

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ
ЗАВЕДЕНИЙ

Лесной журнал

ГОД ИЗДАНИЯ СЕМНАДЦАТЫЙ

4 (100)

1974

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

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

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

Выходит 6 раз в год.

© ИВУЗ, «Лесной журнал», 1974.

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

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 4.

(Год издания семнадцатый)

Сдан в набор 1/VII 1974 г. Подписан к печати 19/VIII 1974 г.
Форм. бум. 70 × 108^{1/16}. Печ. л. 15,4 + 2 вкл. Физ. л. 11. Уч.-изд. л. 15,87. Тираж 2400.
Сл. 00086. Заказ 5606. Цена 1 руб.

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

СОЮЗ РАБОЧЕГО КЛАССА И КОЛХОЗНОГО КРЕСТЬЯНСТВА — ДВИЖУЩАЯ СИЛА ПОСТРОЕНИЯ КОММУНИСТИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

В. И. БОХОВКИН

Приближается знаменательная дата — семидесятилетие первой русской революции, опыт которой явился ярким подтверждением ленинского положения о том, что революционно-демократическая диктатура пролетариата и крестьянства должна подготовить почву для победы социалистической революции и становления диктатуры пролетариата.

История освободительного движения показала, что без союза с крестьянством пролетариат не может выполнить своей освободительной миссии, так же, как крестьянство лишь своими силами не может освободиться от помещиц и капиталистической кабалы.

Руководствуясь ленинскими положениями, наша партия создала и укрепила союз рабочих и крестьян, явившийся решающим условием победы социалистической революции и построения социализма в СССР.

Труды В. И. Ленина, его статьи, письма, наброски, планы и другие материалы представляют собой неоценимый источник для изучения его политической деятельности как вождя революции, для понимания ценного опыта первой русской революции, значения союза рабочего класса и крестьянства и в наши дни, когда происходит быстрый процесс революционизирования широчайших народных масс, втягивающихся в борьбу против империализма и всевластия монополий. Ленинская непримиримость к оппортунизму служит верным компасом для коммунистических и рабочих партий в борьбе за демократию и социализм, помогает определить наиболее эффективные формы и методы классово-борьбы и революционных преобразований.

В нашей стране союз рабочего класса с колхозным крестьянством превратился в великую движущую силу построения коммунистического общества. Во всех важнейших документах КПСС подчеркивается, что в период строительства коммунистического общества вопрос о союзе рабочего класса с колхозным крестьянством является центральным. Коммунистическая партия, руководя хозяйственным и культурным строительством, строит свою политику таким образом, чтобы содействовать всемерному укреплению этого союза. «У нас сформировалась новая историческая общность людей — советский народ, — сказал тов. Л. И. Брежнев. — А это означает, что все более заметными становятся общие, независимые от социальных и национальных различий, черты поведения, характера, мировоззрения советских людей. Это означает,

что союз рабочего класса и крестьянства, всегда составлявший основу социалистического строя, нашел свое развитие в нерушимом политическом и идейном единстве этих классов с интеллигенцией, которая давно и твердо стоит на позициях социализма. И сегодня о прочном союзе всех трудящихся, работников физического и умственного труда, союзе рабочего класса, колхозного крестьянства, народной интеллигенции мы вправе говорить как о реальном факте нашей действительности. Этот союз, в котором ведущая роль принадлежит рабочему классу, крепок и нерушим!»*. Рабочий класс впервые в истории в союзе с трудящимся крестьянством создал производство, основанное на общественной собственности не только в городе, но и в деревне. В настоящее время важнейшая задача социальной политики, как это определил XXIV съезд КПСС, заключается «в неуклонном осуществлении ведущей роли рабочего класса, укреплении союза рабочего класса и крестьянства, сплочении рабочих, колхозников, интеллигенции, всех советских людей в их совместном труде»**. Выработанная партией комплексная программа развития сельского хозяйства, его всесторонней интенсификации указывает пути постепенного перевода сельского хозяйства на промышленную основу. Она отражает курс партии на преодоление отставания деревни от города, постепенное сближение условий труда и уровней жизни сельского и городского населения. Производительность труда в девятой пятилетке должна возрасти в промышленности на 38,8%, а в сельском хозяйстве — на 38%, электровооруженность труда в промышленности — в 1,3 раза, а в сельском хозяйстве в 2 раза. Капиталовложения в сельское хозяйство составят 128,6 млрд. руб. — столько же, сколько за две предыдущие пятилетки вместе взятые. В современных условиях научно-технической революции успешное совершенствование намеченных планов развития сельского хозяйства в значительной степени зависит от промышленности. На XXIV съезде КПСС тов. Л. И. Брежнев, обращаясь к труженикам индустрии, говорил, что «партия призывает их внести достойный вклад в это большое, поистине общегосударственное, общенародное дело»***. В речи Генерального секретаря ЦК КПСС тов. Л. И. Брежнева на торжественном заседании в Алма-Ате, посвященном 20-летию освоения целины, всесторонне раскрыт исторический опыт КПСС в области аграрной политики и на основе его творческого анализа определены главные задачи развития сельскохозяйственного производства, основанного на тесном союзе рабочего класса и колхозного крестьянства. Этот союз диалектически соединяет в себе интересы дружественных классов, отражающие реальные потребности социалистического общества на качественно новом этапе.

«Мы и впредь, — говорил тов. Л. И. Брежнев, — будем вкладывать в сельское хозяйство значительные средства. Однако на первый план

* Речь тов. Л. И. Брежнева на встрече избирателей Бауманского избирательного округа столицы. «Правда», 15 июня 1974 г.

** Материалы XXIV съезда КПСС. М., Политиздат, 1971, стр. 203.

*** Л. И. Брежнев. Вопросы аграрной политики КПСС и освоение целинных земель Казахстана. М., Политиздат, 1974, стр. 290.

все явственнее выдвигается качественная сторона дела: как, каким образом с максимальным эффектом использовать народные деньги. Нам, например, нужно все больше и больше машин. Нам нужна новая и новейшая техника, которая соответствовала бы требованиям крупного социалистического производства, позволяла внедрять прогрессивную технологию». Поэтому необходимо, чтобы к этим требованиям «смогли прислушаться» промышленные предприятия и конструкторские бюро. Мы обязаны заботиться о совершенствовании всей сельскохозяйственной техники с учетом разнообразия работ и условий использования этой техники. Все это поможет нам заметно поднять производительность труда в сельском хозяйстве»*. В выступлении тов. Л. И. Брежнева последовательно раскрыты все направления работы нашей партии, которые объединяют в единое русло усилия рабочего класса, колхозного крестьянства и советской интеллигенции на решение узловых вопросов развития сельского хозяйства: создание экономических условий, стимулирующих рост производства, резкое увеличение капиталовложений, осуществление долговременной комплексной программы механизации, химизации сельского хозяйства и мелиорации земель, развитие сельскохозяйственной науки, совершенствование форм организации и управления. Л. И. Брежнев подчеркнул мысль о том, что эти вопросы надо решать комплексно, увязывая ближайшие нужды и отдаленную перспективу, интересы сельского хозяйства и запросы промышленности, учитывая социальные и демографические аспекты. Пример такого комплексного подхода — недавно рассмотренное Политбюро и принятое Центральным Комитетом КПСС постановление «О мерах по дальнейшему развитию сельского хозяйства нечерноземной зоны РСФСР». Речь по существу идет о программе всестороннего развития огромного района нашей страны, рассчитанной до 1990 г. Она предусматривает проведение комплекса разнообразных работ по улучшению земель на многих миллионах гектаров. Осуществление программы, на которую уже в следующей пятилетке намечается выделить 35 млн. руб., преобразит обширный край в центре нашей страны, будет способствовать дальнейшему подъему всей экономики.

Одним из важнейших условий сближения промышленного и сельскохозяйственного труда является процесс интенсификации сельского хозяйства — более полное использование новых возможностей усиления обобществления, специализации и концентрации производства, планомерного разделения и кооперации общественного труда, созданных ростом производительных сил и зрелостью социалистических производственных отношений. Колхозное и совхозное производство все дальше вбирает в себя опромный опыт, накопленный различными отраслями промышленности. Оно индустриализуется, переходит на современные механизированные и автоматизированные процессы производства сельскохозяйственной продукции. Подобно промышленности, в которой по-

* «Правда», 16 марта 1974 г.

стоянно идет процесс специализации и концентрации производства, создаются крупные производственные объединения и комбинаты, в сельском хозяйстве возникают межколхозные, колхозно-совхозные предприятия и объединения, совхозы-заводы, формируются агропромышленные комплексы, активно развивается межхозяйственная специализация. Межколхозная кооперация, все более широкое распространение государственно-колхозных производственных объединений, становление аграрно-промышленных комплексов — все это свидетельствует о повышении роли рабочего класса, социалистической промышленности в деле технического преобразования и подъема сельского хозяйства. Если на предыдущих этапах строительства и укрепления социализма сложилась торговая, а затем производственная смычка между городом и деревней, то теперь в условиях развитого социалистического общества формируется новая, еще более важная и эффективная форма союза рабочего класса и крестьянства — высокоразвитые индустриально-аграрные комплексы.

Только в РСФСР в 1973 г. имелось 84 межхозяйственных предприятия по доращиванию и откорму крупного рогатого скота и свиней и 77 птицефабрик. Получает все большее развитие и кооперация в лесном хозяйстве. В РСФСР организовано 410 межхозяйственных лесхозов, членами-пайщиками которых состоят свыше 5,2 тыс. колхозов и совхозов. В их пользовании находится более 19 млн. га леса, более трети всех колхозно-совхозных лесов республики. С созданием крупных лесхозов наведен порядок в лесопользовании, значительно увеличились объемы лесохозяйственных и лесовосстановительных работ, повысилась рентабельность лесохозяйственного производства. Развитие межхозяйственной кооперации, специализации на базе концентрации производства — дело перспективное, уже подкрепленное опытом, продиктованное самой жизнью, достигнутым уровнем развития сельского и лесного хозяйства страны. В этом деле есть еще немало нерешенных организационных, экономических, кадровых и других задач. Поэтому XXIV съезд КПСС особо подчеркнул, что такие задачи могут быть решены только путем объединения усилий всех ученых и практиков. Лишь при этом условии можно разработать, обосновать и ввести в практику наиболее эффективные средства интенсификации сельского и лесного хозяйства. Кооперирование сельскохозяйственного и промышленного производства — новое социально-экономическое явление, которое знаменует собой крупный шаг в развитии сотрудничества рабочего класса, колхозного крестьянства и советских ученых на пути преодоления существенных различий между классами, стирания социальных и иных различий между городом и деревней, построения бесклассового общества. Претворение в жизнь решений XXIV съезда КПСС и, в частности, его программы по дальнейшей интенсификации сельского и лесного хозяйства явится крупным вкладом в дело строительства коммунизма в нашей стране.

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 634.056

ТЕКУЩИЙ ПРИРОСТ И ЗАПАС ОТПАДА В НАСАЖДЕНИЯХ

П. В. ВОРОПАНОВ

Брянский технологический институт

Новая формула, предложенная автором для исчисления размеров текущего прироста по запасу насаждения, не только достоверна в сопоставлении с классической формулой прироста, но дает возможность установить величину древесного отпада, что недоступно для классической формулы прироста; пользование последней формулой предполагает наличие готовых данных о размерах древесного отпада.

В системе мероприятий, предусмотренных постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР «Об усилении охраны природы и улучшении использования природных ресурсов», значительное место отводится лесу. Наши естественные лесные ресурсы опромны, но для их приумножения необходимо располагать знаниями о закономерностях роста и развития леса.

Все расчеты на сохранение и приумножение лесных ресурсов основаны на изученности прироста древесины в пределах лесных массивов. Вот почему со страниц специальных лесных журналов не сходит вопрос о методах быстрого и достаточно точного определения размеров древесного прироста в насаждениях.

