом, от их возраста, меньше от происхождения, полноты и крутизны склонов и совсем не связана с классом бонитета и экспозицией склона.

Древостои ореха грецкого в Южной Киргизии произрастают на склонах Чаткальского, Баубашатинского и Ферганского хребтов и занимают площадь 25,5 тыс. га. Это единственное на земле место, где дикие леса ореха грецкого на такой большой площади сохранились с Третьичного периода.

Древостои ореха грецкого в сильной степени заражены шетинистоволосым трутовиком (*Inonotus hispidus* Karst.). Большую роль в его распространении сыграли практиковавшиеся в прошлом хищнические рубки, когда выбирали только лучшие здоровые деревья, а также пастьба скота. До недавнего времени интенсивная пастьба скота в лесу была причиной почти полного отсутствия семенного возобновления.

Биологию шетинистоволового трутовика в условиях лесов Южной Киргизии изучали Т. С. Панфилова [3], [4], А. А. Домашова [2] и М. Д. Прутенская [5]—[8]. Однако многие хозяйственно важные вопросы оставались невыясненными. Например, не было статистически достоверных данных о пораженности трутовиком древостоев в зависимости от класса бонитета, происхождения, возраста, полноты, экспозиции склонов и их крутизны. Не было ясного представления о местонахождении гнили и ее протяженности у деревьев разного возраста.

Работа по затронутым вопросам проведена нами в 1969 г. на территории Арсланбобского массива, включающего в себя 70% насаждений ореха. Зависимость фаутности насаждений от возраста, крутизны склонов, происхождения, класса бонитета и экспозиции определена по данным 270 проб. Все пробы безразмерные, включали в себя по 100 деревьев ореха, заложены по неповрежденной ходовой линии. Как известно, этот метод в подобных случаях обеспечивает наибольшую точность [10]. Фаутность определяли по внешним признакам гнили: плодовым телам, дуплам, наружной гнили.

По данным пробных площадей установлено, что фаутность насаждений ореха грецкого зависит, главным образом, от возраста. Среднеарифметический процент фаутности, вычисленный по запасу древесины, с возрастом увеличивается от 8 до 90. В меньшей степени он связан с происхождением древостоев (в семенной — 53, в порослевых — 62), полнотой (возрастает от 32 до 70 с уменьшением полноты) и крутизной склонов (с повышением крутизны увеличивается от 47 до 62). Зависимости фаутности от класса бонитета насаждений и экспозиций склонов мы не нашли.

Скрытый фаунт в процентах определяли по 205 моделям, взятым из внешне здоровых деревьев разного возраста, распиленных на односторонние отрезки (нами обработаны модели, взятые Подольской экспедицией В/О «Леспроект» в 1968 г.).

Расположение и протяженность гнили в стволах в зависимости от возраста изучены нами на 229 моделях. Гниль, в основном, развивается в нижней части ствола. В зависимости от возраста ее распространение вверх по стволу в среднем заканчивается на 4—9 м.

К возрасту спелости объем гнили у большинства пораженных деревьев, по нашим данным, составляет 15—30% от объема стволов. Но благодаря тому, что гниль от щетинистоволодосого трутовика не проникает в корни деревьев [2], выгнувшиеся изнутри деревья могут десятилетиями стоять на корню.

Оздоровление ореховых лесов — процесс длительный. Он заключается в постепенной замене существующих насаждений более здоровыми, менее восприимчивыми к поражению щетинистоволосым трутовиком. Ведущая роль в осуществлении этой задачи принадлежит рубкам ухода, естественному возобновлению, лесным культурам, селекции и защитным мероприятиям. К рубкам ухода мы относим и так называемые комплексные, разработанные лесоустройством в 1959—1961 гг. и впоследствии усовершенствованные в процессе производственной деятельности [1], [9]. Санитарные рубки в ореховых лесах, при наличии высокой зараженности стволовой гнилью, уместны только в случае стихийных бедствий: гибели от пожара, оплывин, снежных лавин и т. п. Постепенное сокращение площади диких орехово-яблоневых насаждений в результате развития промышленного ореховодства и садоводства, рубок ухода, селекции и лесокультурных мероприятий со временем неизбежно изменит облик реликтовых лесов. Это обстоятельство требует безотлагательного выделения в Арсланбобском и Узгенском массивах территорий с заповедным режимом, чтобы сохранить генетический фонд неповторимого комплекса животных и растений диких орехово-плодовых древостоев. Наличие Сары-Челекского заповедника этой проблемы не решает, так как его леса, расположенные в Ходжиятинском массиве, по своим лесорастительным условиям и внешнему облику значительно отличаются от лесов Арсланбобского и Узгенского массивов.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. И. Букин, Н. Н. Гусев. Ореховым лесам Южной Киргизии — комплексный уход. Журн. «Лесное хозяйство» № 6, 1962. [2]. А. А. Домашова. К биологии щетинистоволодосого трутовика. Материалы совещания по проблеме «Восстановление и развитие орехоплодовых лесов Южной Киргизии», Фрунзе, 1958. [3]. Т. С. Панфилова. О грибных болезнях грецкого ореха. Материалы совещания по проблеме «Восстановление и развитие орехоплодовых лесов в Южной Киргизии», Фрунзе, 1958. [4]. Т. С. Панфилова. Грецкий орех Южной Киргизии. Ташкент, 1940. [5]. М. Д. Прутенская. О борьбе с сердцевинной гнилью грецкого ореха. Журн. «Сельское хозяйство Киргизии» № 1, 1962. [6]. М. Д. Прутенская. Щетинистоволосый трутовик. Журн. «Защита растений от вредителей и болезней» № 9, 1965. [7]. М. Д. Прутенская. Образование ядровой древесины и сердцевинная гниль грецкого ореха. Труды Южно-Киргизской лесоплодовой опытной станции, вып. 1, изд-во «Киргизстан», Фрунзе, 1966. [8]. М. Д. Прутенская. Болезни грецкого ореха Южной Киргизии. Изд-во «Кыргызстан», Фрунзе, 1968. [9]. Ю. Э. Пулко. Пути повышения производительности орехоплодовых лесов. Труды Южно-Киргизской лесоплодовой опытной станции, вып. 1, изд-во «Кыргызстан», Фрунзе, 1966. [10]. Н. Н. Гальман, О. А. Катаев. Методы лесопатологических обследований. Изд. ЛТА, Л., 1964.

УДК 634.0.2

## ПРОДУКТИВНОСТЬ ЕЛОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ В ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

П. М. СТЕПОЧКИН

Тульское управление лесного хозяйства

Рассматривается вопрос о целесообразности выращивания ели на глеевых и глееватых переувлажненных почвах в северной части Тульской области, где ель образует высокопродуктивные насаждения и достигает технической спелости к 60 годам.

Ель обыкновенная — одна из главных пород в Тульской области. Она образует высокопродуктивные, биологически устойчивые насаждения в лесхозах и леспромхозах, примыкающих к зоне смешанных лесов.

Таблица 1

Наименование хозяйства	Распределение культур, га, по классам возраста						
	I	II	III	IV	V	VI	итого
Алексинский лесхоз	294	121	5	31	—	—	451
Белевский "	850	95	162	89	44	13	1254
Богородицкий "	183	528	164	76	13	—	964
Веневский лескомбинат	105	78	4	9	1	—	197
Дубенский лесхоз	37	7	98	41	—	—	183
Ефремовский "	55	6	24	—	—	—	85
Заокский "	92	61	12	1	—	—	166
Кимовский "	38	4	151	10	1	—	203
Крапивенский "	1	15	15	21	1	—	53
Одоевский "	10	9	—	—	—	—	19
Плавский "	110	103	78	3	—	—	294
Тульский ЛПХ	223	36	23	22	2	—	306
Ханинский "	337	—	69	33	—	—	439
Чекалинский ЛПХ	620	139	377	566	248	11	1951
Ясногорский лесхоз	91	64	8	8	2	—	173
Всего	3046	1267	1190	900	311	24	6738

Почвенные условия области очень разнообразны. В западной и северо-западной частях (Алексинский и Белевский лесхозы, Чекалинский и Ханинский леспромхозы) преобладают светло-серые и дерново-подзолистые, в большинстве слабоподзолистые почвы, встречаются песчаные почвы; в центральной, северной и северо-восточной частях (Ясногорский, Дубенский, Одоевский, Крапивенский лесхозы и Тульский леспромхоз — преимущественно серые и светло-серые лесные почвы на покровном и моренном суглинках, встречаются темно-серые почвы; в восточных и южных лесхозах (Плавском, Ефремовском, Кимовском и Богородицком) — оподзоленные и выщелоченные черноземы. Почвы различаются по механическому составу, содержанию элементов корневого питания, кислотности, воздушному и водному режимам, плодородию. Оподзоленные и выщелоченные черноземы содержат 9—12% гумуса, кислотность их изменяется от слабой до нейтральной (рН = 5,5 ÷ 6,5). Дерново-подзолистые почвы кислые (рН = 4 ÷ 4,5), гумуса в них 1,25—2%. Серые лесные почвы плодородны, но содержат меньше элементов корневого питания, чем черноземные, и больше, чем дерново-подзолистые.

В южных и юго-восточных районах области осадков выпадает меньше, чем в северных и северо-западных. В Ефремовском районе среднегодовое количество осадков 477 мм, в Волове — 471 мм, в Веневе — 510 мм, в Туле — 522 мм, в Белеве — 524 мм, Чекалине — 579 мм, в Одоеве — 591 мм, в Алексине — 624 мм (по средним данным за 1882—1960 гг.). Сумма положительных температур для юго-восточных районов на 2000°C больше, чем для северо-западных. Продолжительность периода со среднесуточной температурой выше +15°C в юго-восточных районах на 20 дней больше, чем в северо-западных.

В каждом хозяйстве земельные участки имеют разную ценность и пригодность к выращиванию различных древесных пород. Каждый вид растений поселяется и успешно развивается в почвенно-грунтовых условиях, наиболее полно соответствующих его генетически обусловленным особенностям.

На небольших площадях культуры ели на всех почвенных разностях были заложены 85 лет тому назад. Распределение еловых насаждений по возрастам (по состоянию на 1 января 1967 г.) дано в табл. 1.

Из таблицы видно, что лесхозы северной части лесостепной зоны (Белевский, Алексинский, Чекалинский) увеличили производство культур ели. Сравнительно велики площади еловых насаждений в Богородицком, Плавском, Ефремовском, Кимовском лесхозах, входящих в лесостепную зону.

Из общей площади еловых насаждений 6738 га 4,8% относится к Iа классу бонитета; 44,1% — I; 46,7% — II и 4,4% — III классу бонитета.

В лесхозах юго-восточной части области, на богатых почвах ель быстро растет, образуя широкослойную низкокачественную древесину, и в возрасте 30—40 лет интенсивно усыхает.

Можно предполагать, что усыхание ели связано с недостатком влаги в верхнем горизонте почвы, большим содержанием гумуса, благоприятствующим развитию корневой губки, нейтральной кислотностью почв, но ясно, что лесорастительные

№ пробной площади	Лесничество, № квартала	Порода	Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см
Серые лес					
1	Крапивенское, 113	Ель	68	23	29,6
		Дуб	68	14	26
2	Ярцевское, 131	Ель	68	23	26
3	Крапивенское, 112	Ель	68	25	28
		Дуб	68	15	25
		Липа	68	18	24
4	Крапивенское, 111	Ель	68	22	27
		Дуб	68	17	23
Светло-серые					
5	Крапивенское, 106	Ель	68	23	30
		Дуб	68	15	24
6	Крапивенское, 100	Ель	71	24	34
		Дуб	71	15	23
7	Ярцевское, 130	Ель	68	24,5	28

условия в этой части области не отвечают биологическим особенностям ели (урочище Каменная гора Бобровского лесничества, Кимовского лесхоза, урочище Лутово болото Ефремовского лесхоза, Ново-Алексеевская дача Плавского лесхоза и в других хозяйствах).

Выращивание еловых насаждений в Богородицком, Ефремовском, Кимовском и Плавском лесхозах на черноземных почвах, отвечающих биологическим особенностям дуба, где ель образует низкокачественную древесину, биологически и экономически необоснованно.

Более устойчивые насаждения ель образует в северной части лесостепной зоны на серых и дерново-подзолистых, хорошо увлажненных почвах, что видно из описания пробных площадей (табл. 2, показатели даны в переводе на 1 га).

Средневзвешенный прирост при полноте 1,0 на серых лесных почвах составил 5,6 м<sup>3</sup> на 1 га, на светло-серых — 6,3 м<sup>3</sup>.

На сравнительно богатых почвах Тульских засек ель растет до 60 лет, образуя широкослойную древесину, удовлетворяющую по размерам требованиям ходовых сортов пиловочника и строительного леса. После 60 лет начинается постепенный распад насаждений. На пробной площади старой сухостой (естественный отпад) имеет средний диаметр 30,1 см, при среднем диаметре насаждения 28,4 см (табл. 3).