Классическая формула, определяющая размеры текущего прироста по запасу в древостое за n лет, выглядит следующим образом:

$$Z_M^{\text{тек}} = (M_A - M_{A-n}) + M_0, \quad (1)$$

где $Z_M^{\text{тек}}$ — текущий прирост по запасу за n лет;

M_A — запас древостоя в возрасте A лет;

M_{A-n} — запас этого древостоя n лет назад;

M_0 — запас естественного древесного отпада за n лет.

В формуле (1) учтен процесс отпада (N_0 — отпад по количеству деревьев), при котором за n лет количество деревьев в насаждении уменьшается от N_{A-n} до N_A .

При установлении размеров $Z_M^{\text{тек}}$ в возрасте A лет за промежуток n лет рекомендуется [12], [13], [10], [9] число деревьев в древостое в возрасте A лет привести к величине, которая была n лет назад, то есть к N_{A-n} . В соответствии с этим запас древостоя в возрасте A лет увеличится до $M_A + M_0$. Таким образом, получим

$$V_{A-n} = \frac{M_{A-n}}{N_{A-n}}; \quad V_A = \frac{M_A + M_0}{N_{A-n}},$$

где V_{A-n} — объем среднего дерева в древостое в возрасте $A-n$ лет;

V_A — объем среднего дерева в этом насаждении в возрасте A лет, с учетом величины отпада по запасу за n лет.

Это дает право написать, что

$$Z_M^{\text{тек}} = (V_A - V_{A-n}) N_{A-n}$$

или

$$Z_M^{\text{тек}} = \left(\frac{M_A + M_0}{N_{A-n}} - \frac{M_{A-n}}{N_{A-n}} \right) N_{A-n}. \quad (2)$$

Формула (2) по существу является преобразованной формулой (1). Возникает вопрос, как в формуле (2) найти размеры M_0 — отпад по запасу деревьев в количестве

$$N_0 = N_{A-n} - N_A.$$

Наш способ определения размеров текущего прироста древесины в насаждении за n лет основывается на использовании формулы (2). Как видно, из таблиц хода роста должны быть известны следующие таксационные признаки насаждения: возраст, запас; количество деревьев в данный момент и n лет назад; отпад за n лет.

Для установления размеров $Z_M^{\text{тек}}$ насаждения в возрасте A лет мы рекомендуем найти:

а) объем среднего дерева в древостое в возрасте A лет

$$V_A = \frac{M_A}{N_A};$$

б) объем среднего дерева в древостое n лет назад

$$V_{A-n} = \frac{M_{A-n}}{N_{A-n}};$$

в) текущий объемный прирост за n лет среднего дерева в насаждении возраста A лет

$$Z_V^{\text{тек}} = V_A - V_{A-n};$$

г) текущий прирост по запасу за n лет в насаждении в возрасте A лет

$$Z_V^{\text{тек}} N_A = Z_M^{\text{тек}}. \quad (3)$$

В связи с этим в новом предложении формула текущего прироста по запасу в насаждении A лет будет выглядеть следующим образом:

$$Z_M^{\text{тек}} = \left(\frac{M_A}{N_A} - \frac{M_{A-n}}{N_{A-n}} \right) N_A. \quad (4)$$

В рекомендуемой нами формуле нет нужды иметь сведения о размерах запаса отпада в насаждении M_0 .

Точность формулы (4) можно установить, сопоставив ее с формулой (2), общеизвестной и теоретически обоснованной выше. Поскольку обе формулы для определения $Z_M^{\text{тек}}$ насаждения претендуют на эту роль, мы имеем право поставить между ними условное равенство

$$\left[\left(\frac{M_A + M_0}{N_{A-n}} - \frac{M_{A-n}}{N_{A-n}} \right) N_{A-n} \right] \approx \left[\left(\frac{M_A}{N_A} - \frac{M_{A-n}}{N_{A-n}} \right) N_A \right]. \quad (5)$$

Сопоставлением их надлежит выяснить технику пользования нашей упрощенной формулой (3) и ее точность.

Для демонстрации предложенного нами способа по установлению древесного отпада в насаждениях возьмем материалы из общеизвестных таблиц хода роста сосновых насаждений (II класс бонитета), составленных А. В. Тюриным. Из табл. 1 видно, что для использования нового предложения достаточно взять из таблиц хода роста сосняков только три элемента (возраст, запас и количество деревьев насаждения), которые и помещены в первых трех графах. Порядок установления размеров текущего прироста по запасу насаждения в соответствии с формулами (3) и (4) показан в графах 13—17. В графах 18—20 сделан расчет размеров отпада по запасу. Это позволяет утверждать, что в нашем предложении об установлении размеров отпада в насаждении нет противоречий общей классической формуле, когда

$$M_0 = Z_M^{\text{тек}} - (M_A - M_{A-n}).$$

Использование общеизвестной формулы (2) возможно только при заданных (известных) размерах M_0 . В этом случае все данные, заимствованные из таблиц хода роста сосновых насаждений II класса бонитета (по А. В. Тюрину), помещены в табл. 1, в графах 1—3; берем также заданные размеры M_0 , равновеликие соответствующим цифрам из графы 20, и помещаем их в графу 4. Все расчеты $Z_M^{\text{тек}}$, установленные при заранее заданных размерах M_0 , помещают в графы 5—12. При этом, как и предполагает классическая формула (2), количество деревьев равновелико в сопоставляемых насаждениях, хотя и различающихся по возрасту на n лет. Таким образом, при равенстве M_0 эспособы, примененные для определения $Z_M^{\text{тек}}$ по формулам (3) и (4) и по формуле (2), дают равноценные результаты (см. графы 17 и 12).

Предлагаемая формула (3) была неоднократно использована в наших работах. С ее помощью вычисляли размеры текущего прироста по запасу и общую продуктивность насаждений [1], [3], [7], устанавливали показатели по таксационному районированию [2], [5], [6], исчисляли возрасты физиологической (количественной) спелости леса [4], которые можно использовать как нижнюю границу возраста лесовосстановительных рубок в лесах I группы, обосновывали и устанавливали границы возрастных этапов в онтогенезе древесных растений и насаждений [8] и создавали таблицы древесного отпада в насаждениях основных лесобразующих пород СССР [11].

Практическая (опытная) точность рекомендуемого способа показана в табл. 2 на материалах, заимствованных из работы А. Шваппаха [14]. В качестве примера взяты сосновые насаждения, от молодых до старых, произрастающие на почвах разного плодородия; подобраны насаждения, в которых проведен уход, различный по интенсивности выборки.

Размеры текущего прироста по запасу в насаждениях, установленные А. Шваппахом на постоянных пробных площадях, даны в графах 8—11, а соответствующие исчисления $Z_M^{\text{тек}}$ по новому предложению можно найти в графах 12—15. Сопоставление величины $Z_M^{\text{тек}}$ в графах 11 и 15 позволяет сделать вывод о точности нашего способа (см. графу 16).

Настоящее предложение может быть использовано при перерасчете размера текущего прироста и запаса отпада во всех существующих таблицах хода роста и при исчислении их во вновь составляемых эскизах таблиц хода роста насаждений.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. П. В. Воропанов. Метод расчета продуктивности насаждений при построении таблиц хода роста. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1966. [2]. П. В. Воропанов. Использование климатологических показателей при лесотаксационном районировании. Лесохозяйственная информация, реферативный выпуск, № 23, ЦБНТИ, М., 1970. [3]. П. В. Воропанов. Лекции по лесной таксации. Таксация массива (3-я книга). Изд. Брянского технологического института, 1970. [4]. П. В. Воропанов. О возрастах количественной спелости леса. Журн. «Лесное хозяйство» № 12, 1970. [5]. П. В. Воропанов. Использование биоэкологического показателя А. Шиффеля для лесотаксационного районирования. Лесохозяйственная информация, реферативный выпуск, № 21, ЦБНТИ, М., 1971. [6]. П. В. Воропанов. Лесотаксационное районирование по жизненному потенциалу лесных биогеоценозов. Лесохозяйственная информация, реферативный выпуск, № 23, ЦБНТИ, 1971. [7]. П. В. Воропанов. Текущий прирост и общая продуктивность культур дуба в Тульских засеках. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1972. [8]. П. В. Воропанов. Жизненный потенциал деревьев (насаждений). Изд. Брянского технологического института, 1973. [9]. В. В. Загребев, В. С. Чуенков, В. В. Вагин. Об установлении возраста количественной спелости. Журн. «Лесное хозяйство» № 7, 1971. [10]. А. С. Матвеев-Мотин. Прирост, производительность и продуктивность леса. Гослесбуиздат, 1962. [11]. Минлесхоз РСФСР. Таблицы древесного отпада насаждений основных лесобразующих пород. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1973. [12]. А. И. Тарашкевич. Техническое понимание термина «Рубка в размере не свыше годовичного прироста». Журн. «Лесное хозяйство и лесозащита» № 6—7, 1935. [13]. А. И. Тарашкевич. Процесс отпада стволов. Журн. «Лесное хозяйство и лесозащита» № 11—12, 1935. [14]. A. Sch w a r p a c h. Die Kiefer, Neudamm, 1908.

Поступила 24 апреля 1974 г.

УДК 634.0.2 : 681.3.06

ОПТИМИЗАЦИЯ ПОДБОРА ЛЕСНЫХ УЧАСТКОВ ПОД РУБКУ УХОДА МЕТОДОМ ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

В. Г. НЕСТЕРОВ, Е. В. АВТУХОВИЧ

Московская сельскохозяйственная академия им. К. А. Тимирязева

Сообщается о результатах первого опыта применения метода динамического программирования для оптимизации выбора и размещения объема рубок ухода по участкам леса. Представлена математическая постановка задачи, метод ее решения в общем виде и приведен конкретный пример расчета. При этом в качестве критерия модели задачи предлагается экстремум экономических характеристик эффективности (дохода).

При планировании рубок ухода за лесом несомненный интерес представляет вопрос об экономическом выигрыше от размещения объема рубок по участкам леса.

Задача формулируется следующим образом: определить оптимальный набор участков лесных насаждений под рубку с тем, чтобы обеспечить требуемый объем древесины на хозяйственный период (год, пятилетку и т. д.) на основе экономического критерия — максимума дохода.

Математически задача ставится так. Пусть требуемый объем древесины, который необходимо получить в результате рубок ухода, составляет V_0 м³ (в год, пятилетку) с N участков различных типов, характеризующихся составом древесных пород, возрастом, классом бонитета и полнотой. Предполагаемый объем вырубки древесины на любом из таких участков представляет собой величину V_i , равную произведению

объема древесины V_i на 1 га i -того типа участка на общую сумму площадей $\left(\sum_{j=1}^{m_i} S_{ij}\right)$ участков этого типа:

$$V_i = \bar{V}_i \left(\sum_{j=1}^{m_i} S_{ij}\right), \quad (1)$$

где i — номера типов участков;
 j — номера участков i -того типа;
 m_i — количество участков i -того типа, включенных в использование;
 \bar{V}_i — объем древесины на 1 га на участках i -того типа, m^3 ;
 S_{ij} — размер площади j -того участка i -того типа, га.

При цене \bar{C}_i и рубке участков площадью S_{ij} общий доход $\varphi_i(V_i)$ составит

$$\varphi_i(V_i) = \bar{C}_i \left(\sum_{j=1}^{m_i} \bar{V}_i S_{ij}\right), \quad (2)$$

где \bar{C}_i — цена (доход от вырубки) древесины на 1 га на участках i -того типа (например, цена вырубаемой массы 30-летнего сосняка, I класса бонитета, полнотой 0,9).

Требуется определить набор участков, обеспечивающий максимум дохода в результате рубок ухода (с учетом или без учета эффекта от дальнейшего прироста древесины). При этом предполагается, что общий объем древесины V , вырубаемой на всех участках различных типов, не должен быть меньше заданного объема V_0 . Размер дополнительной вырубке древесины может составлять не более 10% от планируемого объема.