Таблица 3

Диаметр, см	Распределение деревьев ели по состоянию					
	сухостойные	ослабленные	усыхающие	свежий сухостой	старый сухостой	итого
16	—	—	1	—	—	1
20	1	2	11	9	2	25
24	2	4	21	10	1	38
28	1	10	33	16	2	60
32	—	11	22	8	2	43
36	—	3	4	1	1	9
40	—	1	7	—	1	9
Итого	4	31	99	44	7	185
%	2,6	16,7	53,1	23,8	3,8	100
Средний диаметр, см	24,2	29,9	28,7	26,7	30,1	28,4

Выводы о достижении физиологической спелости ели к 60 годам подтверждаются анализом хода роста модельных деревьев. Ель интенсивно растет до 35—40 лет, после чего прирост падает и с 60 лет практически прекращается.

Таблица 2

Число деревьев, шт.	Сумма площадей сечений, м <sup>2</sup>	Полнота	Запас на 1 га, м <sup>3</sup>	Средний прирост, м	Средний прирост при полноте 1,0 <sup>3</sup> м	Состав
ные почвы						
264	28,1	0,78	292	4,31	5,5	8Е2Д
149						
463	27,0	0,86	300	4,4	5,1	10Е
551	44,5	1,1	481	7,0	6,3	9Е1Д+Лп
195						
44						
532	46,0	1,3	506	7,4	5,7	8Е2Д
339						
лесные почвы						
394	30,8	0,97	312	4,5	4,6	9Е1Д
72						
568	40,9	1,2	599	8,4	7,6	10Е
17						
795	50,0	1,2	567	8,3	6,9	10Е

О продуктивности еловых насаждений на дерново-подзолистых глееватых почвах можно судить по данным пробной площади, заложенной С. Л. Мойровым в квартале 143 Моторинского лесничества, Дубенского лесхоза (табл. 4).

Таблица 4

Порода	Состав по запасу	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Сумма площадей поперечного сечения, м <sup>2</sup>	Число деревьев	Запас, м <sup>3</sup>	2-й ярус		Общий запас, м <sup>3</sup>
							число деревьев	запас, м <sup>3</sup>	
Ель обыкновенная	0,49	26,0	23,5	14,33	270	163,3	201	13,0	176,3
Липа мелколистная	0,51	24,0	23,0	17,87	382	175,0	22	2,9	177,9
Итого	1,0	26,1	23,1	32,2	652	338,3	223	15,9	354,2

Средний прирост при полноте 0,85 в возрасте 63 года составил 5,6 м<sup>3</sup>/га, или 6,5 м<sup>3</sup> при полноте 1, что больше прироста на серых и светло-серых лесных почвах. Еще выше был прирост на дерново-подзолистых почвах в квартале 18 Беломутовского лесничества Тульского леспромхоза (7,2 м<sup>3</sup>/га в возрасте 60 лет).

Как показали наши исследования, дуб и лиственница в Тульских засеках на переувлажненных почвах образуют малопродуктивные насаждения. Выращивание ели повысит продуктивность этих насаждений и производительность почв Тульских засек.

С лесоводственной и хозяйственной точек зрения выращивание ели в условиях Тульской области оправдывается только на глеевых и глееватых переувлажненных почвах, где она образует высокопродуктивные насаждения и достигает технической спелости к 60 годам.

УДК 634.0.232

## О СПОСОБАХ ПОСЕВА СЕМЯН ЛИСТВЕННИЦЫ ДАУРСКОЙ НА ВЫРУБКАХ МАГАДАНСКОЙ ОБЛАСТИ

*Е. И. ШЕВЕЛЕВ*

Магаданская ЛОС

Проведены исследования по определению наиболее эффективного способа производства лесных культур лиственницы даурской посевом семян. Выявлены преимущества агротехники посева семян с увлажненной смесью из удобрений.

Леса Магаданской области, расположенные на крайнем северном пределе ареала, имеют большое значение в гидрологии рек, в защите почв и климата.

Основная лесообразующая порода в этих лесах — лиственница даурская. Средний класс бонитета лиственничников V, средняя полнота 0,4, средний запас 76 м<sup>3</sup> на 1 га, средний возраст 137 лет [4].

В результате быстрого развития промышленности за последние 30 лет лес вырублен на больших площадях. Восстановление его идет очень медленно. Вследствие неоднократного действия лесных пожаров вырубки покрываются травяной, моховой и лишайниковой растительностью, образуя безлесные пространства. Перед лесным хозяйством области стоит неотложная задача — ускорить лесовосстановление путем создания лесных культур.

С этой целью в 1968—1971 гг. мы проводили исследования по определению наиболее эффективного способа производства лесных культур лиственницы даурской посевом семян. Посев выполняли двумя способами: по агротехнике, наиболее широко применяемой в таежной зоне лесов, и по агротехнике посева семян с увлажненной смесью из удобрений [5], [6], [7].

Первый способ заключается в том, что семена перед посевом намачивали в воде в течение суток, затем протравливали 0,5%-ным раствором КМпО<sub>4</sub> в течение часа и подсушивали до сыпучего состояния. Колышком в почве делали бороздки глубиной 0,5—1,0 см и длиной 6—8 см, в них равномерно рассыпали взятые меркой семена и заделывали почвой. По второму способу семена намачивали в течение суток в суспензии тетрациклина из расчета 200 ед. на 1 см<sup>3</sup> воды [2]. Намоченные семена перемешивали с речным песком в соотношении 1:1 по объему, рассыпали слоем 5 см в помещении с температурой воздуха 25°C и выдерживали в течение 3—4 суток до начала наклевывания. Затем их перемешивали с торфо-навозным компостом из расчета установленной нормы высева семян в одно посевное место на 15 см<sup>3</sup> компоста, смесь увлажняли до тестообразного состояния, выбрасывали в ямки глубиной 3—4 см и диаметром 6—7 см на поверхности подготовленной почвы, присыпали древесными опилками слоем 0,3 см и уплотняли. Посев производили на рубках 10-летней давности в Палаткинском лесничестве Палаткинского лесхоза в долине р. Хасын. Это незаливаемая терраса, образованная из аллювиальных отложений. На участке имелся подрост лиственницы, ольхи, березы и осины до 800 шт. на 1 га. Количество пней 325 шт. на 1 га, диаметр пней от 8 до 36 см. Живой напочвенный покров представлен мхами, осокой, злаками, кипреем. Злаки и кипрей образуют верхий ярус высотой до 1 м. Осоки во втором ярусе достигают 30—40 см. Задернованность почвы сильная. Мощность живого слоя дернины 4—5 см, а мертвого 3—4 см. Почва супесчаная. Гумусовый горизонт не превышает 3—4 см. В нем содержится 6,52% гумуса. В горизонте В и ВС содержание гумуса резко падает до 1—1,6%.

Почву обрабатывали путем сдирания напочвенного покрова корчевателем-собира-телем полосами шириной 1,5 м, расстояние между ними 3—4 м.

В процессе исследований наблюдали за погодой (табл. 1) и ростом сеянцев. Результаты посева лесных культур лиственницы даурской в Палаткинском лесничестве Палаткинского лесхоза можно видеть из табл. 2. При посеве семян с увлажненной смесью из удобрений всходы появились через две недели, а при обычном посеве через 40 дней. Продолжительный период от посева семян до появления всходов отмечается и в Архангельской области [1], когда посев производится в недостаточно прогретую почву. Только посев наклюнувшихся семян дает возможность сократить этот период. Ускоренное появление всходов удлиняет вегетационный период и в

Таблица 1

Время года	Средне- месячная темпе- ратура воздуха, °С	Относитель- ная влажность воздуха, %	Количество осадков, мм
Многолетние наблюдения			
Июнь	8,4	54	50
Июль	13,4	58	54
Август	11,7	61	67
1969 г.			
Июнь	10,0	55	23
Июль	13,0	65	123
Август	13,0	60	45
1970 г.			
Июнь	11,0	55	42
Июль	14,0	50	44
Август	12,0	50	65
1971 г.			
Июнь	11,0	55	81
Июль	15,0	55	17
Август	13,0	52	47

Таблица 2

Показатели	Посев без увлажненной смеси из удобрений	Посев с увлажненной смесью из удобрений
Всхожесть семян, %	$\frac{35}{25}$	$\frac{35}{25}$
Вес 1000 семян, г	$\frac{3,4}{3,0}$	$\frac{3,4}{3,0}$
Норма высева семян в одно гнездо	$\frac{0,27}{0,46}$	$\frac{0,27}{0,46}$
г	$\frac{95}{153}$	$\frac{95}{153}$
шт.	$\frac{3.VI}{7.VI}$	$\frac{3.VI}{7.VI}$
Дата посева	$\frac{13.VII}{18.VII}$	$\frac{18.VI}{23.VI}$
Дата появления массовых всходов	$\frac{80}{97}$	$\frac{86}{96}$
Процент приживаемости в год посева	$\frac{34}{29}$	$\frac{70}{86}$
на второй год после посева		

Примечание. В числителе данные для культур, посеянных весной 1968 г., в знаменателе — весной 1969 г.

условиях короткого северного лета положительно влияет на рост сеянцев (рис. 1) и на приживаемость лесных культур на второй год после перезимовки.

Если в первый год приживаемость лесных культур при обоих способах посева достаточно высока и различие не превышает 6%, то на второй год разница составляет

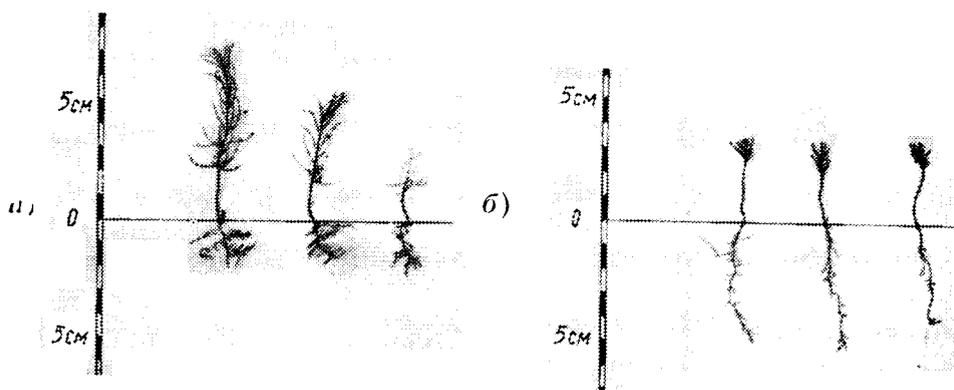


Рис. 1. Однолетние сеянцы лиственницы даурской в лесных культурах Палаткинского лесхоза Магаданской области.

а — посев семян с увлажненной смесью из удобрений; б — посев семян по обычной агротехнике.

36—57%. Большое снижение процента приживаемости при обычном способе посева семян связано с тем, что всходы появляются поздно и до конца вегетационного периода сеянцы едва успевают заложить почки. Корни у однолетних сеянцев развиты слабо, и весной следующего года происходит массовое выжимание их из почвы [3].

На третий год приживаемость лесных культур лиственницы даурской, созданных посевом, существенно не изменилась. Отпад наблюдался в некоторых посевных гнездах, а количество гнезд с сеянцами уменьшилось на 3%.

В первый год посевные гнезда с сеянцами закрепляются на лесокультурной площади. Средняя высота стволиков 2 см. Во второй год сеянцы приживаются и идет отпад слаборазвитых и дифференциация оставшихся в посевных гнездах на крупные, средние и мелкие. Средняя высота стволиков оставшихся сеянцев достигает 6 см. На третий год рост лесных культур усиливается. Крупные сеянцы занимают доминирующее положение в посевных гнездах и дают прирост в высоту от 6 до 10 см. Такой же рост сеянцев наблюдается и в четвертый вегетационный период. Средняя высота стволиков трехлетних сеянцев достигает 12 см, а четырехлетних — 18 см.

Способ посева семян с увлажненной смесью из удобрений находит все большее применение в Палаткинском лесхозе. Если в 1969 г. по этому способу было засеяно 60 га лесных культур, то в 1970 г. — 100, в 1971 г. — 200 га.

Посев лесных культур по новой агротехнике пока производится вручную. Для широкого внедрения нового способа необходимо разработать конструкцию сеялки и механизировать процесс высева семян.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ф. Б. Орлов. Лучшие сроки посева хвойных на Севере. Журн. «Лесное хозяйство» № 12, 1965. [2]. М. Н. Родигги, А. С. Погорелова. Меры борьбы с полеганием сеянцев. Журн. «Лесное хозяйство» № 4, 1967. [3]. П. Ф. Совершаев. Борьба с выжиманием морозом всходов и сеянцев. Журн. «Лесное хозяйство» № 3, 1965. [4]. Г. Ф. Стариков. Леса Магаданской области. Магадан, 1958. [5]. Е. И. Шевелев. Способ посева семян. Бюллетень «Изобретения, промышленные образцы, товарные знаки», 8, 1966. [6]. Е. И. Шевелев. Эффективный способ посева лесных семян на вырубках. Журн. «Лесное хозяйство» № 2, 1967. [7]. Е. И. Шевелев. Агротехника посева семян хвойных пород в лесных питомниках и на вырубках с увлажненной смесью из удобрений и других добавок. (Временные рекомендации для внедрения в производство). ЦБТИ НТО лесной промышленности Хабаровского края, Хабаровск, 1968.

УДК 674.053:621.934

## О НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ДИСКА ПЛОСКИХ КРУГЛЫХ ПИЛ

Ю. М. СТАХИЕВ, Ф. В. ЛЫЖИН

ЦНИИМОД

Рассмотрена зависимость несущей способности диска плоских круглых пил от его колебаний, устойчивости упругого равновесия и поперечной жесткости. Сделаны выводы о возможности применения тонких круглых пил, толщина которых в 1,5—2 раза меньше стандартной.

Эффективность процесса пиления при прочих равных условиях зависит от количества образующихся неиспользованных отходов — опилок. Поэтому проблема уменьшения толщины диска и уширения зубьев имеет большое практическое значение.

Выбор толщины круглых пил определяется несущей способностью диска, которая зависит от его колебаний, устойчивости упругого равновесия и поперечной жесткости. Остановимся на каждом из этих явлений в отдельности.

*Колебания диска.* Согласно нашим исследованиям [1], [5], на практике встречаются преимущественно изгибные формы вынужденных резонансных колебаний диска с узловыми диаметрами  $\lambda$ . Для каждого числа узловых диаметров (при  $\lambda \neq 2$ ) существует одна критическая скорость вращения, бесконечное число нижних и определенное число верхних резонансных скоростей. Опасными являются преимущественно критические

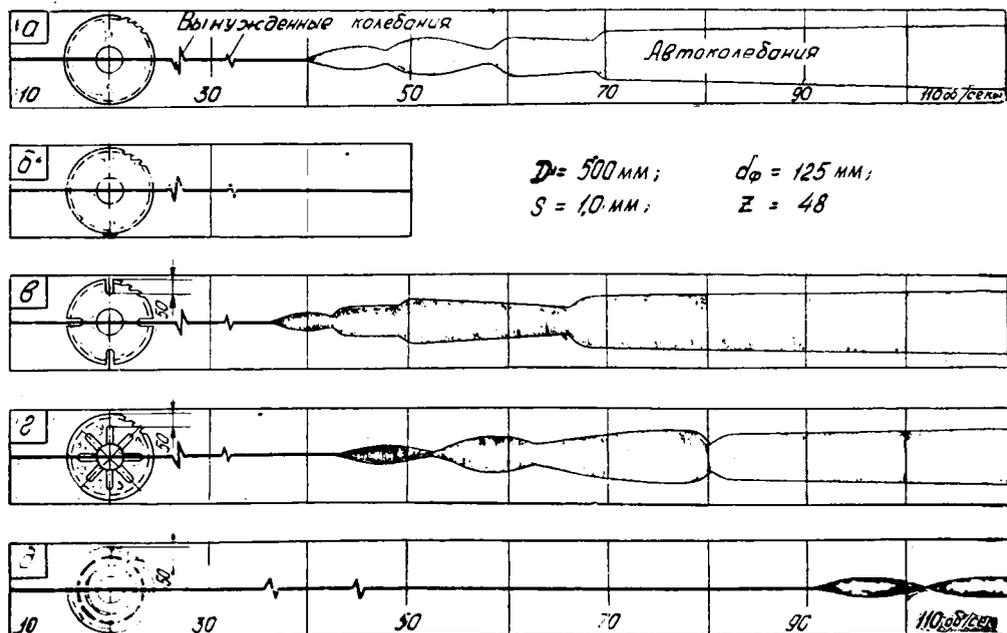


Рис. 1. Осциллограммы колебаний свободно вращающейся круглой пилы.

а — диск пилы без прорезей; б — вращение пилы в вакууме; в, г, д — диск пилы с прорезями.



на возникновение автоколебаний сдвинулась в область значительно более высоких чисел оборотов, и этим самым обеспечена возможность эксплуатации пил при закрытых числах оборотов. Радиальные прорезы, расположенные в средней зоне диска или по его периферии, практически не влияют на величину  $n_{\text{авт}}^{\text{min}}$  и, следовательно, с этих позиций неэффективны (рис. 1, в, г).

*Устойчивость диска.* При резании периферийная зона пилы нагревается сильнее центральной. Возникающий температурный перепад  $\Delta T_{\text{кр}}$  может вызвать потерю устойчивости упругого равновесия, а перепад  $\Delta T_{\text{рез}}$  — опасные резонансные колебания. Значения  $\Delta T_{\text{кр}}^{\text{min}}$  и  $\Delta T_{\text{рез}}^{\text{min}}$  для прокованных пил и некоторых моделей станков приведены в табл. 1 [3].

Таблица 1

Модель станка	Диаметр пилы, мм	Диаметр фланцев, мм	Число оборотов пилы, об/мин	Толщина пилы, мм	$\Delta T_{\text{кр}}^{\text{min}}$ , °С	$\Delta T_{\text{рез}}^{\text{min}}$ , °С
Ц2Д8 ЦДК-4-2	400	125	2930	2,0	100	67
				2,2	109	76
				2,5	131	98
ЦДК-5	400	100	3600	2,0	113	47
				2,2	121	54
				2,5	151	84
ЦДК-51	400	100	4615	2,0	138	28
				2,2	145	35
				2,5	175	65
ЦА-2	450	125	2870	2,2	97	42
				2,5	131	70
				2,8	156	100
Ц-6	500	125	2870	2,2	90	27
				2,5	108	41
				2,8	120	53
ЦР-4	630	160	1800	2,5	65	24
				2,8	77	35
				3,0	80	39

Для условий распиловки пиломатериалов хвойных пород толщиной до 100 мм и обычно встречающихся на практике режимов резания  $\Delta T \leq 30^\circ\text{C}$  при работе пилами стандартной толщины и  $\Delta T \leq 10^\circ\text{C}$  при работе тонкими пилами, например, диаметром 400—560 мм, толщиной 1,2 мм.

Из данных табл. 1 видно, что  $\Delta T_{\text{кр}}^{\text{min}} > \Delta T, \Delta T_{\text{рез}}^{\text{min}} > \Delta T$  и  $\Delta T_{\text{рез}}^{\text{min}} > \Delta T_{\text{кр}}^{\text{min}}$ , то есть потеря устойчивости упругого равновесия пил в рассматриваемых условиях исключена, однако возможно возникновение опасных резонансных колебаний. Поэтому диск пилы необходимо проверять в первую очередь на колебания.

В процессе резания ко внешнему контуру диска пилы в ее плоскости приложена сила резания  $P_{\text{рез}}$ . Если ее увеличивать, то сначала происходит изгиб диска, а затем потеря его устойчивости упругого равновесия в зоне действия силы. Изгиб обусловлен неплоскостью диска и несовпадением плоскости его вращения с направлением действия силы.

На рис. 3 приведен график зависимости деформации диска пилы  $y$  от действия радиальной силы  $P$ , которая прикладывалась к невращающемуся диску пилы через специальную нажимную головку, обеспечивающую «плавающее» приложение нагрузки.

Из рис. 3 следует, что  $P_{\text{кр}}$  для пил диаметром 500 мм, толщиной 1,2 и 2,5 мм равно соответственно 100 и 400 кгс. Радиальная составляющая сила резания  $P_R$  для обычных условий резания пиломатериалов хвойных пород не превышает 10—15 кгс. Следовательно,  $P_R < P_{\text{кр}}$  и потеря устойчивости упругого равновесия от действия силы резания произойти не может. Вместе с тем необходимо учитывать, что деформация диска  $y$  при  $P_R < P_{\text{кр}}$  может вызвать его зарезание при пилении, приводящее к остановке процесса резания (рис. 4).

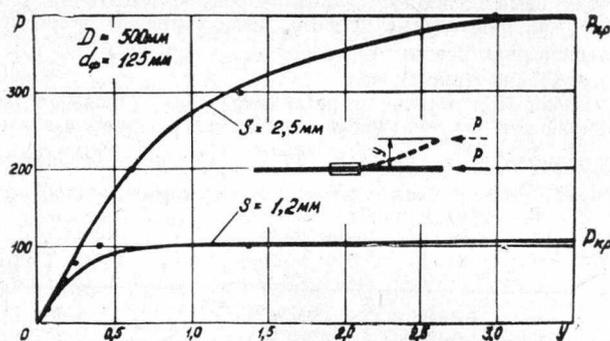


Рис. 3.

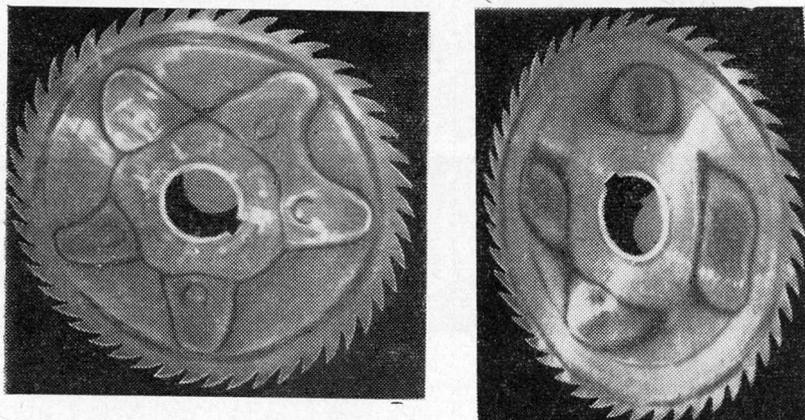


Рис. 4. Пилы диаметром 500 мм, толщиной 2,5 мм (эксплуатация без направляющих для пил) с характерными «загогами», образующимися при распиловке бревен на фрезерно-пильном агрегате ЛАПБ.

**Поперечная жесткость диска.** Для того чтобы не произошло зарезания диска в распиливаемом материале, диск должен обладать определенной поперечной жесткостью. Нормативы поперечной жесткости пил для различных условий резания отсутствуют. Обычно считают, что статическая поперечная жесткость должна быть не менее 4–6 кгс/мм.

При уменьшении толщины диска пилы его поперечная жесткость уменьшается в кубической зависимости [4]. Поэтому для тонких пил необходимо применять специальные направляющие (рис. 5).

Согласно нашим исследованиям, для пил диаметром 400–560 мм, толщиной 1,2 мм, при диаметре фланцев 125 мм статическая поперечная жесткость равна 1,0–0,35 кгс/мм. Жесткость диска пилы, опертого на направляющие, практически не зависит от его диаметра, а только от толщины диска и величины  $H$  (рис. 6). Для пил толщиной 1,2 мм  $j_1 = 4 \text{ кгс/мм}$  при  $H \approx 50 \text{ мм}$  и  $j_2 = 4 \text{ кгс/мм}$  при  $H \approx 125 \text{ мм}$ , то есть исходя из обеспечения нормативной жесткости  $j \geq 4 \text{ кгс/мм}$ , высоту пропила необходимо устанавливать не более 50 мм при применении одной пары направляющих и не более 125 мм при применении двух пар направляющих.

Для подтверждения сделанных выводов были проведены опытные распиловки. От основных пиломатериалов влажностью выше 30%, длиной 3,5 м и толщиной 22, 53, 78 и 103 мм отпиливали бруски и доски толщиной 20 мм со скоростью подачи 10, 30, 50 и 70 м/мин. Распиловки проводили на круглопильном станке «Вюстер и Дитц» пилами диаметром 450 мм, толщиной 1,0 мм с числом зубьев 60. Диаметр зажимных фланцев 147 мм, число оборотов пильного вала 2000 об/мин для пил с обычным диском и 4000 об/мин при наличии в диске кольцевых прорезей. Зубья имели 1 профиль по ГОСТу 980–69, передний угол  $15^\circ$ , задний угол  $15^\circ$ , высота зубьев 15 мм, развод

зубьев 0,4 мм. Применяли две пары направляющих, установленных на расстоянии 110 мм друг от друга. Зазор между пилой и направляющими 0,3 мм. Торцовое биение диска пилы в статике 0,4 мм.

Опытные распиловки показали, что при всех скоростях подачи процесс пиления достаточно стабилен. Случаев возникновения резонансных колебаний или потери устойчивости диска пилы и образования зажогов не было.

Разнотолщинность отпиливаемых материалов не превышала 1,5 мм (в большинстве случаев она равнялась 0,7—1,0 мм), шероховатость поверхности пропила изменялась в пределах 3—6 классов чистоты в соответствии с изменением скорости подачи.

Было также отмечено значительное уменьшение уровня шума тонких пил по сравнению с пилами стандартной толщины. Практически исключается тональный шум.

Выполненные исследования показывают возможность эксплуатации пил, толщина которых в 1,5—2,0 раза меньше стандартной. Надежная и производительная их работа обеспечивается при правильном выборе скорости вращения и применении двух пар направляющих. До организации серийного производства тонких пил необходимо стремиться к применению пил минимальных толщин по ГОСТу 980—69.