Тогда согласно принятым обозначениям и в соответствии с условиями (1), (2) функция цели, например, максимум дохода, выразится в следующем виде:

$$f(V) = \max_{m_i} \left\{ \sum_{i=1}^N \bar{V}_i \bar{C}_i \left(\sum_{j=1}^{m_i} S_{ij}\right) \right\}. \quad (3)$$

Далее предполагаем, что при рубках площади, подлежащие уходу, неделимы, то есть прореживание должно производиться на всей площади отобранного участка (нельзя оставлять какую-либо его часть без ухода).

Это типичная задача для применения метода динамического программирования. В связи с этим, пользуясь рекуррентным соотношением, выработанным Р. Беллманом [1], можно нашу задачу выразить в следующем виде:

$$f_i(V) = \max_{V_i} \{ \varphi_i(V_i) + f_{i-1}(V - V_i) \} = \\ = \max_{\substack{l_j^k \in m_k; \\ l_p^i \in m_i}} \left\{ \bar{C}_i \bar{V}_i \left(\sum_{j=1}^{m_i} S_{ij}, \left(\sum_{p=1}^j l_p^i\right)\right) + f_{i-1} \left[\sum_{k=1}^{i-1} V_k \left(\sum_{j=1}^{m_k} S_k, \left(\sum_{p=1}^j l_p^k\right)\right) \right] \right\}, \quad (4)$$

где l_p^k — индекс сочетания участков.

Функция $f_i(V)$ выражает максимальный эффект от рубок ухода, который можно получить, используя различные комбинации участков i -того типа под рубку взамен (или в дополнение) участков за номера-

ми ($\leq i - 1$) для получения планируемого объема V_0 м³ древесины. Величина V в круглых скобках характеризует объем древесины, полученной на данной стадии (этапе):

$$V = \sum_{k=1}^i \bar{V}_k \left(\sum_{j=1}^{m_k} S_k \left(\sum_{p=1}^j l_p^k \right) \right), \quad (5)$$

где $l_p^k = 1, 2, \dots, m_k$.

В общем случае левая часть формулы (4) равна максимальному значению выражения в фигурных скобках, стоящего в правой части уравнения. Символ «max» связан с переменной $\bar{V}_i \left(\sum_{j=1}^{m_i} S_{ij} \right)$ и означает, что максимизация результата достигается подбором надлежащей совокупности участков $\left(\bar{V}_i \sum_{j=1}^{m_i} S_{ij} \right)^*$ в пределах $m_i = 1$ до $m_i = m_i^*$. При этом величина $V_i = \bar{V}_i \left(\sum_{j=1}^{m_i} S_{ij} \right)$ в уравнении (4) является управляемой переменной при оптимизации выбора участков на i -той стадии. Для данной задачи все стадии соответствуют числу типов участков $i = 1, 2, \dots, N$.

Доход, получаемый в результате оптимального выбора участков i -того типа с объемом древесины V_i^* определяется значением функции $\varphi_i(V_i)$ из условия (2). Функциональное уравнение (4) представляет собой рекуррентное соотношение, устанавливающее соотношение между i -тым и ($i - 1, \dots, 1$) типами участков. Решение этого уравнения дает величину эффекта и определяет стратегию получения системы значений $\{V_i\}$, которые максимизируют правую часть уравнения (4).

Процесс расчета состоит в следующем. Вначале надо выполнять задания по объему рубок, используя участки только одного типа, например, 1-го. Все типы участков пронумерованы сквозной нумерацией от 1 до N . Тогда для $k = 1$ оптимальный доход по формуле (4) определится так:

$$f_1(V) = \max_{m_1} \left\{ \bar{C}_1 \bar{V}_1 \left(\sum_{j=1}^{m_1} S_{1j} \right) + f_0 \left[V - \bar{V}_1 \left(\sum_{j=1}^{m_1} S_{1j} \right) \right] \right\}, \quad (6)$$

где в правой части второе слагаемое для данной только стадии равняется нулю.

$$f_0 = \left[V - \bar{V}_1 \left(\sum_{j=1}^{m_1} S_{1j} \right) \right] \equiv 0. \quad (7)$$

Так как объем древесины на участках 1-го типа, согласно условию (3), не превосходит заданного объема V_0 , то есть $\bar{V}_1 \sum_{j=1}^{m_1} S_{1j} \leq V$, то для нахождения максимума функции дохода по формуле (6) нужно взять самое большое m_{11} , из всего задаваемого счетного множества ($m_1^* \in \{m_1\}$).

Следовательно, максимальный результат с участков 1-го типа при данном значении m_{11}^* составит

Таблица 1

№ типа участков	Объем вырубленной древесины на 1 га, $\bar{V}_i, \text{м}^3$	Цена 1 м ³ древесины на 1 га, $C_i, \text{руб.}$	Размеры площади участков $S_{ij}, \text{га}$				Объемы древесины, подлежащей вырубке в случае включения участков в программу $\bar{V}_i S_{ij}, \text{м}^3$				Стоимость древесины на участках $C_i \bar{V}_i S_{ij}, \text{руб.}$			
			j=2		j=3		j=1		j=2		j=3		j=4	
			j=1	j=2	j=3	j=4	j=1	j=2	j=3	j=4	j=1	j=2	j=3	j=4
1	3	2	10	15	50	0	30	45	150	60	90	300	0	
2	2	3	20	30	100	150	40	60	200	120	180	600	900	
3	4	6	30	40	50	600	120	160	200	720	920	1200	0	
4	1	2	50	100	500	0	50	100	500	100	200	1000	1200	
5	2	5	5	20	50	0	10	40	100	50	200	500	0	

$$f_1(V) = \varphi_1(V_1) \equiv \bar{C}_1 \bar{V}_1 \left(\sum_{j=1}^{m_1^*} S_{1j} \right). \quad (8)$$

Однако при выборе участков только 1-го типа может оказаться, что для выполнения задания $V_0, \text{м}^3$, то есть условия (3), древесины будет недостаточно. Тогда потребуются рассмотреть вторую стадию подбора участков — этап подбора 1-го и 2-го типов совместно. Максимальную величину дохода для этого случая обозначим через $f_2(V)$. При этом, если объем древесины с участков 2-го типа будет взят в размере $V_2 = \bar{V}_2 \sum_{j=1}^{m_2} S_{2j}$, то объем древесины с участков 1-го типа можно определить только в размере $f_1\left(V - \bar{V}_2 \sum_{j=1}^{m_2} S_{2j}\right)$. Тогда максимальный доход от объема по участкам $i = 1$ составит величину $f_1\left(V - \bar{V}_2 \sum_{j=1}^{m_2} S_{2j}\right)$, а общий доход в результате выбора участков 1-го и 2-го типов

$$\left\{ \bar{C}_2 \bar{V}_2 \left(\sum_{j=1}^{m_2} S_{2j} \right) + f_1 \left[V - \left(\bar{V}_2 \sum_{j=1}^{m_2} S_{2j} \right) \right] \right\}.$$

Из этого выражения необходимо определить значения $m_2^* \in \{m_2\}$ и соответствующие компоненты $\{l_p^k\}$ группы участков $\{\bar{V}_2 S_{2j}\}^*$. В этом случае максимальный доход от вырубке участков 1-го и 2-го типов определится как максимум для всех вариантов выбора $m_2^* \in \{m_2\}$ с помощью формулы (4) для $i = 2$.

Дальше аналогично к уже выбранным группам участков нужно добавлять участки оставшихся типов (этапов) до тех пор, пока не переберем все значения от $i = 3$ до $i = N$.

Из составленных таким образом рекуррентных соотношений можно последовательно получить максимальные доходы $f_1(V), f_2(V), \dots, f_N(V)$, а вместе с ними и конкретные величины объемов древесины (\bar{V}_i, S_{ij}^*) , при включении в программу рубки участков разных типов и номеров: ($i = 1, 2, \dots, N; j = 1, 2, \dots, m_i; m_i = 1, 2, \dots, m_i^*$).

В этом ряду экстремумов наивысший максимум обеспечивает функция $f_N(V)$. Метод расчета функционального уравнения (4), в котором по величине $f_1(V) =$

$\varphi_1(V_1)$ определяется значение функции $f_2(V)$, а последняя, в свою очередь, затем используется для нахождения $f_3(V)$ и т. д., корректно осуществляется при помощи ЭЦВМ. Алгоритм решения этой задачи на ЭЦВМ разработан.

Для иллюстрации применения метода динамического программирования к решению задач об оптимальном наборе участков лесных насаждений под рубки, рассмотрим следующий пример.

Пусть заданный объем древесины, который необходимо вырубить с участков пяти типов ($N = 5$), составляет $V_0 = 700 \text{ м}^3/\text{год}$. Участки различаются размером площадей S_{ij} , ценой C_{ij} древесины на 1 га и другими показателями. Все исходные данные, необходимые для расчета, сведены в табл. 1.

На основе исходных данных таблицы и решения уравнений (4), с учетом условий (1), (2), (5) — (8), мы получим следующую комбинацию размеров площадей и объемов древесной массы, подлежащей вырубке:

$S_{11} = 10 \text{ га}; V_1 = 30 \text{ м}^3$	— из участков 1-го типа;
$S_{21} = 20 \text{ га}; V_2 = 40 \text{ м}^3$	— из участков 2-го типа;
$S_{31} = 30 \text{ га}; S_{32} = 40 \text{ га}; S_{33} = 50 \text{ га}; V_3 = 480 \text{ м}^3$	— из участков 3-го типа;
$S_{41} = S_{42} = S_{43} = S_{44} = 0; \bar{V}_4 = 0$	— из участков 4-го типа;
$S_{51} = 5 \text{ га}; S_{52} = 20 \text{ га}; S_{53} = 50 \text{ га}; V_5 = 150 \text{ м}^3$	— из участков 5-го типа.

При такой комбинации максимум общего дохода со всех типов участков составит 3790 руб., при этом общие доходы по каждому типу участков соответственно будут: $\varphi_1(V_1) = 40 \text{ руб.}$, $\varphi_2(V_2) = 120 \text{ руб.}$, $\varphi_3(V_3) = 2880 \text{ руб.}$, $\varphi_4(V_4) = 0$, $\varphi_5(V_5) = 750 \text{ руб.}$

Таким образом, мы не только решили задачу об оптимальном наборе участков под рубку, но и определили величину общего дохода, получаемого как с каждого участка в отдельности, так и со всех вместе взятых.

В заключение заметим, что для расчета взят простейший пример, чтобы показать возможности и методику применения динамического программирования для решения задач по рубкам ухода за лесом. Укажем, кстати, что метод динамического программирования мы применяем также для решения задач главных рубок леса, лесных культур и охраны леса от пожаров и других вредных воздействий на лес.

В этом сообщении рассматривается первый опыт использования динамического программирования для решения задач лесного хозяйства. Методические подробности были опубликованы нами ранее [2], [3].

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Р. Беллман, С. Дрейфус. Прикладные задачи динамического программирования. Изд-во «Наука», М., 1965. [2]. В. Г. Нестеров. Решение некоторых проблем лесного хозяйства с помощью динамического программирования. Журн. «Доклады ТСХА», № 160, 1970. [3]. В. Г. Нестеров, Е. В. Автухович. Оптимизация интенсивности рубок ухода за лесом на основе метода динамического программирования. Журн. «Доклады ТСХА», № 169, 1971.

Поступила 2 апреля 1974 г.

УДК 634.0.231.4 (582.632)

ПОРΟΣЛЕВАЯ СПОСОБНОСТЬ И ПРИДАТОЧНОЕ КОРНЕОБРАЗОВАНИЕ У БЕРЕЗ БОРОДАВЧАТОЙ И ПУШИСТОЙ

С. А. ДЕНИСОВ

Марийский политехнический институт

Изложены сравнительные результаты исследований порослевой способности берез бородавчатой и пушистой и их способности к развитию придаточных корней. По последнему свойству различия существенны и имеют биологическое и лесоводственное значение. Даны основные выводы.