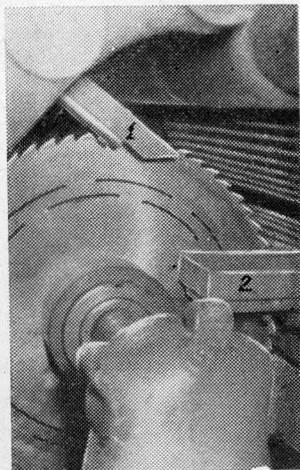
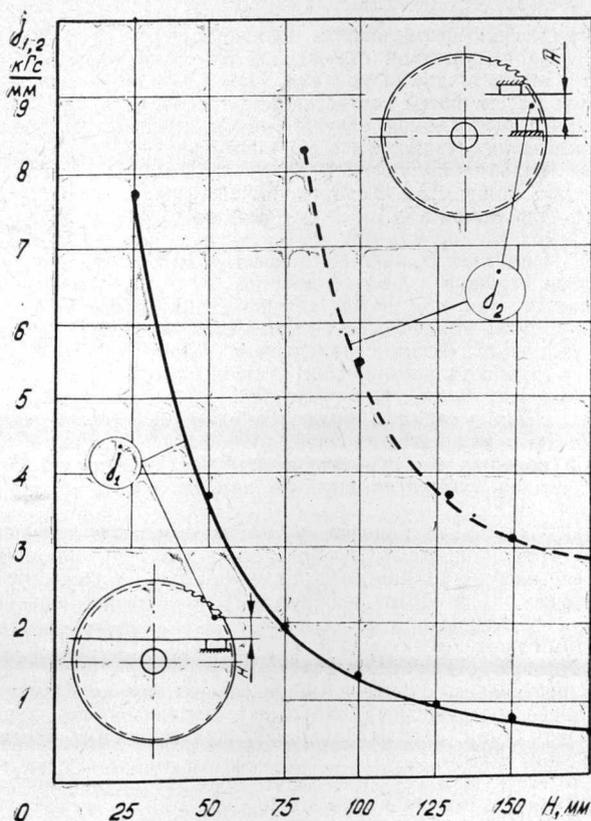


Рис. 5.

1 — верхние направляющие диска пилы; 2 — нижние направляющие диска пилы.

Рис. 6. Влияние направляющих на поперечную жесткость диска пилы диаметром 400—560 мм, толщиной 1,2 мм.

$j_1$  — при одной паре направляющих;  $j_2$  — при двух парах направляющих.



## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ю. М. Стахийев. Теоретическое исследование частот собственных колебаний и критических чисел оборотов дисковых пил. Научные труды ЦНИИМОДа, вып. 18, Архангельск, 1965. [2]. Ю. М. Стахийев. О жесткости дисков дереворежущих пил. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1967. [3]. Ю. М. Стахийев. Определение температур нагрева, вызывающих потерю устойчивости упругого равновесия и резонансные колебания дисковых пил. Научные труды ЦНИИМОДа, вып. 24/11, Архангельск, 1969. [4]. Ю. М. Стахийев. О степени проковки и вальцевания плоских дисковых пил. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1970. [5]. Ю. М. Стахийев. Резонансные колебания дисковых пил. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1970.

УДК 674.815-41

## ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ОСМОЛЕНИЯ МЕЛКИХ ДРЕВЕСНЫХ ЧАСТИЦ (ПЫЛИ) НА ПРОЧНОСТЬ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

Г. А. ПАРФЕНЕНКО

Брянский технологический институт

Приводится описание различных технологических схем использования мелких древесных частиц (пыли) и нанесения связующего на них в производстве древесностружечных плит.

В производстве древесностружечных плит имеется несколько вариантов технологических схем использования мелких древесных частиц.

1. Из высушенной стружечной массы пыль не отбирают, а всю массу направляют в смеситель для осмоления. При повышенном расходе связующего изготовленные из этой массы плиты соответствуют требованиям ГОСТа.

2. Из высушенной стружечной массы пыль отбирают до определенного предела, установленного технологической инструкцией.

3. Пыль из высушенной стружечной массы полностью отбирают, а затем в определенном количестве снова вводят непосредственно перед поступлением массы в смеситель для осмоления.

Осмоление производят по следующим схемам.

1. Используют принцип пневматической сепарации. Связующее наносят на кондиционные стружки и пыль совместно. Время пребывания пыли в зоне осмоления сокращается, так как поток стружек, поступающих в смеситель, раздувается струей воздуха. При этом можно регулировать количество связующего, наносимого на мелкие древесные частицы, изменением скорости подачи воздуха. Недостаток этого способа — трудность регулирования степени осмоления пыли, так как содержание ее в поступающей в смеситель стружечной массе непрерывно меняется.

II. Пыль и стружки подают в один смеситель через отдельные загрузочные воронки. Введение пыли производится на определенном расстоянии от основной загрузочной воронки. Степень осмоления пыли можно регулировать с помощью специальной заслонки, выдвигая которую изменяют путь, проходимый пылью в зоне распыления.

III. Связующее наносят на стружки и пыль отдельно, в различных смесителях. Недостаток этой схемы заключается в том, что при осмолении пыли мелкие древесные частицы легко коагулируют с капельками связующего, образуя комки, что, в свою очередь, приводит к неравномерному распределению связующего и в конечном итоге к снижению прочности плит.

Нами проведены исследования нового способа использования пыли — введение ее в готовую стружечно-клеевую массу после осмоления кондиционных стружек. Были поставлены опыты по определению физико-механических показателей трехслойных древесностружечных плит, спрессованных по приведенной выше технологии осмоления пыли, с содержанием мелких древесных частиц 10—25% от веса всей стружечной массы.

Стружечную массу сначала сепарировали на виброгрохоте, имеющем сита с квадратными ячейками размером от  $10 \times 10$  до  $1 \times 1$  мм. После этого стружечную массу без пыли (фракция 1/0) разделили по слоям засыпали в смеситель лабораторного типа емкостью 100 л и в течение 5 мин смешивали со связующим путем распыления клеювого раствора распылителем марки 0-45 при помощи сжатого воздуха под давлением 3 атм.

Количество смолы (по сухому остатку) для наружных слоев принималось равным 12%, для внутреннего слоя — 8%. В этот же смеситель в период дополнительного пятиминутного перемешивания стружечно-клеевой массы соответствующего слоя вводили пыль в определенном процентном соотношении путем медленного рассеивания. Время прессования плит в прессе 10 мин при температуре 160°C. Расчетную плотность изготовляемых плит принимали равной 0,65 г/см<sup>3</sup>, размер плит 500×500×19 мм при соотношении наружных и внутренних слоев 1:4:1. Результаты испытаний опытных плит, приведенные к плотности плит 0,65 г/см<sup>3</sup>, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Количество вводимой пыли в осмоленную стружку для наружных слоев, %	Плотность спрессованных плит, г/см <sup>3</sup>	Предел прочности плит, кг/см <sup>2</sup>		Разбухание плит по толщине, %
		при статическом изгибе	при растяжении перпендикулярно пласти	
10	0,635	192	5,6	13,1
15	0,612	189	5,8	11,9
20	0,625	175	4,9	9,5
25	0,636	158	5,0	8,2

Примечание. Во всех случаях количество вводимой пыли в осмоленную стружку для внутреннего слоя равно 15%.

Следовательно, при введении пыли в уже готовую стружечно-клеевую массу можно получать высококачественные древесностружечные плиты с заданными физико-механическими показателями. С увеличением содержания пыли в стружечно-клеевой массе разбухание плит по толщине уменьшается. Это положение нужно учитывать при выпуске плит, используемых в строительстве.

УДК 634.9.512

## ПОПРАВочНЫЕ И ПЕРЕСЧЕТНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ НА ТЕМПЕРАТУРУ И ВЛАЖНОСТЬ ДРЕВЕСИНЫ ДЛЯ МОДУЛЯ УПРУГОСТИ ВДОЛЬ ВОЛОКОН

А. М. БОРОВИКОВ  
ЦНИИМОД

Предложены формулы для приведения результатов испытаний образцов к нормальным условиям. Обоснованы поправочные и уточненные пересчетные коэффициенты для модуля упругости шести основных промышленных пород.

Справочные данные [10] о влиянии температуры и влажности древесины на показатели физико-механических свойств установлены из опытов с парными образцами [1], [9]. Применение резонансного метода определения модуля упругости древесины с различным гидротермическим состоянием повышает точность исследований [2].

Динамический модуль упругости, определяемый резонансным методом, характеризует древесину как упруго-вязко-пластичное тело [3]. При испытаниях по ГОСТу 11499—65 (раздел Ж) [6] шестикратным нагружением и разгрузением образцов исключают остаточные деформации и получают значения модуля как упругого тела. Хотя физическая сущность динамического и статического модулей различна, между ними существует тесная корреляция [5]; это позволяет распространить закономерности, установленные для динамического модуля, на статический модуль упругости.

Опытные данные о величине динамического модуля упругости сосны, лиственницы, березы, бука, дуба и ясеня с влажностью 2—40% при температуре от —20 до +90°C [4] свидетельствуют о том, что относительное изменение модуля упругости древесины не зависит от абсолютной величины модуля при нормальных условиях (табл. 1). Это означает, что результаты испытаний образцов (по ГОСТу 11499—65)

Таблица 1

Порода	Статистические значения и достоверности различия	Модуль упругости $E_{\text{ц. ос.}}^{\text{с.}}$ , $\text{н/мм}^2$					Отношение $\frac{E_{\text{ц. ос.}}^{\text{с.}}}{E_{12}^{\text{с.}}}$			
		$t_{12}^{20}$	$E_{12}^{20}$	$E_{12}^{20}$	$E_{33}^{20}$	$E_{44}^{20}$	$\frac{E_{12}^{20}}{E_{12}^{20}}$	$\frac{E_{12}^{70}}{E_{12}^{20}}$	$\frac{E_{33}^{20}}{E_{12}^{20}}$	$\frac{E_{44}^{20}}{E_{12}^{20}}$
Бук	<i>M</i>	$\frac{106,6}{138,5}$	$\frac{118,9}{153,2}$	$\frac{92,8}{120,0}$	$\frac{117,1}{153,1}$	$\frac{81,6}{107,4}$	$\frac{1,117}{1,01}$	$\frac{0,870}{0,866}$	$\frac{1,098}{1,06}$	$\frac{0,765}{0,776}$
	<i>m</i>	$\frac{0,6}{1,3}$	$\frac{0,9}{0,9}$	$\frac{0,8}{0,7}$	$\frac{1,1}{0,6}$	$\frac{1,2}{1,6}$	$\frac{0,001}{0,003}$	$\frac{0,002}{0,001}$	$\frac{0,002}{0,004}$	$\frac{0,013}{0,012}$
	<i>t</i>	<b>22,4</b>	27,0	25,0	29,0	13,4	1,5	1,9	1,9	0,6
Дуб	<i>M</i>	$\frac{132,8}{155,2}$	$\frac{146,8}{170,0}$	$\frac{120,9}{112,9}$	$\frac{145,7}{168,9}$	$\frac{115,8}{134,6}$	$\frac{1,105}{1,094}$	$\frac{0,910}{0,921}$	$\frac{1,098}{1,087}$	$\frac{0,871}{0,986}$
	$\pm m$	$\frac{1,0}{1,3}$	$\frac{1,4}{1,2}$	$\frac{1,1}{1,1}$	$\frac{1,3}{1,4}$	$\frac{1,6}{1,7}$	$\frac{0,001}{0,006}$	$\frac{0,009}{0,011}$	$\frac{0,003}{0,005}$	$\frac{0,001}{0,013}$
	<i>t</i>	13,7	<b>12,6</b>	14,2	12,1	8,1	1,5	0,8	0,8	0,2
Лиственница	<i>M</i>	$\frac{156,4}{180,8}$	$\frac{170,3}{195,2}$	$\frac{146,3}{157,8}$	$\frac{168,9}{194,0}$	$\frac{121,1}{141,8}$	$\frac{1,088}{1,079}$	$\frac{0,872}{0,873}$	$\frac{1,078}{1,072}$	$\frac{0,774}{0,801}$
	$\pm m$	$\frac{1,9}{1,1}$	$\frac{2,7}{0,6}$	$\frac{2,9}{0,8}$	$\frac{2,7}{1,1}$	$\frac{2,8}{1,6}$	$\frac{0,005}{0,002}$	$\frac{0,005}{0,002}$	$\frac{0,005}{0,003}$	$\frac{0,007}{0,010}$
	<i>t</i>	10,8	9,0	6,8	<b>8,6</b>	7,3	1,7	0,1	1,0	2,3

\* Достоверность различия вычислена по формуле  $t = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}}$ . \*\* В числителе и знаменателе приведены средние значения для групп по 6 образцов.

следует пересчитывать на нормализованные влажность и температуру древесины по формулам

$$E_{W_n}^{30} = \frac{E_{W_n}^{20}}{1 - \alpha (W - W_n)}; \quad (1)$$

$$E_{W_n}^{20} = \frac{E_{W_n}^t}{1 - \beta (t - t_n)}; \quad (2)$$

вместо формул

$$E_{W_n}^{20} = E_n^{20} + \alpha (W - W_n); \quad (3)$$

$$E_{W_n}^{20} = E_{W_n}^t + \beta (t - t_n). \quad (4)$$

Обе разновидности формул представляют собой уравнения прямой и различаются размерностью поправочных коэффициентов. В формулах (1) и (2) коэффициенты  $\alpha$  и  $\beta$  имеют размерности  $\frac{1}{\% W}$  и  $\frac{1}{^\circ C}$ , а в формулах (3) и (4) —  $\frac{кг/см^2}{\% W}$  и  $\frac{кг/см^2}{C}$ .

Поправочный коэффициент  $\alpha$  получили равным  $1,42 \cdot 10^{-2}$  для бука,  $1,10 \cdot 10^{-2}$  для березы,  $1,00 \cdot 10^{-2}$  для сосны и дуба,  $0,92 \cdot 10^{-2}$  для ясеня и  $1,22 \cdot 10^{-2} \frac{1}{\% W}$  для лиственницы, что достаточно близко к справочным данным для модуля упругости при сжатии и растяжении вдоль волокон и при статическом изгибе [10]. Коэффициент  $\beta = 2,4 \cdot 10^{-3}$  для бука и березы,  $2,2 \cdot 10^{-3}$  для ясеня,  $2,0 \cdot 10^{-3}$  для дуба и лиственницы и  $1,8 \cdot 10^{-3} \frac{1}{^\circ C}$  для сосны, что соответствует изменению модуля упругости испытанных образцов в среднем на  $0,3 \cdot 10^8$  н·м при изменении температуры древесины на  $1^\circ C$  (в справочной литературе [10] для всех пород указан пересчетный коэффициент  $0,6 \cdot 10^8 \frac{н/м^2}{^\circ C}$ ).

По ГОСТу 16483.0—70 [7] образцы с влажностью  $12 \pm 1\%$  или равной и большей предела гигроскопичности (30% и более) испытывают при температуре  $20 \pm 2^\circ C$  и степени насыщенности воздуха  $65 \pm 2\%$ . Результаты пересчитывают на влажность 12%, в случае необходимости — на влажность 15%.

Для условий испытания образцов по ГОСТу 16483.0—70 температурной зависимости модуля упругости можно пренебречь. Поправочный коэффициент  $\alpha$  должен быть принят равным  $1 \cdot 10^{-2} \frac{1}{\% W}$  при пересчете на влажность 12% и  $1,2 \cdot 10^{-2} \frac{1}{\% W}$  — при пересчете на 15%. Допускаемая погрешность коэффициента  $\alpha$ , не снижающая точности испытания, соответственно  $0,45 \cdot 10^{-2}$  и  $25 \cdot 10^{-2} \frac{1}{\% W}$ .

Для приведения к влажности 12% пересчетный коэффициент  $k_{30}$  с учетом формулы (3) [4] можно принять равным 1,25 для хвойных пород; 1,12 для кольцесосудистых пород; 1,30 для бука и 1,23 для березы и других рассеяннососудистых пород. При пересчете на влажность 15% коэффициент  $k_{30}$  должен быть равным 1,21; 1,09; 1,26 и 1,19 для пород в той же последовательности. Допускаемая при этом погрешность коэффициента  $k_{30}$  не превышает  $\pm 0,01$ .

Коэффициенты  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $k_{30}$  установлены исходя из условия, что в технических расчетах учитывается только поправка, превышающая 0,05 средней квадратической ошибки  $\sigma$  среднего арифметического результатов измерений [8]. Для определения учитываемого отклонения  $\Delta t$  температуры образцов от нормализованной записываем

$$0,05 \sigma \leq E^{20} \beta (t - 20).$$

Выразив величину  $\sigma$  через  $v$  и считая, что коэффициент вариации  $v$  модуля упругости равен в среднем 20%, средний поправочный коэффициент  $\beta = 2 \cdot 10^{-3} \frac{1}{^\circ C}$ , получим

$$\Delta t \leq \frac{5 \cdot 10^{-4}}{\beta} v$$

При пересчете результатов испытаний образцов с влажностью 11% на влажность 15% допустимая погрешность поправочного коэффициента

$$\Delta x \leq \frac{5 \cdot 10^{-4} v}{11 - 15} = 0,25 \cdot 10^{-2} \frac{1}{\rho_0 W}.$$

Допустимую погрешность пересчетного коэффициента  $k_{30}$  рассчитываем следующим образом:

$$0,05\sigma \geq E_w \Delta k;$$

$$\Delta k \leq 5 \cdot 10^{-4} v \leq 0,01.$$

Изложенное учтено при подготовке проекта рекомендации СЭВ «Древесина. Метод определения модуля упругости при статическом изгибе», внесенного на совещании специалистов стран-членов СЭВ (г. Будапешт, октябрь 1970 г.) на рассмотрение Комиссии СЭВ по стандартизации. Для приведения результатов испытаний к влажности 12% дана формула (1), а поправочный коэффициент  $\alpha$  принят равным  $1 \cdot 10^{-2} \frac{1}{\rho W}$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Р. П. Болденков. К вопросу о температурных поправках для модуля упругости и ударного изгиба древесины. Информационный листок ЦНИИМОДа, № 7 (232), 1958. [2]. А. М. Боровиков. Применение резонансного метода для исследования древесины с различным гидротермическим состоянием. Сб. «Сушка древесины» (Труды Всесоюзной юбилейной научно-технической конференции), ЦНИИМОД, Архангельск, 1968. [3]. А. М. Боровиков. О реологической модели древесины. Научные труды ЦНИИМОДа, № 23, Архангельск, 1969. [4]. А. М. Боровиков. Упругость, вязкость и пластичность древесины. Журн. «Деревообрабатывающая промышленность» № 9, 1970. [5]. А. М. Боровиков, Н. Н. Дулевский. Сравнение методов определения модуля упругости вдоль волокон древесины. Научные труды ЦНИИМОДа, № 26, Архангельск, 1971. [6]. ГОСТ 11499—65 «Древесина. Методы определения показателей упругих деформаций». [7]. ГОСТ 16483.0—70 «Древесина. Отбор образцов и общие требования к физико-механическим испытаниям». [8]. А. Н. Зайдель. Элементарные оценки ошибок измерений. Изд-во «Наука», М.—Л., 1965. [9]. И. Л. Леонтьев. Влияние влажности на физико-механические свойства древесины. Гослесбумиздат, М., 1962. [10]. РТМ «Древесина. Показатели физико-механических свойств». Комитет стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР, М., 1962.

## ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ

УДК 634.0.2(09)

## СТОЛЕТИЕ ЛЕСНОГО ОБЩЕСТВА В РОССИИ

Начало Лесному обществу в столице России — Петербурге — было положено в 1871 г. Позднее были организованы некоторые другие лесные общества, которые после революции стали базой нынешнего Научно-технического общества лесной промышленности и лесного хозяйства.

Ранее были попытки создания общественных организаций для обсуждения важных вопросов хозяйства в лесу. Правда, это были бюрократические попытки. Так, в 1832 г. по указу императора Николая I было организовано «Общество для поощрения лесного хозяйства», состоявшее всего из 28 членов. По идее министра финансов Е. Ф. Канкрин, основная цель Общества заключалась в наведении порядка в лесном хозяйстве. На заседаниях обсуждались, например, вопросы о посеве древесных семян вместе с хлебом, о посеве дуба для возвращения корабельного леса, о питомнике ели, о разведении в России бука, о состоянии лесного хозяйства в различных странах и др. С 1833 г. Общество издавало «Лесной журнал».

В 1845 г. Общество прекратило самостоятельное существование и в качестве отделения было присоединено к Вольному экономическому обществу. А в 1851 г. и это отделение, и «Лесной журнал» были закрыты. Однако необходимость объединения лесной общественности для обсуждения назревших вопросов лесного хозяйства становилась все более очевидной и ученым, и практикам. В конце 1869 г. инициативная группа из 25 петербургских лесничих единодушно высказалась за организацию общества, которое связывало бы лесничих, лесовладельцев, лесопромышленников.

Устав нового Общества был утвержден 2 марта 1871 г., в первом пункте Устава было записано: «Лесное общество имеет целью содействовать распространению в России полезных знаний по лесному делу и улучшению лесного хозяйства». В том же году было возобновлено издание «Лесного журнала» как печатного органа Общества. Общество не было многочисленным, но все же насчитывало более 200 членов, среди которых особенно активными были В. Т. Собичевский, П. Н. Вереха, А. Ф. Рудзкий, Э. И. Шенрок, Н. С. Шафранов, П. А. Костычев, Л. Г. Барк, Ф. Ф. Тихонов, П. И. Жудра, М. К. Турский, М. М. Орлов, В. Д. Огиевский, Г. Ф. Морозов, А. П. Тольский, Э. Э. Керн, Г. Н. Высоцкий и др.

На заседаниях Общества выступали не только лесоводы, но и другие специалисты лесного дела; кроме того, и лесоводы нередко делали доклады по лесотехнологическим и лесозакономическим вопросам. Так, начиная с 1871 г., были заслушаны доклады о лесовозных дорогах, о сухой перегонке древесины, «О ходе лесной торговли России», «Эстетика в лесоустройстве», «О хозяйстве в казенных лесах Архангельской и Вологодской губерний в связи с условиями лесной промышленности на Севере», о работах по облесению южнорусских степей, о мерах содействия по подъему лесной промышленности на Севере и т. д.

Среди многообразных работ, сделанных Обществом, очень весомой была организация съездов лесовладельцев и лесохозяев в 1872, 1874, 1876, 1878, 1883, 1887, 1890, 1893, 1898, 1903, 1910, 1911 и 1912 гг. На этих съездах были обсуждены многие существенные лесохозяйственные и лесопромышленные вопросы; в некоторой степени это содействовало развитию лесной науки и практики.

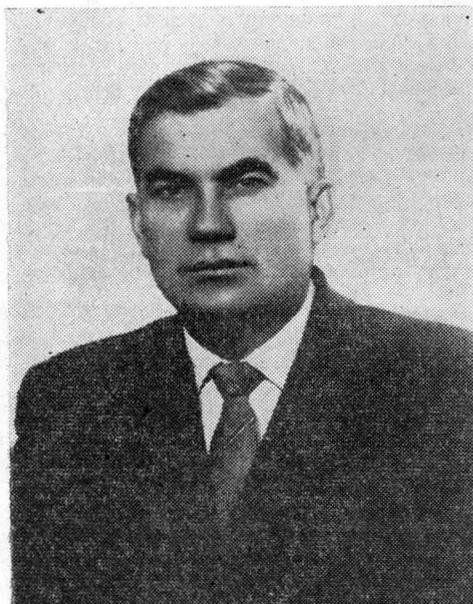
Известный вклад в лесное хозяйство и лесоэксплуатацию внесли и другие лесные общества, созданные по примеру Петербургского и даже раньше его. Из них наиболее значимым было Московское лесное общество, которое организовало комисионное бюро для оказания помощи лесовладельцам в их работе по ведению лесного хозяйства, по созданию питомников и т. д. Общество снабжало отдельных лиц и учреждения семенами, саженцами, орудиями, устраивало выставки и экскурсии, издавало книги, консультировало по ряду вопросов.

Несомненными заслугами старых лесных обществ надо признать анализ факторов роста и развития леса в разных районах, борьбу за создание высших лесных школ и за высокий уровень преподавания в них, за облесение степей, за подъем лесного дела в России. И если мало удалось сделать, чтобы претворить в жизнь результаты исследований и проектировок, то в этом нет вины лесных обществ. В этом повинен буржуазно-помещичий строй царской России, глушивший все свежие идеи, откуда бы они ни исходили и на что бы ни были направлены. Нужна была победоносная социалистическая революция, чтобы труды создателей и активистов прежних лесных обществ, во многом опережавшие свою эпоху, приобрели широкую известность и стали реально осуществимыми. Мы помним первых энтузиастов—основателей лесных обществ—и благодарны им за то, что они дали лесному делу.

П. И. Войчалъ

Архангельск

## ЮБИЛЕИ

ПОЗДРАВЛЯЕМ ЮБИЛЯРА —  
профессора И. М. БОХОВКИНА

В феврале 1972 г. исполнилось 60 лет со дня рождения и 40 лет научно-педагогической и общественной деятельности профессора Ивана Михайловича Боховкина.

Иван Михайлович родился в крестьянской семье. После окончания вуза он с 1934 г. по 1937 г. учился в аспирантуре при Воронежском государственном университете, успешно защитил диссертацию. В 1937 г. ему присвоена ученая степень кандидата химических наук.

Более 30 лет педагогическая и научная деятельность И. М. Боховкина неразрывно связана с Архангельским лесотехническим институтом, где он начал работать с 1940 г. сначала заведующим кафедрой общей и аналитической химии, а затем заведующим кафедрой физической и коллоидной химии. В течение ряда лет Иван Михайлович Боховкин избирался деканом химико-технологического факультета, работал заместителем директора по учебной и научной работе, проректором по учебной работе, а с 1966 г. является ректором института.

И. М. Боховкин много сил и энергии отдает развитию института, укреплению материальной базы, организации подготовки по новым специальностям, совершенствованию учебного процесса и воспитательной работы.

За период 40-летней научной и педагогической деятельности Иван Михайлович Боховкин опубликовал более 140 работ, в том числе 9 книг. Его исследования направлены на изучение физико-химического взаимодействия амидов, фенолов, диметилсульфоксида и фурфурола с органическими соединениями. Им установлено более 50 новых соединений. Эти исследования имеют важное значение для производства пластических масс и минеральных удобрений. Им выполнен также ряд работ по защите металлов от коррозии и по использованию местного природного сырья. Молодые ученые, подготовленные проф. И. М. Боховкиным, успешно продолжают исследования, начатые под его руководством.

Большую педагогическую, научную и административную работу Иван Михайлович сочетает с активной общественной деятельностью. Он член Архангельского обкома КПСС, депутат областного Совета депутатов трудящихся, член научно-технических советов Министерства высшего и среднего специального образования СССР и Министерства лесной и деревообрабатывающей промышленности СССР, ответственный редактор «Лесного журнала»; неоднократно избирался председателем областной организации общества «Знание».