Из всех видов берез, произрастающих в СССР, бородавчатая и пушистая (*Betula verrucosa* Ehrh. и *B. pubescens* Ehrh.) имеют наибольшее народнохозяйственное значение. Они достаточно подробно изучены в морфологическом отношении [11], [3], [13], но их биологические и лесоводственные свойства изучены еще слабо [8], [10], [7].

Цель данной работы — исследование сравнительной способности рассматриваемых видов берез развивать поросль на пнях после рубки деревьев и придаточные корни на стволах в определенных экологических условиях.

Район исследования — зона хвойно-широколиственных лесов (Марийская АССР). Объектом изучения служили древостои березняков учебного лесхоза Марийского политехнического института. Насаждения в типологическом отношении были представлены березняками брусничным, таволговым и осоко-сфагновым. Первые два принадлежали ко II классу бонитета, имели одинаковый 50-летний возраст и различались видовой принадлежностью: березняк-брусничник был сложен березой бородавчатой, березняк таволговый — пушистой. Древостои березняка осоко-сфагнового составляли березы пушистая и бородавчатая 40-летнего возраста, Va класса бонитета. Рубка деревьев на всех трех участках проведена осенью 1970 г. Через год, осенью 1971 г., была учтена поросль на пнях на пробных площадях, заложенных в каждом участке. Определение видовой принадлежности берез в березняках брусничном и таволговом не вызвало затруднений, в каждом из них доминировал почти абсолютно один вид. Для определения вида берез в осоко-сфагновом березняке кроме обычных морфологических признаков использовали признаки однолетних побегов порослевого происхождения (опушенность побегов и листьев березы пушистой и массовое покрытие побегов березы бородавчатой железистыми бородавками) [11], [3]. Особи с неясно выраженными признаками, по-видимому, гибридного происхождения, отбраковывали.

При выборе объектов исследования исходили из следующих соображений. На проявление порослевой способности деревьев влияет, как известно [1], [6], [10], их диаметр, возраст, время рубки, условия местопроизрастания. Поэтому для правомерности сравнения необходимо соблюдать равенство этих показателей, кроме последнего. Дело в том, что рассматриваемые березы, отличаясь экологически, в одинаковых условиях местопроизрастания могли проявить различную порослевую

способность, а в условиях, близких к оптимальным для каждого вида (следовательно, различных), порослевая способность у них могла быть одинаковой. Это затруднение разрешалось следующим образом. Пробные площади были заложены в условиях, которые позволяют тому и другому видам развивать одинаковый биологический эффект. В качестве измерителя последнего принимали производительность древостоя, или класс бонитета. Равнобонитетными древостоями как раз и были упомянутые выше таволговый и брусничный березняки. Одновременно сравнивали порослевую способность рассматриваемых видов берез и при совместном произрастании, то есть в одинаковых условиях (березняк осоко-сфагновый).

Приводим данные по характеристике порослевой способности рассматриваемых видов берез в березняках таволговом и брусничном (табл. 1).

Таблица 1

Диаметр пня, см	Количество пней		Процент пней с порослью	Среднее количество поросли на пне
	общее	в том числе с порослью		
8	44	35	71,5	4,2
	33	31	94,0	10,0
12	49	39	79,5	7,6
	24	18	75,0	9,0
16	49	34	69,4	6,7
	14	11	78,5	7,9
20	24	14	58,4	5,4
	16	9	56,3	9,6
24	13	10	76,8	5,0
	18	8	44,5	4,9
28	9	5	55,6	5,8
	8	4	50,0	12,5
Итого	188	137	73,0	6,1
	113	81	71,6	9,1

Примечание. В числителе данные для березы пушистой; в знаменателе — для березы бородавчатой.

Из таблицы следует, что количество пней, давших поросль, в древостоях березы пушистой и бородавчатой при сопоставимых таксационных характеристиках практически одинаково. Различия наблюдаются лишь в числе побегов поросли, приходящихся на один пень (6,1 у пушистой против 9,1 у бородавчатой). Однако в процессе учета поросли обнаружилось, что пни березы пушистой (березняк таволговый) затенялись разросшимся крупнотравьем, в то время как на вырубке березы бородавчатой (березняк-брусничник) воздействие света и тепла было более интенсивным. Это и могло вызвать пробуждение, наряду с сильными, и более слабых спящих почек у березы бородавчатой. Влияние этого привходящего фактора упразднилось в случае совместного произрастания берез в березняке осоко-сфагновом. Здесь, также при сходном количестве пней, давших поросль, наблюдалось различие в количестве ее на одном пне у берез бородавчатой и пушистой при равных таксационных показателях (см. табл. 2).

Изменчивость в количестве поросли на пнях как березы пушистой, так и бородавчатой очень велика (коэффициент изменчивости C более

Таблица 2

Вид березы	$M \pm m$	C, %	t
Бородавчатая	$8,01 \pm 0,65$	79,6	1,15
Пушистая	$9,36 \pm 1,13$	81,2	

50%). Абсолютное количество поросли на одном пне у обоих видов колебалось от 1 до 35 шт. Достоверного преимущества какого-либо вида берез в развитии поросли не обнаружено ($t < 3$).

Способность берез пушистой и бородавчатой развивать придаточные корни проверяли в том же березняке осоко-сфагновом на погруженных в очес стволах. Деревья срубали, а пни извлекали вместе с окружающей их толщей очеса с придаточной и первичной корневой системой. Было извлечено 24 пня учетных деревьев (по 12 каждого вида берез) с попарно одинаковыми (до 1 см) диаметрами. Затем пни осторожно освобождали от очеса для обеспечения сохранности придаточных корней. При исследовании способности придаточного корнеобразования учитывали, таким образом, вид березы, диаметр пня, длину погруженной в очес части ствола, число придаточных корней на этой части ствола.

Таблица 3

Вид березы	Количество стволов, введенных в анализ	Суммарная глубина погружения стволов в очес l , см	Общее число придаточных корней n	Удельная* способность придаточного корнеобразования $\frac{n}{l}$	Среднее число корней одного дерева $M \pm m$	Достоверность различия t
Пушистая	12	532	1148	2,158	$95,7 \pm 11,7$	3,7
Бородавчатая	12	484	544	1,124	$45,3 \pm 6,6$	

Как свидетельствуют данные табл. 3 и результаты статистической обработки первичных материалов, различия в способности развития придаточных корней у рассматриваемых берез существенны и достоверны: коэффициент достоверности $t > 3$.

Если количество придаточных корней отнести к единице длины погруженной части стволов, то можно рассчитать «удельную» способность придаточного корнеобразования. Этой величиной хорошо пользоваться при сравнении рассматриваемой способности у различных пород. В данном случае удельная способность придаточного корнеобразования у пушистой березы оказалась почти вдвое выше, чем у бородавчатой. Этим объясняется одна из причин преимущественного заселения переувлажненных местообитаний березой пушистой.

Явление образования придаточных корней древесными породами, обусловленное исторически и экологически [2], [4], [5], [9], [12], с успехом может быть использовано в лесном хозяйстве и агролесомелиорации: размещение древесных пород в строгом соответствии с экологическими условиями, закрепление придаточными корнями аллювиальных отложений в поймах, делювия в конусах выноса овражных систем и др.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. И. Асосков. Порослевая способность наших древесных пород. Сб. «Исследования по лесоводству. Сельхозгиз, М.—Л., 1931. [2]. Е. А. Баранова. Закономерности образования придаточных корней у растений. Труды Главного ботанического сада, т. II, М., 1951. [3]. Б. В. Гроздов. Дендрология. Гослесбумиздат, М.—Л., 1952. [4]. А. К. Денисов. Биоэкологические особенности пойменного дуба и защитные лесные полосы по берегам рек. Журн. «Лес и степь» № 10, 1950. [5]. А. К. Денисов. Развитие придаточных корней в песчаном аллювии древесными и кустарниковыми породами южной тайги. «Ботанический журнал», т. 45, № 10, 1960. [6]. О. Г. Каппер. Значение времени рубки на порослевое возобновление дуба. Труды Воронежской областной научно-исследовательской станции лесного хозяйства и агролесомелиорации, т. II (XV), Воронеж, 1934. [7]. А. Л. Кощеев. Заболачивание вырубок и меры борьбы с ним. Изд. АН СССР, М., 1955. [8]. Н. А. Пономарев. Березы СССР. Гослестехиздат, М.—Л., 1932. [9]. Л. Ф. Правдин. Вегетативное размножение растений. Сельхозгиз, М.—Л., 1938. [10]. С. С. Пятницкий и др. Вегетативный лес. Изд-во сельскохозяйственной литературы, журналов и плакатов. М., 1963. [11]. В. Н. Сукачев и др. Дендрология с основами лесной геоботаники. Гослестехиздат, Л., 1938. [12]. Н. С. Шингарева-Попова. Пойменные осокоревые и ветловые леса. Гослестехиздат, М.—Л., 1935. [13]. Ф. Л. Щепотьев. Дендрология. Гослесбумиздат, М.—Л., 1949.

Поступила 4 января 1974 г.

УДК 634.0.2

СООТНОШЕНИЕ ОТПАДА И ПРИРОСТА ПОСЛЕ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСНЫХ РУБОК В ДВУХЪЯРУСНЫХ ЛИСТВЕННО-ЕЛОВЫХ ДРЕВОСТОЯХ

А. С. ТИХОНОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Обсуждаются данные постоянных пробных площадей с нумерацией деревьев непосредственно после рубки и через 10 лет. В контроле заложены 2 пробные площади, после первого приема рубки — 7 и после одноприемной рубки — 2. Рассматривается отпад и прирост в зависимости от породы, диаметра стволов и категорий их технического качества. Определена эффективность оставления различных деревьев березы по преискуртанту № 07—01.

Рубки первого спелого яруса из осины, березы в один — два приема в целях осветления елового яруса (из которого выбираются только фаутовые и охлестанные деревья) и оставления его для дорастивания на 30—50 лет соответствуют понятию комплексной рубки [2], так как они сочетают в себе задачи главных рубок и рубок ухода.

В 1962 г. в Смоленской области были проведены опытно-производственные рубки с трелевкой хлыстов за вершины трактором ТДТ-40 по 4-метровым прямолинейным волокам, прокладываемым на расстоянии, равном полуторной высоте первого яруса. На местах рубок, включая волока, и в контроле были заложены постоянные пробные площади с нумерацией деревьев. Через 10 лет на 11 пробах проведен повторный пересчет.

Таксационные характеристики древостоев представлены в табл. 1. Текущий периодический прирост по запасу древостоя

$$Z_{M6}^n = M_A - M_{A-n} + M_n^{\text{отп}}$$

составил в контроле от 50 до 100 м³, в том числе ели 10—15 м³; после первого приема комплексной рубки интенсивностью 46—65% по запасу — от 40 до 100 м³, в том числе ели 20—60 м³; после одноприемной рубки — от 50 до 80 м³, в том числе ели 20—40 м³. Значительная часть этого прироста ушла в отпад. Даже в контроле на пробе № 7 при величине прироста 99 м³ отпад составил 30 м³ на 1 га.

После первого приема отпало от 5 до 46 м³. Максимальные размеры относятся к участкам, оказавшимся без ветрозащитных полос, среди вырубок (пробные площади № 2, 3). Поэтому на границе с не покрытыми лесом или нелесными площадями, а также с древостоями меньшей высоты необходимо оставлять защитную полосу шириной 30—40 м, на которой I ярус вырубается в последний прием рубки, а при высоте ели более 5 м он только разреживается до полноты 0,5 за счет деловых деревьев. Опыт показал, что при этом площадь лесосеки можно не ограничивать, а интенсивность на дренированных почвах принимать 45—55% от запаса I яруса.