Деятельность Ивана Михайловича Боховкина отмечена высокими правительственными наградами: орденом Октябрьской Революции, орденом Трудового Красного Знамени, орденом «Знак почета» и четырьмя медалями.

Сердечно поздравляя Ивана Михайловича, желаем ему доброго здоровья, дальнейших успехов в работе и счастья!

П. Н. Львов, Т. А. Гурьев, В. П. Морозов, Б. А. Порядин, Л. Е. Чивиксин, Б. С. Филиппов, Б. Д. Богомолов, Г. Л. Дранишников, В. Ф. Чесноков, А. Е. Соснин, Г. Ф. Прошкин.

## НЕКРОЛОГИ

**ГРИГОРИЙ КАРПОВИЧ  
ЧЕРНЯВСКИЙ**

16 октября 1971 г. на 82-м году жизни после тяжелой болезни скончался Григорий Карпович Чернявский — доцент, кандидат технических наук, связавший свою научно-педагогическую деятельность с подготовкой инженеров для лесной промышленности и сельского хозяйства.

Григорий Карпович родился в бедной казачьей семье и с 14 лет работал по найму у богатых казаков. Закончив Майкопское железнодорожное техническое училище, он с 1910 г. по 1919 г. был техником по изысканиям и строительству железных дорог и одновременно учился. После окончания в 1923 г. Петроградского лесного института работал в различных лесных организациях, в том числе научным сотрудником на Северной опытной станции по механизации и рационализации лесозаготовок ВНИИДревесины. В этот период исследовались снежно-ледяные дороги, и Григорием Карповичем были сконструированы снеготаялки, предложены конструкции саней и дорожных орудий. Здесь Г. К. Чернявский исследовал работу наплавных гидротехнических сооружений (запаней) на сплаве леса и написал книгу «Устройство и методы расчета запаней», изданную в 1931 г.

С 1929 г. по 1937 г. Г. К. Чернявский был научным работником Архангельского лесотехнического института и занимал должности заведующего кафедрой сухопутного транспорта леса и декана лесоинженерного факультета. Позднее в связи с переездом на Урал работал преподавателем специальных дисциплин в Институте повышения квалификации инженерно-технических работников лесной промышленности.

В 1940 г. с момента организации в Свердловске сельскохозяйственного института Г. К. Чернявский был избран на должность заведующего кафедрой геодезии и мелиорации, затем работал в должностях декана факультета, зам. директора по учебной и научной работе. Он был первым организатором инженерно-землеустроительного факультета в Сельскохозяйственном институте.

Творческий опыт и обширные знания Григория Карповича отражены в 50 печатных и рукописных работах и 4 изобретательских предложениях.

За долголетнюю безупречную работу Г. К. Чернявский был награжден медалями «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941—1945 гг.», «За доблестный труд в ознаменование 100-летия со дня рождения Владимира Ильича Ленина» и значком «Отличник социалистического сельского хозяйства».

Самым главным в работе Г. К. Чернявского было воспитание творческих работников для народного хозяйства, инженеров-новаторов, каким он был сам. Инженеры-выпускники институтов, где работал Г. К. Чернявский, высоко ценят его как крупного педагога и воспитателя.

Светлая память о Г. К. Чернявском навсегда сохранится в сердцах его товарищей по работе и многочисленных учеников.

**М. М. Корунов.**

*Уральский лесотехнический институт*

**Т. А. Гурьев, В. В. Щелкунов.**

*Архангельский лесотехнический институт*

## СОДЕРЖАНИЕ

- Е. Д. Федотова. Готовить высококвалифицированных инженеров — организаторов производства, борцов за коммунизм! . . . . . 3

### ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

- В. В. Огиевский. Густота частичных культур ели и технология их производства 5  
М. Н. Егоров. К изучению хода роста сосновых насаждении Билимбаевского лесхоза 7  
В. А. Елагина, В. Г. Луканина. Некоторые особенности роста хвой сибирских пород 9  
И. И. Гусев. Изменение нормальных видовых чисел ели по разрядам высот 12  
В. Р. Карлин, И. А. Солдатов. О видовом составе лекарственных растений в пойменных лесах и луговых угодьях Дона 16  
Г. Г. Эрская. Влияние почвенных условий на развитие микоза восточного майского хруща, вызываемого *Beauveria tenella* (Delacr.) Siem. 19  
В. Н. Толкач. Влияние минеральных удобрений на рост соснового подроста в высоту и накопление фитомассы 23  
А. С. Тихонов. Применение отрицательных ступеней толщины в таксации молодых берез 26  
Н. П. Чупров. Таблицы объемов стволов березы и ели по разрядам высот в елово-березовых насаждениях Архангельской области 28

### ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

- Г. И. Шелопаев. Расчет температурного режима дорожных одежд и земляного полотна с учетом фазового превращения грунтовой влаги 35  
В. Я. Ларионов. Критерий оптимальности и метод решения на ЭВМ задачи транспортного освоения лесных массивов 39  
С. И. Морозов. К вопросу о расчете длинных рельсов 43  
Е. В. Хазов, К. А. Чекалкин. О силовом воздействии гидравлических струй потокообразователей на бревенные пучки 47  
А. А. Фаденков. К вопросу о подрессоривании лесовозного прицепа-ропуска 52  
В. Е. Сергутин. Влияние водопроницаемости лесосплавных регуляционных сооружений на изменение уровня режима в сжатом русле 57

### МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

- Ю. И. Юрьев, В. И. Веселков. О влиянии операции насаждения зубьев на напряженное состояние делительных ленточных пил 65  
Л. А. Бяльский. О параметрах петли гистерезиса в прессованной древесине березы 67  
Т. М. Шкиря. Приближенный метод расчета динамических нагрузений гидравлического древокольного станка 69  
И. А. Голубов. К вопросу об импульсном ультразвуковом методе контроля прочности древесностружечных плит 74  
В. А. Азаренок. Исследование процесса стружечного и бесстружечного резания 78  
В. К. Мурга, Е. Г. Ивановский. Исследование шероховатости поверхности при резании древесины 82  
В. А. Мишин. О расчете интегральной температуры кольцевых зон внутри неограниченного цилиндра при нестационарном температурном поле 86  
В. Н. Петри, Ю. М. Зельдин, А. И. Потапов. Контроль модуля упругости древесных плитных пластиков без связующих импульсным акустическим методом 91

### ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

- Ю. П. Клюев, И. В. Петрашень, Т. М. Хрулькова. Исследование летучих продуктов каталитических превращений  $\alpha$ -пинена и  $\Delta^3$ -карена под действием хлористого алюминия 95  
И. М. Боховкин, Б. К. Семенов. Об устойчивости комплексов фурфурола с двухатомными фенолами 98

В. Н. Созонова, Д. А. Беленков. Оценка токсичности некоторых антисептиков на основе меди, цинка и бора для пленчатого домового гриба <i>Coniophora cerebella</i> Schröet.	102
А. Е. Соснин, М. М. Загуляева, Е. С. Лунина. Извлечение таннидов из сосновой коры	106
Л. М. Левина. Состав кислот, содержащихся в воде, получаемой при пиролизе коры лиственницы сибирской	110
В. А. Шишкин, Л. А. Думина, Л. А. Журавлева. Пиролиз водоекстрактивных веществ коры	112

### КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Д. Л. Дудюк. Математическое описание процесса работы автоматизированных поточных линий	115
Г. А. Жодзишский. Исследование распределений вершинных диаметров на нерассортированных потоках круглых лесоматериалов	120

### ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

В. М. Иванюта. К проблеме экономической оценки лесных площадей	126
В. Д. Щербаченко. Организационно-распорядительные методы управления	128
В. И. Сибирцева, М. Д. Некрасов. Экономическая оценка лесокультурных работ в условиях Карельской АССР	131
А. М. Турьшев. Вероятность дефицита древесины на складах лесовозных дорог	135

### КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

М. В. Журавлева. Способ определения активности камбия у растущих деревьев ели	140
И. Д. Василенко. Диагностирование пола у семян тополей с помощью биохимических реакций	141
В. Е. Варфоломеев. Динамика травяного покрова в дубравах, пройденных рубками ухода	142
В. Е. Удод. Эффективность лесоводственного ухода за дубом в некоторых экологических условиях юго-востока БССР	147
А. И. Барабин. Прогнозирование семеношения ели по данным прорастивания женских почек	149
Э. С. Гусейнов. Материалы по изучению грибной флоры лоха узколистного в лесных полосах Азербайджана	150
Л. В. Крестьяшина, Г. И. Арно. Принципы ландшафтных рубок на примере лесопарков г. Ленинграда	152
И. И. Старченко. Из опытов по созданию степных насаждений с участием айвы обыкновенной и японской	153
А. А. Рожков, Е. Л. Васьков, В. К. Соколов. Пораженность щетинистоволосым трутовиком древостоев ореха грецкого в Южной Киргизии	155
П. М. Степочкин. Продуктивность еловых насаждений в Тульской области	156
Е. И. Шевелев. О способах посева семян лиственницы даурской на вырубках Магаданской области	160
Ю. М. Стахив, Ф. В. Лыжин. О несущей способности диска плоских круглых пил	163
Г. А. Парфененко. Влияние способа осмоления мелких древесных частиц (ныли) на прочность древесностружечных плит	168
А. М. Боровиков. Поправочные и пересчетные коэффициенты на температуру и влажность древесины для модуля упругости вдоль волокон	169

### ЮБИЛЕИ

П. И. Львов, Т. А. Гурьев, В. П. Морозов, Б. А. Порядин, Л. Е. Чивиксин, Б. С. Филиппов, Б. Д. Богомолов, Г. Л. Дранишников, В. Ф. Чесноков, А. Е. Соснин, Г. Ф. Прокишин. Поздравляем юбиляра — профессора И. М. Боровикова	173
--	-----

### ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ

П. И. Воичаль. Столетие Лесного общества в России	174
---	-----

### НЕКРОЛОГИ

М. М. Корупов, Т. А. Гурьев, В. В. Щелкунов. Григорий Карпович Чернявский	175
---	-----

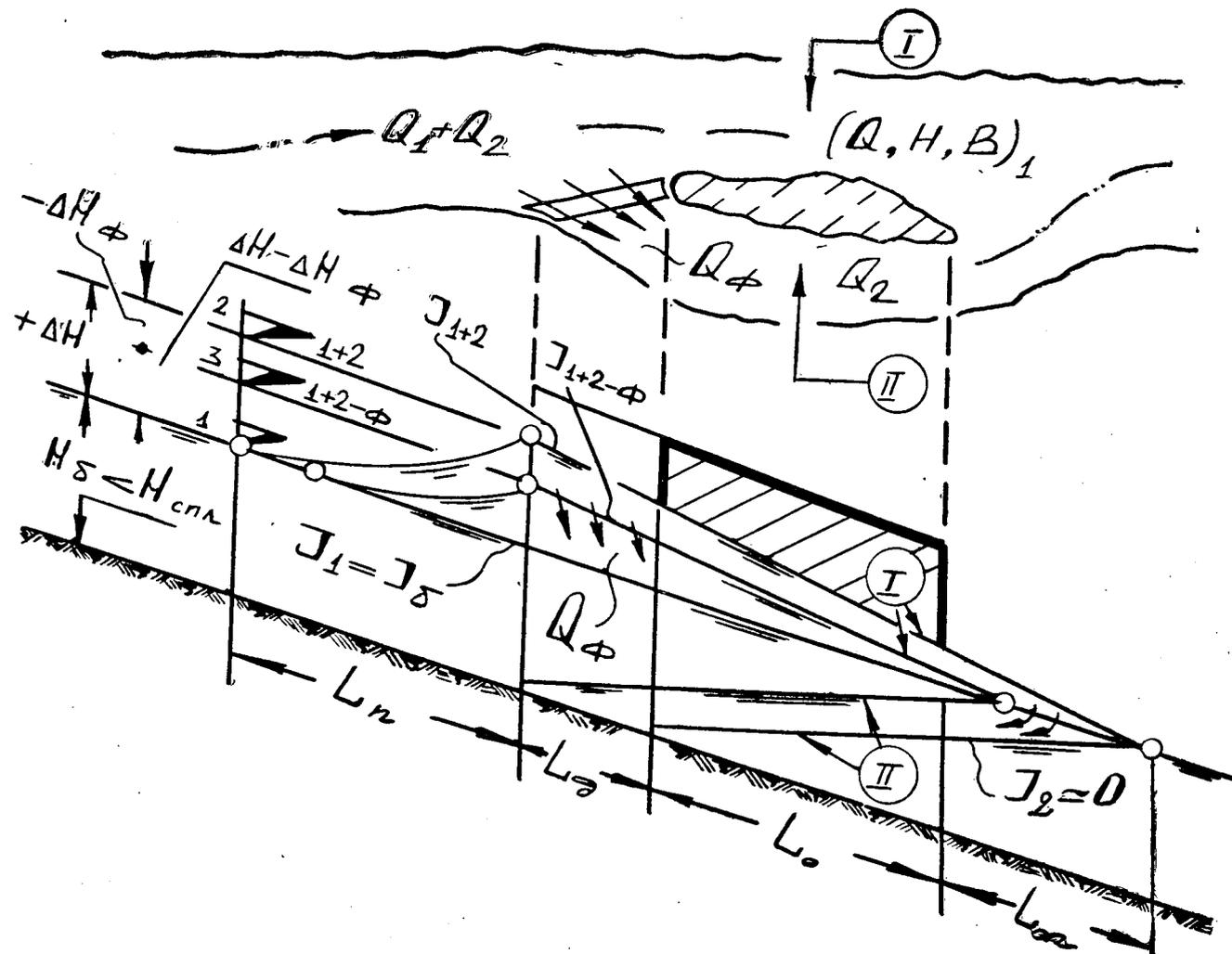


Рис. 1. Схема изменения глубин при закрытии несплавного протока водонепроницаемой и фильтрующей дамбой.

Состояния: I — бытовое (б), 2 и 3 — соответственно после устройства «глухого» и фильтрующего сооружения по сечениям главного русла (I) и несплавного протока (II).

	I	II
1	$Q_1;$	$Q_2$
	$H_1 = H_6 < H_{спл}$ $B_1$ $I_1$	
2	$Q_1 + Q_2;$	$Q_2 = 0$
	$H_{1+2} = H_6 + \Delta H$ $B_{1+2} \approx B_1$ $I_{1+2} > I_1$	
3	$Q_1 + Q_2 - Q_\phi;$	$Q_\phi$
	$H_{1+2-\phi} = H_6 + \Delta H - \Delta H_\phi$ $B_{1+2-\phi} \approx B_{1+2}$ $I_{1+2-\phi} \approx I_{1+2}$	

$L$  — протяженность кривой подпора (п), дамбы (д), острова (о) и кривой спада (сп).

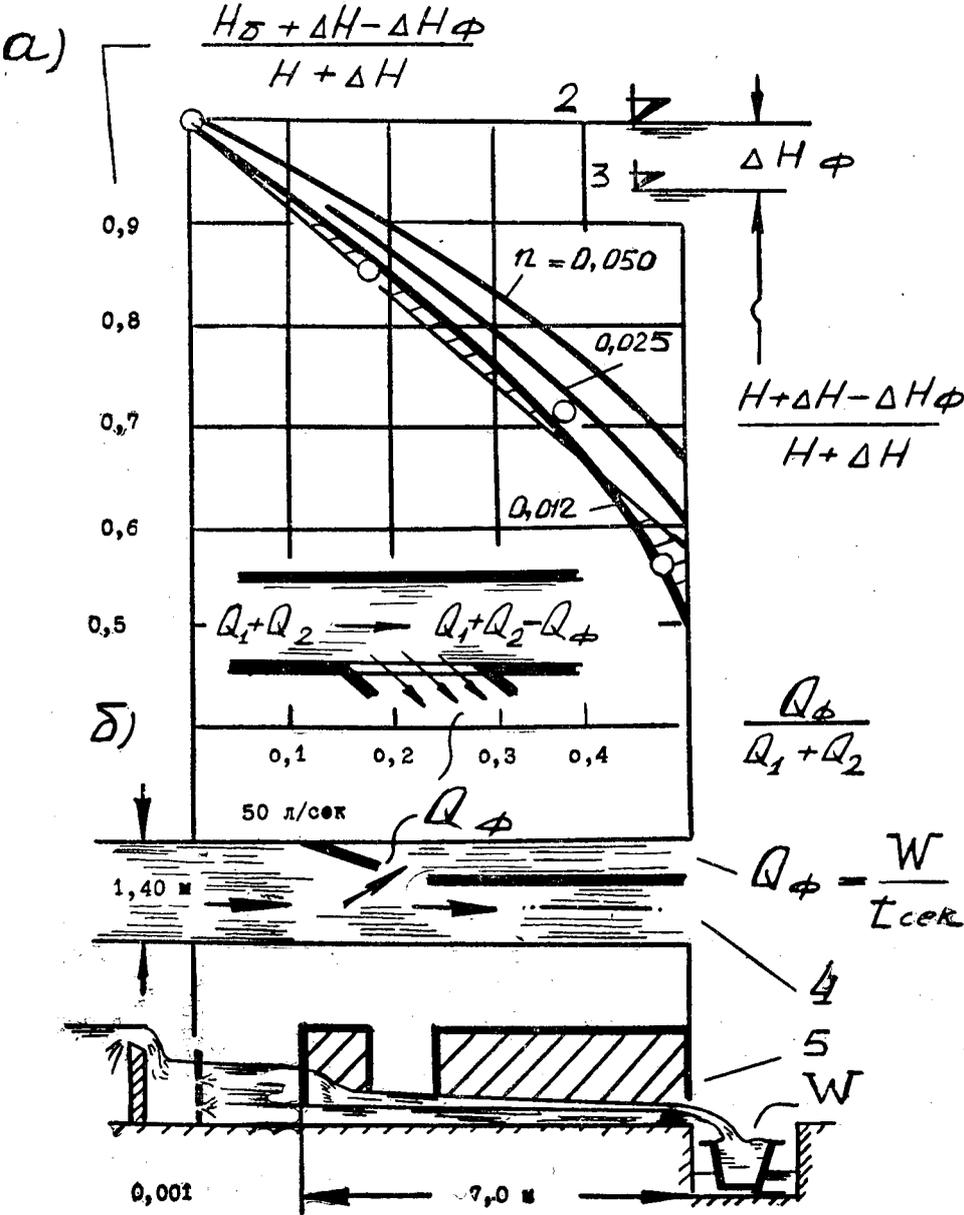


Рис. 2. а) График относительного изменения глубины с начальным (после образования подпора) уровнем перед дамбой.  
 2 — при расходе  $Q_1 + Q_2$ ; 3 — после отделения расхода  $Q_{\phi}$  от  $Q_1 + Q_2$ ;  $n$  — коэффициент шероховатости русла.  
 б) Схема проведения опыта по определению снижения глубины в главном русле после отделения расхода:  
 4 — кран; 5 — продольный разрез потока в русловом лотке СибТИ.

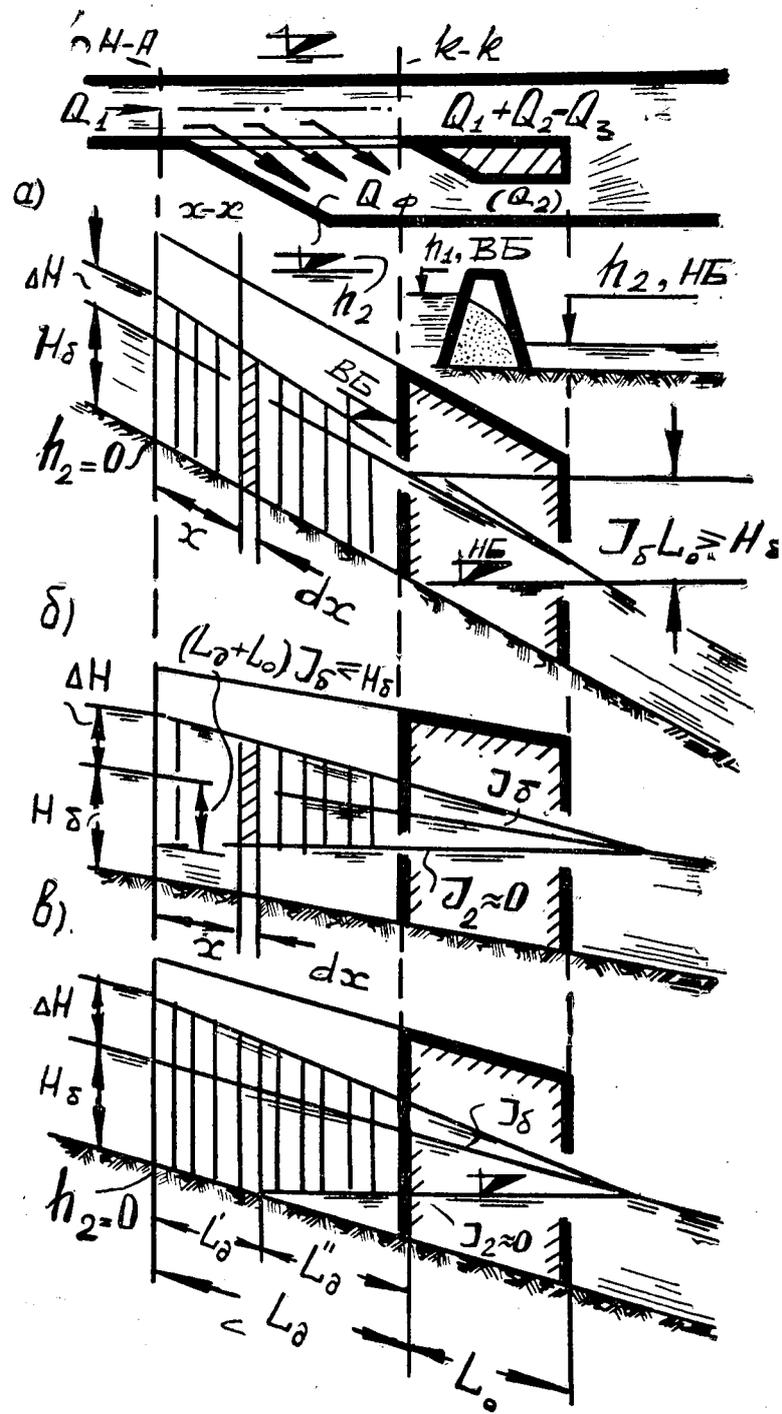


Рис. 3. Схема работы дамб при неподтопленном а, подтопленном б и частично подтопленном в нижних бьефах.  
 Уровни воды по бьефам: ВБ — верхнему с глубиной  $h_1$ , НБ — нижнему с глубиной  $h_2$ .

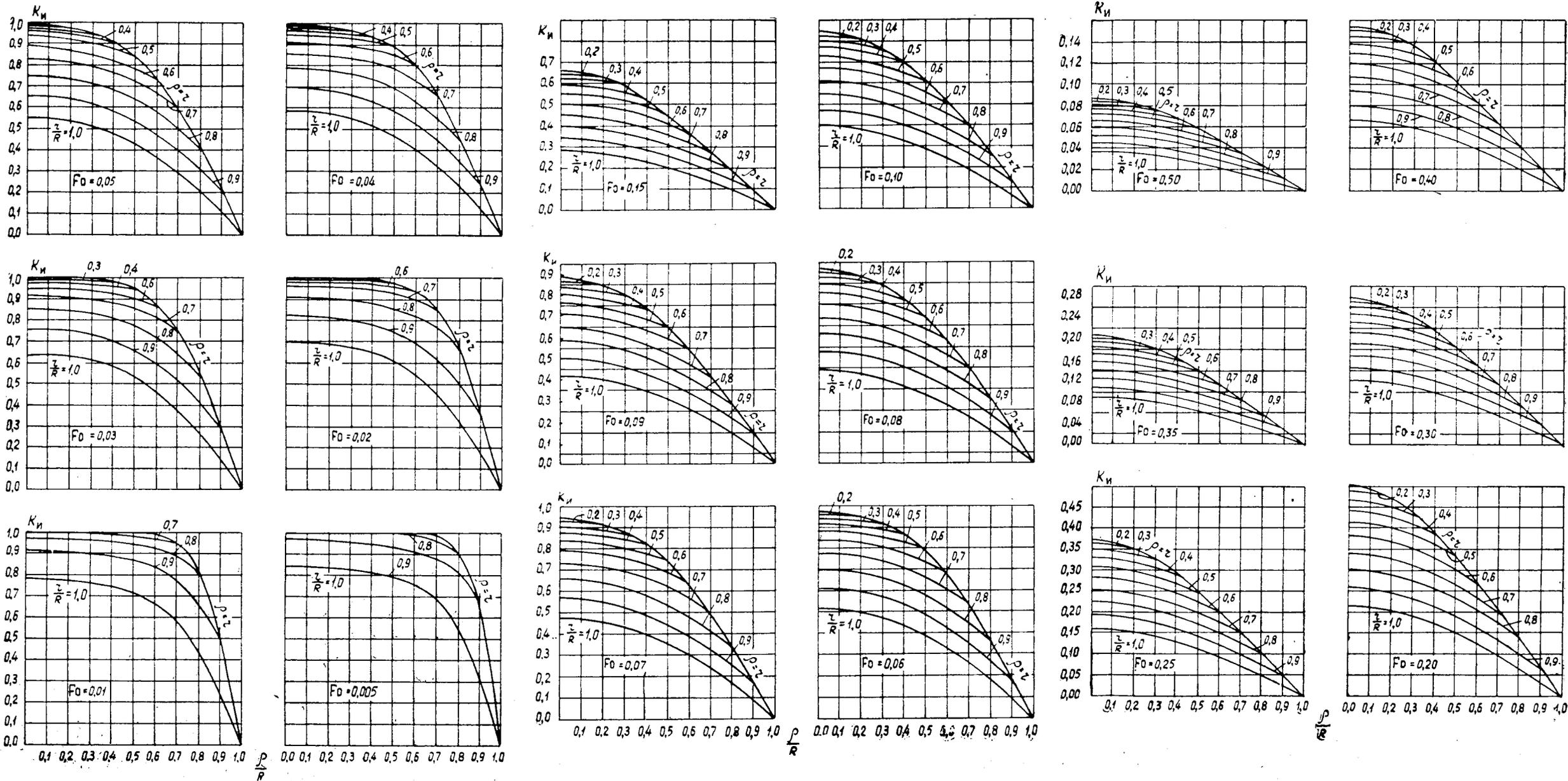


Рис. 2.