На пробах, защищенных не тронутыми рубкой древостоями, отпад достигал 31 м³ на тяжелых суглинках при интенсивности выборки 60%;

№ пробной площади	Время наблюдений	Ярус	Состав	Характеристика преобладающей породы		
				возраст, лет	высота, м	диаметр, см
Ярцевский						
1	После рубки	I	10Б, ед. С, Ол. с	65	25,7	21,9
		II	10Е	60	12,2	13,8
1972 г.		I	10Б	75	26,5	25,8
		II	10Е	70	16,3	17,0
15	Контроль	I	6Б3Ос1Е, ед. Д	65	25,0	20,8
		II	10Еед. Б	55	7,6	8,6
1972 г.		I	7Б2Ос1Е, ед. Д	75	26,0	23,1
		II	10Е, ед. Б	65	11,1	10,1
Тупиковский						
3	После рубки	I	6Б4Е(90), ед. Ос(75)	75	26,4	25,8
		II	10Е	60	11,6	11,1
1972 г.		I	5Б5Е(100), ед. Ос(85)	85	25,6	26,8
		II	10Е	70	12,6	14,2
Велижский						
7	Контроль	I	5Б3Ос2Е(70)	50	24,3	19,3
		II	10Е	45	8,0	7,9
1972 г.		I	4Б3Ос3Е(80)	60	26,6	22,9
		II	10Е	55	9,4	9,1
8	После рубки	I	5Б4Ос1Е(70)	50	25,3	18,8
		II	10Е	45	9,5	9,1
1972 г.		I	5Б4Ос1Е(80)	60	25,5	22,0
		II	10Е	55	12,9	11,1
6	После рубки	I	5Е1Е(70)4Б(50), ед. Ос(50)	45	6,7	7,3
		I	5Е(55, ед. 80)2Б(60)3Ос(10, ед. 60), ед. Кл	55	8,4	9,4
1972 г.		I	5Ив3Лп1Б(10)1Е(20)	10	3,4	1,1
		I	8Б1Ол. ч(40)1Е(60)	40	16,7	10,7
9	После рубки	II	10Е	35	4,7	5,4
		I	8Б1Ол. ч(50)1Е(70)	50	18,6	14,4
1972 г.		II	8Е2Ос(10)	45	8,0	8,0
		III	3Ил2Б2Кл1Яс1Ив(10)1Е(25)	15	4,0	4,1

а на глубоких супесях (проба № 1) был минимальным и не превышал контрольных размеров, хотя отличался по качеству. Средние объемы отпавших стволлов были выше в 2—4 раза. Если на контрольных площадях естественно изреживался в основном II ярус, то в разреженных древостоях погибали от ветра ели I яруса. Соотношение в отпаде ели и мелколиственных пород по запасу в обоих случаях примерно одинаково (ели 3—6 единиц).

В березовом элементе леса наиболее устойчивы деревья средних размеров. Больше всего отпадают тонкомерные березы. Из осин чаще погибают также тонкомерные деревья, но с толщиной отпад постепенно уменьшается.

В процентном отношении эти изменения составляют: 40% — в 12-сантиметровой ступени толщины и 7% в ступенях 28—36 см. В целом процент прироста по объему за 10 лет составил в среднем у березы 30, у осины — 34.

Следует обратить внимание на высокий почвенно-световой прирост липы. Хотя она была представлена во II ярусе ($D_{1,3} = 6 \div 16$ см), но в сравнении с деревьями подобных размеров других лиственных пород

Таблица 1

Класс бонитета Тип леса	Полнота	Густота	Запас, м ³ на 1 га	Объем вырубки или отпада, м ³	Прирост, м ³
лесокомбинат					
I	0,23	195	84	157	—
	0,32	567	62	13	—
Березняк кисличный	0,28	173	107	2	25
	0,40	557	114	3	55
I	0,74	706	249	—	—
	0,22	867	28	—	—
Березняк кисличный	0,79	581	274	16	41
	0,20	634	32	3	7
леспромхоз					
I	0,41	232	162	273	—
	0,19	503	34	22	—
Березняк кисличный	0,35	165	136	39	13
	0,27	462	54	7	27
леспромхоз					
Ia	0,96	905	349	—	—
	0,24	863	27	—	—
Березняк липняковый	1,06	745	418	24	93
	0,18	625	27	6	6
Ia	0,58	649	188	157	—
	0,20	704	29	4	—
Березняк липняковый	0,67	525	254	20	86
	0,21	593	43	4	18
II	0,22	1250	44	273	—
	0,78	9860	106	12	74
Березняк злаково-нанорельефный	0,43	16150	8	—	8
	0,13	330	30	270	—
II	0,29	1560	17	10	—
	0,15	220	35	9	14
Ельник-папоротниковый	0,68	8620	75	3	61
	0,53	11010	7	—	7

Таблица 2

Категория стволов		Стоимость, руб.			Разница, руб. (5—3)	Объем стволов непосред- ственно после рубки, м ³	Эффектив- ность, руб./м ³ (6 : 7)
по крупности	по качеству	стволов непосред- ственно после рубки	отпада	стволов, оставшихся через 10 лет			
1	2	3	4	5	6	7	8
Тонкомерные (8, 12, 16 см)	Все	13,6	3,8	15,5	1,9	8,0	0,24
	Деловые	9,3	2,2	11,4	2,1	3,6	0,58
Средние (20, 24, 28 см)	Все	101,9	14,3	127,1	25,2	46,2	0,54
	Деловые	85,2	9,5	110,3	25,1	28,1	0,89
Крупные (32, 36, 40, 44 см)	Все	74,0	10,9	82,1	8,1	28,4	0,28
	Деловые	65,7	7,9	78,0	12,3	19,8	0,62

прирост у нее выше в 2—3 раза (106%). Учитывая к тому же ее хорошее возобновление под пологом леса, можно сделать вывод о перспективности выборочных рубок в липняковых древостоях.

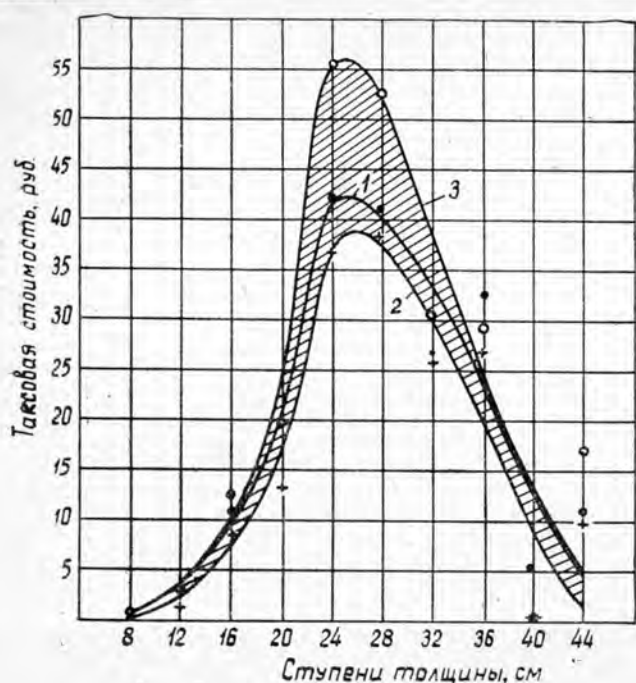


Рис. 1. Таксовая стоимость березы на 1 га; непосредственно после рубки с учетом отпавших деревьев (1), без него (2) и через 10 лет (3). Штриховкой показана величина стоимости прироста.

Чтобы окончательно убедиться в целесообразности оставления берез средних размеров, нами дана стоимостная оценка по прејскуранту № 07—01 (3 пояс, I разряд). Из рис. 1 видно, что даже на участках с высоким отпадом березы, вызванным сплошной рубкой смежных древостоев, корневая стоимость увеличивается на несколько десятков рублей и только за счет средних ступеней толщины.

Эффективность оставления деревьев березы средних ступеней толщины особенно наглядно видна из табл. 2. На каждый 1 м³ древесины оставленных средних деревьев приходится прирост стоимостью 54 коп., что в 2 раза превышает стоимость прироста у тонкомерных и крупных стволов.

Высокий эффект дает оставление деловых стволов на окончательный прием рубки. На каждый 1 руб. таксовой стоимости тонкомерных деловых стволов получается за 10 лет прирост стоимостью 23 коп., средних — 29 коп. и крупных — 19 коп.

Большие исследования зависимости прироста деревьев от их размеров провел Л. А. Кайрюкшис [1]. По его данным, наивысший прирост дают хорошо развивающиеся и сильно развивающиеся деревья. Изложенное указывает, что при отборе в рубку надо учитывать и различия в отпаде, и техническое качество стволов, то есть оставлять преимущественно деловые деревья березы средних размеров, вырубая тонкомерные мелколиственные деревья и крупные березы.

Кроме того, в первый прием надо вырубать сухостойные, фаутные, сильно наклоненные деревья всех пород, деревья I яруса в пониженных сырых парцеллах или с очень развитой кроной, а также деревья, которые будут охлаждать вершины елей или расположенные над крупными елями II яруса.

После одноприемной рубки I яруса (пробы № 6, 9, 12, 13) через 10 лет из 35—45-летнего II яруса высотой 5—10 м и густотой 500—1500 шт. на 1 га осталось 63—97% деревьев ели. Чем больше исходная

густота и ниже II яруса, тем меньше отпад. Чтобы уменьшить общий отпад, в данных условиях в древостоях Ia — II классов бонитета не следует оставлять деревья I яруса. На их месте появляется новое поколение лиственных пород, которое постепенно догоняет ель. Ввиду высокого отпада в отдельных случаях считаем возможной одноприемную рубку при следующих условиях: полнота I яруса не более 0,6 или высокая густота елового яруса (не менее 1500 шт. на 1 га).

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Л. А. Кайрюкштитс. Научные основы формирования высокопродуктивных елово-лиственных насаждений. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1969. [2]. И. С. Мелехов. Рубки главного пользования. Гослесбумиздат, М., 1962.

Поступила 15 апреля 1974 г.

УДК 634.0.231.1

К ВОПРОСУ ОБ ОЦЕНКЕ ЕСТЕСТВЕННОГО ВОЗОБНОВЛЕНИЯ ЕЛИ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ ТАЙГИ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ СССР

И. П. УШАТИН

Воронежский лесотехнический институт

Дается анализ хода естественного возобновления ели под пологом материнского насаждения на примере Костромской и Ярославской областей. Предлагается шкала перспективной оценки успешности предварительного возобновления при восстановлении ельников на концентрированных вырубках.

Ель хорошо возобновляется под пологом материнского древостоя. Наличие молодого подроста ее, издавна расцениваемого лесоводами как фонд для формирования будущего древостоя, по мнению большинства исследователей, способствует ускорению процесса восстановления леса и выращивания крупномерной еловой древесины на 20—30 лет.

Отмечая наличие большого количества елового подроста под пологом материнского насаждения, исследователи не единодушны в его лесовосстановительной оценке. Одни считают, что используя еловый подрост, можно естественным путем обеспечить возобновление хвойных пород не менее чем на 60% площади концентрированных вырубок подзоны южной тайги [4], [5], другие указывают на значительно меньшие возможности [1], [2]. Такая противоречивость во многом объясняется тем, что авторы за основу своих выводов принимают средние данные, несколько дифференцируя их по группам полнот материнского насаждения. В то же время количество и состояние подроста, прежде всего, зависят от типа леса, полноты и состава древостоя. Недостаточно учитывается такой важнейший хозяйственно-биологический фактор, как степень равномерности распределения подроста по площади.

Изучению этих вопросов посвящена настоящая работа. Наши исследования возобновления ели под пологом спелых и перестойных насаждений проведены в Костромской и Ярославской областях. В основу изучения данного вопроса был положен метод временных учетных площадок размером 2×2 м, закладываемых по ходовым линиям через каждые 25 или 50 м. Минимальное количество площадок на обследуемом выделе — 30, а площадь самого выдела — не менее 3 га. Общая площадь обследованных насаждений 4,5 тыс. га. Кроме того, на восьми учетных лентах размером 100×2 м, заложенных в типичных участках,

картировали хвойный подрост. Во всех случаях давали подробную таксационную характеристику насаждений. Подрост хвойных пород описывали по грациям высот с обязательным указанием возраста, происхождения и благонадежности.

Таблица 1

Состав материнского древостоя	Высота подроста, м	Количество подроста (числитель — тыс. шт., знаменатель — %) в древостоях разных типов и полноты					
		Ельник-черничник			Ельник-кисличник		
		До 0,5	0,6 — 0,7	0,8 и более	До 0,5	0,6 — 0,7	0,8 и более
Хвойных 6 и более единиц	До 0,25	$\frac{5,7}{44,5}$	$\frac{8,5}{61,5}$	$\frac{6,7}{59,3}$	$\frac{3,6}{45,0}$	$\frac{6,7}{58,8}$	$\frac{4,4}{57,9}$
	0,26 — 0,5	$\frac{2,6}{20,3}$	$\frac{2,9}{21,0}$	$\frac{2,6}{23,0}$	$\frac{2,2}{27,5}$	$\frac{3,1}{27,1}$	$\frac{1,2}{15,8}$
	0,6 — 1,0	$\frac{2,3}{18,0}$	$\frac{1,4}{10,2}$	$\frac{1,3}{11,5}$	$\frac{1,1}{13,7}$	$\frac{1,1}{9,7}$	$\frac{1,2}{15,8}$
	1,1 — 2,0	$\frac{1,0}{7,8}$	$\frac{0,8}{5,8}$	$\frac{0,6}{5,3}$	$\frac{1,0}{12,5}$	$\frac{0,4}{3,5}$	$\frac{0,7}{9,2}$
	2,1 и выше	$\frac{1,2}{9,4}$	$\frac{0,2}{1,5}$	$\frac{0,1}{0,9}$	$\frac{0,1}{1,3}$	$\frac{0,1}{0,9}$	$\frac{0,1}{1,3}$
	В с е г о	$\frac{12,8}{100}$	$\frac{13,8}{100}$	$\frac{11,3}{100}$	$\frac{8,0}{100}$	$\frac{11,4}{100}$	$\frac{7,6}{100}$
Лиственных 6 и более единиц	До 0,25	$\frac{3,0}{42,2}$	$\frac{5,8}{64,5}$	$\frac{8,6}{71,7}$	$\frac{3,7}{52,9}$	$\frac{5,6}{57,2}$	—
	0,26 — 0,5	$\frac{1,0}{14,1}$	$\frac{1,6}{17,8}$	$\frac{1,3}{10,8}$	$\frac{1,1}{15,7}$	$\frac{1,4}{14,3}$	—
	0,6 — 1,0	$\frac{1,3}{18,3}$	$\frac{0,9}{10,0}$	$\frac{1,6}{13,3}$	$\frac{1,1}{15,7}$	$\frac{1,5}{15,3}$	—
	1,1 — 2,0	$\frac{1,2}{16,9}$	$\frac{0,2}{2,2}$	$\frac{0,4}{3,3}$	$\frac{0,6}{8,6}$	$\frac{1,1}{11,2}$	—
	2,1 и выше	$\frac{0,6}{8,5}$	$\frac{0,5}{5,5}$	$\frac{0,1}{0,9}$	$\frac{0,5}{7,1}$	$\frac{0,2}{2,0}$	—
	В с е г о	$\frac{7,1}{100}$	$\frac{9,0}{100}$	$\frac{12,0}{100}$	$\frac{7,0}{100}$	$\frac{9,8}{100}$	—

Результаты исследования показали, что под пологом спелых и перестойных насаждений, в наиболее распространенных типах леса подзоны южной тайги на 1 га встречается от 1 до 40 тыс. шт. елового подроста. В среднем в ельнике-черничнике подрост насчитывается 10,5 тыс. шт. на 1 га, в ельнике-кисличнике — 7,4 тыс. шт. В обоих случаях преобладает подрост высотой до 0,5 м (табл. 1). Наибольшее его количество отмечается в насаждениях с полнотой 0,6—0,7. Со снижением полноты древостоя общее количество подроста несколько уменьшается, но повышается доля участия крупного (2 м и выше). С увеличением в составе материнского полога лиственных пород снижается количество подроста.

Несмотря на общее большое количество, подрост по площади размещен очень неравномерно. При среднем количестве 5 тыс. экземпляров на 1 га (табл. 2) на 30% учетных площадок подрост совершенно от-

Таблица 2

Тип ельника	Среднее количество подраста на 1 га, тыс. шт.	Количество учетных площадок, шт. %	Размещение площадок (шт. %) в зависимости от количества подраста на одной учетной площадке			
			0	1—2	3—4	5 и более
Черничник	5,3	127	38	57	17	15
		100	30	45	13	12
	7,2	150	26	52	56	16
		100	17,3	34,7	37,3	10,7
	10,7	125	22	25	40	38
		100	18	20	32	30
Кисличник	5,2	75	15	31	20	9
		100	20	41,5	26,5	12
	7,0	66	9	29	21	7
		100	13,6	44	31,8	10,6
	10,8	138	14	18	48	58
		100	10,1	13,1	34,8	42

существует, на 45% — встречается по 1—2 экземпляра на 4 м², и только на оставшихся 25% площади подрост образует группы из 3—5 и более экземпляров. Расстояние между этими группами биологически наиболее устойчивого подраста часто превышает 10 м. С увеличением среднего количества подраста на 1 га повышается и его встречаемость.

Таким образом, для успешного возобновления наличие 5 тыс. шт. подраста на 1 га необходимо признать недостаточным, хотя такое количество подраста многие авторы считают показателем успешного возобновления хвойных пород.

В смешанных елово-лиственных древостоях II и III классов бонитета с полнотой 0,7 (насаждения типичные для подзоны) расстояние между стволами ели верхнего яруса, как правило, не превышает 4 м. Аналогичный вывод мы сделали при анализе таблиц хода роста сомкнутых еловых насаждений [6], где в 100-летних ельниках III класса бонитета на каждое дерево приходится площадь около 9 м², то есть между соседними деревьями расстояние в среднем 3 м. Отсюда ясно, что основным требованием, предъявляемым к еловому подрасту, является равномерность его размещения по площади: расстояние между елочками, а еще лучше между группами подраста не должно превышать 3—4 м.

Статистическая обработка собранного материала (табл. 3) показывает, что этим требованиям отвечают участки леса, под пологом которых насчитывается не менее 7 тыс. экземпляров подраста на 1 га. В этом случае групповой подрост встречается в среднем через 3,5—4,5 м, и на 48% площади будет насчитываться не менее 5 тыс. шт. подраста в пересчете на 1 га. В ельниках черничнике и кисличнике насчитывается около 45% площадей с наличием такого количества подраста.

Успешность естественного восстановления хвойных пород на вырубленных площадях зависит также от сохранности подраста при механизированных лесозаготовках и от выживаемости его на вырубках. Учет при заготовках по «костромскому способу» и способу «узких лент» показал возможность сохранения до 70% имеющегося до рубки хвойного подраста. Этот подрост очень болезненно реагирует на изменение освещенности, влажности почвы и других условий, и большой процент

Таблица 3

Тип ельника	Количество подростов на 1 га, тыс. шт.	Статистики размещения подростов по площади				
		M	$\pm m$	σ	C	P
Черничник	5	4,0	0,13	1,65	4,1	3,1
		6,9	0,28	2,56	37	4,1
	7	3,1	0,12	0,96	31	3,9
4,6		0,25	1,53	33	5,3	
Кисличник	10	—	—	—	—	—
		2,8	0,14	0,77	28	5,3
	5	4,2	0,19	1,44	34	4,4
		7,3	0,66	3,90	54	9,0
	7	2,6	0,10	0,66	25	3,8
		3,5	0,23	1,17	33	6,6
10	—	—	—	—	—	
		2,5	0,03	0,25	9,8	1,4

Примечание. В числителе данные для одиночного подростов; в знаменателе — для группового.

его гибнет. К увеличению отпада могут привести неблагоприятные погодные условия первых месяцев после проведения главных рубок. В результате общий отпад на участке может возрасти более чем в два раза. В первую очередь это относится ко всходам и подросту ели высотой до 0,25 м. При групповом размещении подростов выживает значительно лучше. Наиболее интенсивный отпад наблюдается в первые 1—2 года и заканчивается в основном на 4—5-й год. Общий отпад за это время может составить 20—60% [3].

Таблица 4

Оценка успешности естественного возобновления	Средняя высота подростов, м	Количество подростов, тыс. шт.		Лесовозобновительные мероприятия
		Чистые ельники с полнотой 0,7 и выше	Чистые ельники с полнотой менее 0,7 или с примесью в составе лиственных более 3 единиц	
Обеспечено	0,25	Более 9,0	Более 7,0	Естественное возобновление
	0,5	Более 7,0	Более 6,0	
Недостаточно обеспечено	0,25	5,1—9,0	4,1—7,0	Частичные лесные культуры (вдоль волоков)
	0,5	4,1—7,0	3,1—6,0	
Не обеспечено	0,25	Менее 5,0	Менее 4,0	Лесные культуры
	0,5	Менее 4,0	Менее 3,0	

Учитывая изложенное, представляется возможным составить шкалу перспективной оценки успешности предварительного возобновления при восстановлении ельников на концентрированных вырубках (табл. 4). Эта шкала может быть использована при лесоустройстве, прогнозировании лесокультурного фонда и при лесохозяйственных работах.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. С. В. Алексеев. Рубки в лесах Севера. Гослесбумиздат, М.—Л., 1948.
 [2]. М. Н. Гордеев. Значение подростов в восстановлении ели. Журн. «Лесное хозяй-

ство» № 8, 1964. [3]. В. Д. Касимов, И. П. Ушатин. Восстановление ели на концентрированных вырубках южной тайги. ЦНИИТЭИЛеспром, М., 1967. [4]. А. А. Молчанов, А. П. Шиманюк. Восстановительные процессы на концентрированных лесосеках. Изд. АН СССР, 1949. [5]. А. В. Побединский. Рубки главного пользования. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1964. [6]. А. В. Тюрин, И. М. Науменко, П. В. Воропанов. Лесная вспомогательная книжка. Гослесбумиздат, 1956.

Поступила 7 декабря 1973 г.

УДК 634.0.526

ТОЧНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМА КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ ПО ТАБЛИЦАМ

М. Л. ДВОРЕЦКИЙ

Марийский политехнический институт

На основании секционных обмеров 5042 бревен, заготовленных в 11 модальных древостоях четырех пород разных возрастов и классов бонитета, анализируются проценты систематических ошибок в объемах бревен по таблицам ГОСТа и цилиндров: в целом по древостою и по группам бревен. Для таблицы ГОСТа устанавливается зависимость процентов ошибок от ряда факторов, которые не влияют на точность объемов цилиндров.

Еще во второй половине прошлого века появились общие таблицы объемов бревен, составленные разными авторами по различным методикам. В начале текущего столетия на основе большого опытного материала под руководством А. А. Крюденера были разработаны таблицы отдельно для комлевых и некомлевых бревен девяти древесных пород, но к широкому практическому применению рекомендована таблица объемов еловых комлевых бревен, составленная на основе 26 тысяч наблюдений.

Эта таблица проф. Г. М. Турским [10] была перечислена с русских мер в метрические, дополнена проф. Н. П. Анучиным [1] и вошла в практику под названием таблицы Крюденера — Турского, затем утверждена в качестве ГОСТа 2708—44 и в дальнейшем подверглась ряду опытных проверок.