№ п.п.	Признаки ландшафта	Показатели		Оцен-ка	Какие ландшафты оцениваются	Приемы улучшения ландшафтов
1	Освещенность и обзорность	Сомкнутость насаждений 0,6 — 0,7 0,6 — 0,7 0,8 — 1,0 0,6 — 0,7 0,5 — 1,0	Обозримость в глубь ландшафта, м более 50 15 — 50 15 — 50 менее 15 менее 15	5 4 3 2 1	Ландшафты закрытого пространства, то есть насаждения сомкнутостью 0,6 — 1,0. Признак не оценивается, если ландшафт граничит с открытыми или полуоткрытыми пространствами и его протяженность не превышает 180 м	Убирать некоторые менее декоративные деревья с образованием "окон" диаметром 5—20 м в зависимости от высоты деревьев. Удалять сухой и нежизнеспособный подрост, плохого вида подлесок, сучья до высоты 2,5—3 м. Разреживать молодняки, создавать группы подраста, подлеска и молодняка
2	Красочность и контрастность	Сочетание окрасок всех элементов 3 и более 2 3 и более 2 1 (монотонность)	Яркость окрасок четко выраженная " " слабо выраженная " "	5 4 3 2 1	Все ландшафты (закрытые, полуоткрытые, открытые)	Раскрывать яркоокрашенные стволы, кроны деревьев и кустов, покров, обнаженную яркими окрасок почву, воду и цветущие растения
3	Разнообразие и взаимосвязь	Протяженность ландшафта, м 70 — 180 180 — 300 25 — 70 25 — 180 более 180 менее 25 и } более 300 }	Границы ландшафта с резко отличающимися ландшафтами " " " " с другими похожими ландшафтами " " с резко отличающимися ландшафтами }	5 4 3 2 1	Все ландшафты	Стремиться к чередованию разных по составу или сомкнутости ландшафтов через 70 — 180 м. Для этого ландшафты большой протяженности и однообразные переводить в другие виды. При частой смене рубки направлять на сглаживание различий в ландшафтах. Если однотипный ландшафт протяженностью более 300 м нельзя разнообразить путем созданных типов ландшафта, то существующую монотонность ликвидируют путем введения разнообразных декоративных пород или сооружений малых архитектурных форм
4	Перспективы	Дальние, открывающиеся из затененного пространства То же из освещенного Короткие — из затененного То же из освещенного Отсутствуют		5 4 3 2 1	Все ландшафты. Возможно исключение тех ландшафтов, которые отвечают высшей оценке п. 3	Раскрывать перспективы на просматриваемые с прогулочных дорожек открытые живописные пространства, водоемы, архитектурные сооружения и т. п.
5	Декоративные свойства отдельных деревьев и групп	Имеются особо декоративные группы и деревья (с хорошо развитыми кронами, мощными стволами, красивым ветвлением, двойчаткой, тройчаткой, оригинальной формы, с декоративными листьями, цветами, плодами и т. п.) То же, но в сочетании с деревьями плохого вида или деревья с характерными для насаждения данного произрастания признаками Имеются деревья с характерными для насаждений данного местопроизрастания признаками в сочетании с деревьями плохого вида Имеются плохого вида группы и деревья с небольшим количеством декоративных Имеются плохого вида группы и деревья		5 4 3 2 1	Все ландшафты	Избегать шахматного или рядового расположения групп и деревьев. Ближе к дорожкам размещать мелкие деревья и группы со светлой кроной; дальше — крупные с темной. Оставлять деревья и кусты с красивыми кронами, плодами, цветами. Деревья с красивым силуэтом располагать на расстоянии трех высот от дорожки, деревья с ажурной кроной — выше дорог, с плотной — ниже. На одной поляне не создавать групп одинакового вида. Раскрывать наиболее красивые и яркоокрашенные части деревьев и кустов
6	Конфигурация опушки и ориентация открытых пространств	Конфигурация опушки сложная " " простая " " прямоугольная " "	Ориентация длинной стороны опушки З — В С — Ю З — В } С — Ю } З — В } С — Ю }	5 4 3 2 1	Открытые пространства	Создавать в опушке открытых пространств углубления путем удаления недекоративных насаждений, расширять поляны в направлении З — В
7	Масштабность	Ширина и длина поляны равна 3 — 10 высотам (H) окружающих деревьев Ширина равна 3 — 10 H Ширина и длина равны 1 ÷ 2H или 10 ÷ 15H Ширина равна 1 ÷ 2H или 10 ÷ 15H Ширина и длина менее 1H или более 15H		5 4 3 2 1	Открытые пространства	Расширять небольшие поляны до размеров, равных 3 — 10 высотам окружающей опушки. На небольших полянах оставлять мелкие группы в небольшом количестве, на больших — крупные. Убирать растительность по берегам мелких водоемов для образного расширения последних
8	Долговечность	1. Более 75% деревьев хорошего состояния (незараженных, неповрежденных, хорошего роста), жизнеспособный подрост в достаточном количестве. В насаждении или подросте преобладают хвойные или твердолиственные породы. Вытаптываемость покрова до 25% 2. а. То же, но с преобладанием мягколиственных пород 2. б. Более 75% деревьев в хорошем состоянии, но подрост нежизнеспособный или вытаптываемость покрова более 25% 2. в. 50—75% деревьев в хорошем состоянии, хороший подрост, вытаптываемость покрова до 25%. В древостое или подросте преобладают хвойные или твердолиственные породы 3. а. То же, что в п. 2, б, но с преобладанием мягколиственных пород 3. б. 50—75% деревьев хорошего состояния, подрост нежизнеспособный, вытаптываемость покрова 25—50% 3. в. 25—50% деревьев хорошего состояния, подрост хороший, вытаптываемость до 25%. В насаждении или подросте преобладают хвойные или твердолиственные породы 4. а. То же, что в п. 3, б, но с преобладанием мягколиственных пород. 4. б. 25—50% деревьев хорошего состояния, подрост нежизнеспособный, вытаптываемость покрова более 50%; или менее 25% деревьев хорошего состояния, подрост жизнеспособный, вытаптываемость покрова до 25%. В насаждении или подросте преобладают хвойные или твердолиственные породы, 5. Менее 25% деревьев хорошего состояния, подрост нежизнеспособный, вытаптываемость покрова 50—100%		5 4 3 2 1	Все ландшафты (для открытых пространств с учетом опушки, групп и единичных деревьев)	Убирать зараженные, сухие, сильно поврежденные деревья. Осветлять наиболее ценные деревья и подрост, оставлять кустарник под деревьями в наиболее часто посещаемых местах
9	Санитарно-гигиенические свойства	1. Ландшафт отвечает следующим четырем условиям: 1) способствует созданию оптимальных для человека температуры, влажности, ветра и солнечной радиации (для условий Ленинграда желателен наибольший доступ солнца, лучшая защищенность от ветра, пониженная влажность). Таким условиям соответствуют открытые пространства, насаждения с меньшей сомкнутостью и групповым размещением деревьев, наличием групп кустарника и сухими почвами; 2) защищен от источников шума и пыли; 3) отсутствует мусор и захламленность; 4) имеются растения, обладающие приятным ароматом цветов, хвои II. Отвечает трем из перечисленных условий III. " двум " IV. " одному " V. Не отвечает ни одному условию		5 4 3 2 1	Все ландшафты	Увеличить освещенность и прогреваемость солнцем путем вырубki некоторых деревьев и кустов. Оставлять и омолаживать плотные опушки со стороны господствующих ветров, вдоль дорог с интенсивным движением транспорта, убирать мусор и захламленность. Осуществлять уход за экземплярами, цветы, хвоя и листья которых обладают приятным запахом

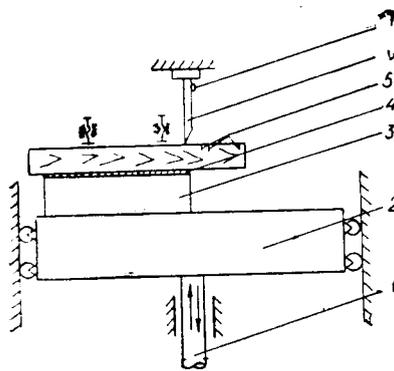


Рис. 1. Принципиальная схема экспериментальной установки.

1 — гидропривод; 2 — опорная плита; 3 — зажимное устройство; 4 — деревянная прокладка; 5 — резино-проволочные датчики; 6 — резец; 7 — датчики усилия затягивания (отжима)

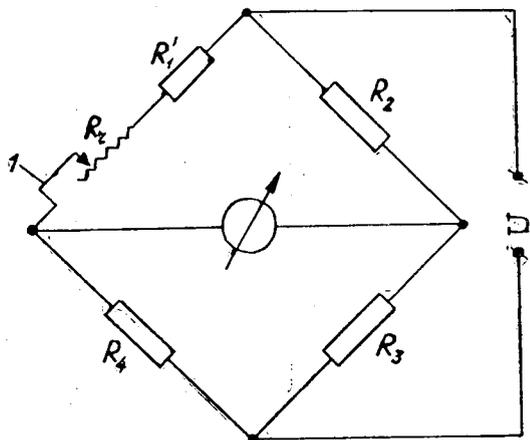


Рис. 2.

$R_{1-4}$  — добавочное сопротивление;  
 $R_{1-4}$  — сопротивление реохордного датчика.

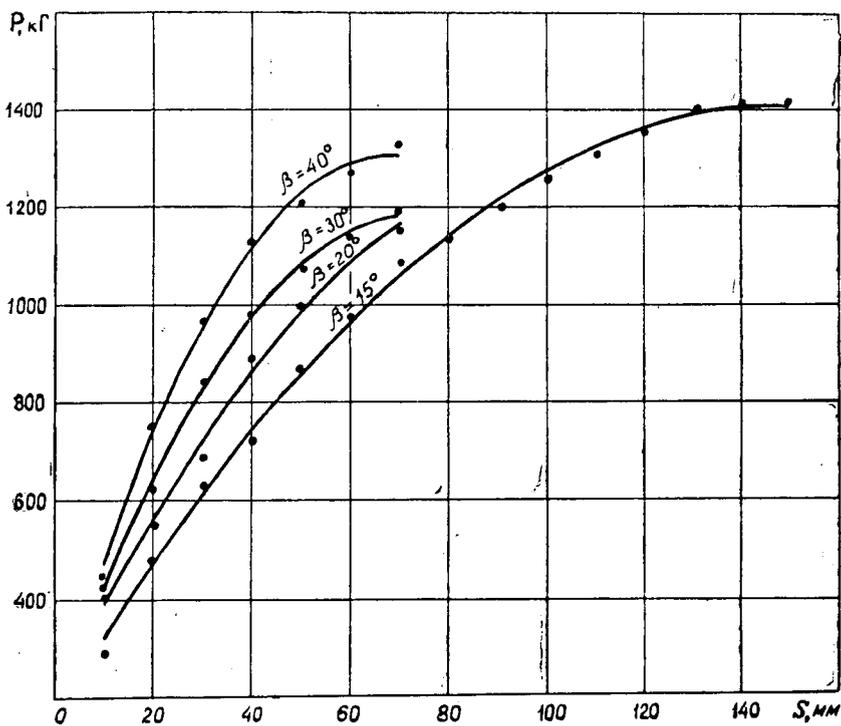


Рис. 3.

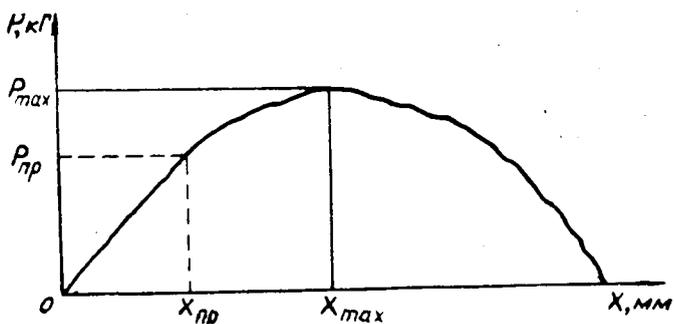


Рис. 4.

Цена 1 руб.

**Подписывайтесь  
на журнал на 1972 г.**

**«ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ»  
МИНИСТЕРСТВА ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
СССР**

Раздел

**„ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ“**

Индекс 70368

«Лесной журнал» выходит один раз в два месяца номерами по 15 печатных листов каждый. Подписная цена на год — 6 руб. Цена отдельного номера — 1 руб.

Подписка принимается органами «Союзпечати». В случае отказа в приеме подписка может быть оформлена через редакцию.

По заявке, направленной в редакцию, комплекты журналов и отдельные номера высылаются наложенным платежом.

Адрес редакции: 163007, Архангельск, 7, Набережная В. И. Ленина, 17, АЛТИ, «Лесной журнал».

05  
11332

МИНИСТЕРСТВО  
ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
СССР

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ



ЛЕСНОЙ  
ЖУРНАЛ