Выявилось [8], [9], что для тонких бревен получаются систематические преуменьшения, возрастающие с понижением верхнего диаметра, а для толстых — систематические преувеличения, возрастающие с повышением верхнего диаметра. Для вершинных же бревен (из крошной части ствола со средним сбегом более 1 см) потребовалось составить специальные таблицы с увеличением табличных объемов при длине 6 м от 1,6 (при диаметре от 7 см) до 1,2 раза (при верхнем диаметре 15 см) [2]. Было установлено, что на точность таблицы влияет не только величина верхнего диаметра и место выреза бревна, но и класс бонитета древостоев, в которых заготовлены бревна [5], [7].

В проведении опытных проверок точности таблиц ГОСТа 2708—44 (по верхнему диаметру) и таблиц объемов цилиндров (по среднему диаметру) были недостатки.

1. Авторы проверок не анализировали основы таблиц ГОСТа — принятого среднего сбега бревен и закономерностей в его изменении. К. А. Кудрявцев [6] выявил, что значение среднего сбега табличных бревен с увеличением верхнего диаметра возрастает недостаточно плавно, особенно для коротких и тонких лесоматериалов; произвел графическое выравнивание и вычислил объемы бревен по формуле усеченно

конуса, задаваясь значениями верхнего диаметра и выравненного среднего сбега.

Как показала наша опытная проверка на 667 бревнах из 120-летнего ельника II разряда высот, результаты вычислений запасов комлевых и вторых бревен по таблице ГОСТа и новой оказались одинаковыми, а третьих бревен — по новой таблице на 14% ниже.

2. Для проверки обычно брали некоторую механическую совокупность бревен [3], [9], для которой и сделаны выводы, не приложимые к другим случаям. В качестве точных принимали также объемы, вычисленные по соответствующим таблицам сбега [7].

Иногда проверки делали сразу для всей совокупности бревен без разделения их по месту выреза на стволе [8], [9] или для бревен, полученных из стволов средних модельных деревьев [4].

3. Никакой увязки с конкретными древостоями, в которых заготавливались бревна, как правило, не было, а выводы давались самые общие.

4. Точность таблицы объемов цилиндров проверяли по тому же принципу, что и таблицы ГОСТа; она оказывалась то выше, то ниже и обычно не выходила за пределы 3—4%.

В целях избежания перечисленных недочетов точность обеих таблиц объемов бревен было решено проверить на совокупностях бревен, заготовленных в конкретных древостоях, с разделением бревен по месту выреза на стволе (комлевые, вторые и третьи), а в пределах места выреза — по четным ступеням соответственно верхнего и среднего диаметров.

Отобрано 11 модальных древостоев разных древесных пород (а для сосны — и разных возрастов), классов бонитета — от Ia до IV, разрядов высот — от II до Va (в 26 лет), относительных полнот 0,7—0,8 (старый сосняк — 0,9). Форма стволов средняя, лишь для 80-летней сосны второй коэффициент формы составил 0,63, а для старой — 0,69.

Во всех древостоях подряд было срублено и обмерено по 2-метровым секциям 2040 деревьев, разделенных на 6-метровые отрезки (в 26-летнем сосняке соответственно — по 1-метровым секциям и 4-метровым отрезкам). Всего бревенных отрезков получилось 5042, из них 44% — комлевых, 35% — вторых, 24% — третьих и 1% — четвертых (из старого сосняка). Количество бревен: сосновых — 2117, еловых — 1773, дубовых — 563 и березовых — 589.

Древесная порода	Возраст, лет	Класс бонитета	Разряд высот	Относительная полнота	Общий средний сбег, см	Систематичес		
						общие		по I
						по верхнему диаметру	по среднему диаметру	
Ель	120	III	III	0,6	1,34	-5,5	—	-1,8
"	120	IV	III	0,7	1,21	-4,3	+0,1	-2,8
"	90	III	III	0,8	1,06	-1,6	-1,9	+0,2
Дуб	90	III	II	0,7	1,5	-5,2	-0,7	+3,5
Береза	60	Ia	I	0,8	1,27	-2,9	-1,2	+0,7
Сосна	160	II	I	0,9	1,46	+3,4	-0,3	+6,7
"	81	I	II	0,7	1,48	-9,4	-1,4	-0,8
"	64	I	III	0,7	1,06	-4,8	-0,2	+2,1
"	26	III	Va	0,7	1,51	-22	-3,6	-22
"	45	I	III	0,7	1,00	-8,6	—	-18
"	80	IV	IV	0,8	1,18	-5,6	+1,5	-5,6

В табл. I приводится краткая характеристика размерных показателей древостоев и проценты систематических ошибок: общих (для древостоя в целом) и для групп бревен по месту выреза (по сумме объемов бревен).

Из анализа результатов вытекают следующие выводы.

1. По таблице ГОСТа 2708—44 для всей совокупности бревен из древостоя в возрасте 60 лет и выше проценты систематических ошибок получились отрицательные (от $-1,6$ до $-5,5\%$), достигая для сбежистого 80-летнего древостоя $-9,4\%$; для полндровесного 160-летнего I разряда высот ошибка равна $+3,4\%$.

Для бревен из более молодых древостоев (моложе 50 лет) I и III классов бонитета ошибки колебались от $-8,6\%$ (в 45 лет) до -22% (в 26 лет).

По таблице же объемов цилиндров систематическая ошибка в среднем равна -2% и лишь для бревен из 26-летнего древостоя составила $-3,6\%$.

2. Для совокупностей бревен одинакового места выреза из стволов древостоя таблица ГОСТ показала систематические ошибки для бревен: комлевых — в среднем в пределах $\pm 2-3\%$, (в 160-летнем сосняке $+6,7\%$, в 45-летнем $-8,6\%$, а в 26-летнем даже -22%); вторых — в среднем $-4-7\%$, (для 80-летнего сбежистого и 45-летнего обычного сосняка $-15-16\%$, для 160-летнего $+7\%$ и для гонкой березы с мелкосучной кроной $+1,7\%$).

Для комлевых и вторых бревен вместе (которые по запасу древесины занимают 60 и 40%) систематические ошибки в объемах бревен оказываются в пределах от $+1,1$ до $-2,1\%$. Только для старого сосняка получилось $+6,8\%$, 80-летнего сбежистого $-6,5\%$ и 45-летнего $-7,5\%$.

Для третьих бревен (вершинных, из области кроны) ошибки только отрицательные: от $-16-17\%$ (при верхнем диаметре 10—16 см) до $-24-28\%$ (ель и дуб в 90 лет) и даже $-32-35\%$ (сосна в 64 и 45 лет); в старом сосняке вершинным является четвертое бревно — его запас занижается на 25%, а третьего — на 6,4%.

3. Проценты систематических ошибок p_{Δ} таблицы ГОСТа зависят от среднего сбега s бревен, который составляет: 0,5—0,7 см у комлевых, 0,7—0,9 см — у вторых и 1,0—1,5 см и выше — у вершинных. Эту связь можно выразить формулой

Таблица I

таблице ГОСТа для групп бревен				по таблицам цилиндров для групп бревен				
II	III	IV	I и II вместе	I	II	III	IV	I и II вместе
-6,3	-1,6	—	-2,7	—	—	—	—	—
-3,7	-17	—	-3,2	-2,1	-0,3	+0,9	—	-1,1
-6,2	-24	—	-2,6	-0,9	+1,1	+0,9	—	-0,2
-6,5	-28	—	-0,6	-0,9	+0,4	-1,0	—	-0,4
+1,7	-5,7	—	+1,1	-2,9	-0,9	+0,3	—	-2,2
+7,1	-6,4	-25	+6,8	-3,2	+2,2	+0,1	-5,4	-1,0
-15	-24	—	-6,5	-1,8	-1,0	+3,1	—	-1,5
-7,4	-32	—	-1,8	+0,2	-0,5	+2,5	—	-0,1
—	—	—	-2,2	-3,5	—	—	—	-3,5
-15,7	-35	—	-7,5	—	—	—	—	—
—	—	—	-5,6	+1,5	—	—	—	—

$$p_{\Delta} \% = 23 - 33\delta,$$

откуда

$$s = 0,70 - \frac{p_{\Delta}}{33} \text{ см.}$$

Вероятный процент ошибки получается равным $+10\%$ при $s = 0,4 \text{ см}$, 0% при $s = 0,6 \text{ см}$, -10% при $s = 1 \text{ см}$ и -43% при $s = 2 \text{ см}$. Этой зависимостью объясняется и то, что при одном и том же верхнем диаметре объем бревна тем больше, чем выше его место выреза из ствола.

4. Для вершинных бревен таблица ГОСТа занижает действительные объемы (например, при длине их 6 м): от -37% при верхнем диаметре 7 см до -18% при верхнем диаметре 15 см, что соответствует поправочным коэффициентам к объемам по ГОСТу от 1,58 до 1,22 и среднему сбегу от 1,82 до 1,22.

Для других случаев сбега отмеченная таблица может приводить к разным по величине отклонениям.

Запасы вершинных бревен, вычисленные по таблице ГОСТа, можно исправить, умножая их на поправочные коэффициенты, графически выравненные, например, при длине бревен 6 м:

Верхний диаметр, см	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Поправочный коэффициент	1,58	1,54	1,49	1,45	1,40	1,34	1,30	1,25	1,21

5. Проценты систематических ошибок в объемах комлевых бревен обычно колеблются в пределах $\pm 5\%$, но начиная со ступени 18—20 см, они отрицательны и возрастают с уменьшением верхнего диаметра; у вторых бревен ошибки, как правило, отрицательны и приближаются к нулю при значении верхнего диаметра 14—22 см и выше; с уменьшением же последнего они быстро возрастают до -20 — 24% для ступеней 8—10 см; у третьих бревен ошибки вообще отрицательны и обычно составляют -10 — 11% при значениях верхнего диаметра более 16—20 см; при значении 10 см они переходят за -20% , а при 8 см — за -30% .

6. На значение систематических ошибок, кроме места выреза и значений верхних диаметров, воздействует ряд факторов, влияющих на величину среднего сбега: класс бонитета, возраст стволов и густота, мощность и характер кроны (низкая, средняя или высокая, мелко-, средне- или крупносучная), форма стволов (сбежистые, средние или гонкие) и другие, не всегда поддающиеся учету.

7. Учет запасов бревенной древесины в разных зонах страны по таблице ГОСТа производится с различной точностью: на севере тайги в низкобонитетных древостоях — с систематическим занижением, а в зоне южной части лесов в высокобонитетных древостоях — с систематическим завышением; запас же древесины из верхних частей стволов вообще занижается и тем сильнее, чем ниже класс бонитета и чем выше место выреза бревна на стволе. В связи с этим встает вопрос о внесении соответствующих поправок в результаты учета бревенной древесины по таблице ГОСТа.

8. По таблице объемов цилиндров, независимо от места выреза бревен на стволе, значений их срединных диаметров и среднего сбега, а также особенностей древостоев, проценты систематических ошибок колеблются в пределах $\pm 3\%$; это указывает на универсальность таблицы и ее пригодность для учета объема совокупности бревен, заготовленных из определенного древостоя.

9. Бревенную древесину ценных древесных пород наиболее целесообразно учитывать по таблице объемов цилиндров — путем замера длины и срединного диаметра бревна.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. П. Анучин. Проверка таблиц объемов бревен. Журн. «Лесное хозяйство и лесная промышленность» № 5—6, 1931. [2]. Н. П. Анучин. Таблицы объемов круглых лесоматериалов, заготовленных из верхних частей стволов. Журн. «Лесоинженерное дело» № 2, 1958. [3]. М. И. Егоров, М. Г. Грошевой. Результаты проверки таблиц объема бревен. Сб. «Рационализация способов промышленной таксации растущего и срубленного леса», ЦНИИ, 1939. [4]. В. К. Захаров, О. М. Трульв. О пересмотре таблиц объемов круглых лесоматериалов. Журн. «Лесоинженерное дело» № 2, 1935. [5]. Н. И. Кожин. О пересмотре таблиц объемов срубленного леса. Журн. «Лесное хозяйство» № 1, 1950. [6]. К. А. Кудрявцев. Величина среднего сбега и объемов круглых лесоматериалов. Поволжский лесотехнический институт, Йошкар-Ола, 1962. [7]. А. С. Матвеев-Мотин. О таксации леса на корню и в заготовленном виде. Труды ЦНИП № 3, 1956. [8]. Д. И. Морохин. Объем 9-аршинных еловых бревен. Сборник Казанского института с/х и лес. № 1 и 3, 1925. [9]. С. П. Тимченко, С. А. Егоренко. Проверка пригодности существующих таблиц определения объемов бревен. Журн. «Социалистическое лесное хозяйство и агролесомелиорация» № 1, 1932. [10]. Г. М. Турский. Объем бревен в кубических метрах. Сельхозиздат, М., 1927.

Поступила 22 октября 1973 г.

УДК 634.0524

ОСОБЕННОСТИ ТАКСАЦИОННОГО СТРОЕНИЯ ЕЛЬНИКОВ УКРАИНСКИХ КАРПАТ*

Е. И. ЦУРИК

Украинская сельскохозяйственная академия

Приведены результаты исследования таксационного строения карпатских ельников в связи с типами их возрастной структуры. Установлено, что с увеличением среднего возраста древостоев и снижением степени их разновозрастности уменьшается варьирование таксационных признаков стволов, изменяется местоположение среднего дерева в ранжированном ряду, плотность распределения числа стволов по естественным ступеням толщины, характер взаимосвязи между диаметрами и высотами и т. п. Делается вывод о необходимости всестороннего учета этих особенностей таксационного строения отдельных категорий насаждений при таксации карпатских еловых лесов.

Карпатские ельники в таксационном отношении изучены недостаточно, особенно в части закономерностей их строения и возрастной структуры. В литературе имеются лишь некоторые общие сведения по этим вопросам [7], [8]. Между тем в горах, в силу большой пестроты климатических и эдафических условий, таксационные признаки деревьев в древостоях варьируют в значительных пределах. Последнее необходимо всесторонне учитывать при инвентаризации лесного фонда, и при разработке различных таксационных таблиц и других нормативных материалов.

В настоящей работе рассматриваются результаты изучения особенностей строения карпатских ельников, касающиеся, главным образом, установления параметров кривых распределения количества де-

* Работа выполнена под руководством доктора сельскохозяйственных наук, проф. К. Е. Никитина.

ревьев по диаметру и характера корреляционных связей между диаметрами и высотами, поскольку от их соотношения зависят показатели формы и полндревесности стволов, объем, сортиментная и товарная структура.

Для изучения этих вопросов использованы материалы таксации насаждений на 96 пробных площадях, на которых срублено и обмерено более 3 тыс. модельных и учетных деревьев, в том числе 6 проб с сплошной рубкой и обмером 1,8 тыс. стволов. Пробные площади были заложены в еловых древостоях естественного и смешанного происхождения, преимущественно высокополнотных и чистых по составу (не менее 8Е).

Группировка экспериментального материала и последующий его анализ произведены по возрастным категориям (до 40 лет, 41—60 лет и старше 60 лет) и типам возрастной структуры древостоев (УО — условно одновозрастные, УР — условно разновозрастные и Р — разновозрастные). При этом в основу разделения изучаемых ельников по типам возрастной структуры положены показатели изменчивости возраста, диаметров и высот деревьев в насаждениях (табл. 1). Целесообразность такой классификации древостоев обосновывается в работах исследователей таежных лесов [1], [9].

Таблица 1

Тип возрастной структуры древостоев	Амплитуда колебания возраста деревьев	Коэффициенты варьирования, %		
		возраста	диаметра	высоты
О — одновозрастные	До 20 лет	До 4	22—26	8—10
УО — условно одновозрастные	До 0,5А	4—12	26—30	10—14
УР — условно разновозрастные	0,5—1,0А	12—24	30—35	14—20
Р — разновозрастные	Более 1,0А	Более 24	Более 35	Более 20

Примечание. А — средний возраст древостоя, лет.

В результате изучения особенностей рядов распределения числа стволов по диаметру и анализа возможности применения для математической их интерпретации различных функций распределения: нормального (Гаусса — Лапласа), обобщенного нормального (Шарлье) и кривых Пирсона (I типа) установлено, что предпочтительнее пользоваться уравнением Шарлье. Методика решения этой задачи с применением ЭЦВМ принята по К. Е. Никитину [5].

Рассмотрим некоторые особенности строения карпатских ельников по диаметру (табл. 2) в зависимости от возраста и типов возрастной структуры древостоев, а также в сравнении с данными других исследователей.

Таблица 2

Тип возрастной структуры	Категория возраста, лет	Количество пробных площадей	Статистики рядов распределения количества деревьев.			Ранг среднего дерева, %
			Коэффициенты изменчивости, %	Асимметрия	Экссесс	
УО	21—40	5	47,0 ± 2,0	+ 0,72 ± 0,16	+ 0,39 ± 0,46	63,4 ± 1,3
	41—60	9	31,2 ± 1,6	+ 0,56 ± 0,08	— 0,05 ± 0,15	59,5 ± 0,7
УР	Старше 60	47	27,9 ± 0,5	+ 0,26 ± 0,03	— 0,23 ± 0,07	56,9 ± 0,4
	То же	22	32,7 ± 1,0	+ 0,26 ± 0,08	— 0,01 ± 0,13	57,0 ± 0,7
Р	То же	13	43,3 ± 2,0	+ 0,38 ± 0,09	— 0,31 ± 0,15	60,2 ± 0,9

Коэффициент варьирования стволов по диаметру C_d в изучаемых насаждениях изменяется в довольно широких пределах: от 20% в УО

до 58% в Р древостоях. Связь его с возрастом умеренная для УО ($r = -0,402 \pm 0,086$, $\eta = 0,536 \pm 0,073$) и УР ельников ($r = -0,313 \pm 0,192$, $\eta = 0,629 \pm 0,129$), а для Р древостоев — практически отсутствует ($r = -0,051 \pm 0,276$, $\eta = 0,049 \pm 0,280$). В среднем для условно одновозрастных ельников характер этой зависимости можно выразить корреляционным уравнением

$$C_d = 26,1 + 359A^{-2,39},$$

где A — возраст, десятки лет.

В сравнении с материалами других исследователей, варьирование диаметров деревьев в УО ельниках Карпат в среднем на 10—15% меньше, чем по данным А. Гуттенберга, и на 35—40% больше, чем по данным Е. Герхардта, Ф. Флюри и К. Е. Никитина [4]. Объясняется это неодинаковым происхождением и режимом выращивания насаждений. Характерно, что при сравнении коэффициентов варьирования диаметров в карпатских условно одновозрастных ельниках с данными проф. М. Л. Дворецкого [3] и И. И. Гусева [1] для еловых древостоев на пробных площадях сплошной рубки расхождения незначительны.

Асимметрия A_d рядов распределения числа стволов по диаметру в карпатских ельниках изменяется также в широких пределах: от $-0,5$ до $1,3$. Взаимосвязь ее с возрастом умеренная для УО ($r = -0,365 \pm 0,111$, $\eta = 0,598 \pm 0,082$) и УР ельников ($r = -0,366 \pm 0,184$, $\eta = 0,381 \pm 0,048$), но слабая для Р древостоев ($r = -0,013 \pm 0,277$, $\eta = 0,306 \pm 0,251$).

С увеличением возраста УО насаждений асимметрия рядов распределения числа стволов по диаметру уменьшается, но в преобладающей массе остается величиной положительной. В Р ельниках она больше, чем в УО и УР. Изменчивость асимметрии очень высокая. Однако ее средние величины существенны ($\frac{A}{m_A} > 3$).

Экссесс E_d — третий параметр рядов распределения количества стволов по диаметру, характеризующий степень концентрации объектов около среднего значения, — в карпатских ельниках также величина изменчивая. Среднее значение эксцесса существенно ($\frac{E}{m_E} > 3$) лишь для УО насаждений старше 60 лет. Взаимосвязь этого показателя с возрастом слабая, неясно выраженная и несущественная. Поэтому приведенные в табл. 2 данные могут быть использованы лишь для приближенных расчетов. В конкретных же насаждениях эксцесс так же, как и асимметрию необходимо определять непосредственно по данным перечетов стволов.

Ранг среднего дерева по диаметру R изменяется в пределах 50—68% в зависимости от возраста, типов возрастной структуры и других факторов, влияющих на коэффициент варьирования, асимметрию и эксцесс рядов распределения деревьев в древостоях. Коэффициент изменчивости рангов среднего дерева колеблется в карпатских ельниках от 3 до 6%.

Применяя уравнение Шарлье, по конкретным параметрам C_d , A_d и E_d рядов распределения, усредненным для выделенных типов возрастной структуры и категорий возраста, в дальнейшем вычисляли обобщенные ряды распределения числа стволов (в %) по естественным ступеням толщины. Полученные результаты иллюстрируются рис. 1 и 2.

Нетрудно видеть, что в молодняках УО ельников диаметры стволов, выраженные в долях среднего диаметра, колеблются от 0,1 до 2,3, в средневозрастных — от 0,2 до 2,0 и в спелых — от 0,2 до 1,7. Плот-

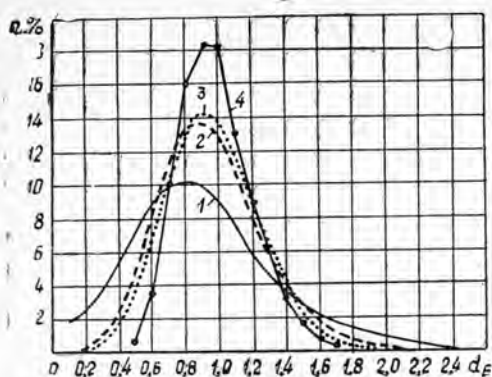


Рис. 1. Процентное распределение числа деревьев n , % по естественным ступеням толщины d_E карпатских ельников в зависимости от возраста условно одновозрастных древостоев.

1 — 21–40 лет; 2 — 41–60 лет; 3 — старше 60 лет; 4 — по А. В. Тюрину.

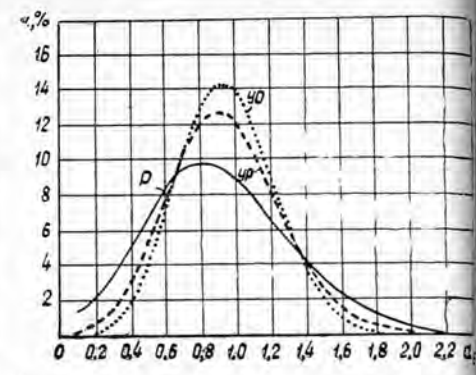


Рис. 2. Процентное распределение числа деревьев n , % по естественным ступеням толщины d_E карпатских ельников в зависимости от типов возрастной структуры.

УО — условно одновозрастные; УР — условно разновозрастные; Р — разновозрастные древостоев

ность частот в центральных естественных ступенях толщины также неодинакова: в молодняках она меньше, а в спелых древостоях больше. Максимальный процент деревьев приходится в молодняках на естественную ступень 0,8 (10,2%), в средневозрастных насаждениях — на 0,9 (13,8%) и в древостоях старшего возраста — на 0,95 (14,1%), то есть наиболее частое значение (мода) диаметра в ельниках с увеличением возраста приближается к среднеквадратическому диаметру.

В сравнении с данными проф. А. В. Тюрина [10] для однородных нормальных древостоев, распределение количества деревьев по естественным ступеням толщины в карпатских ельниках отличается большим размахом крайних значений и меньшей численностью в центральных ступенях.

С увеличением разновозрастности насаждений распределение количества деревьев по естественным ступеням толщины изменяется так же, как в УО ельниках при переходе от спелых древостоев к молоднякам.

Соотношение между рангами и редуционными числами стволов по диаметру устанавливали графическим путем. Оказалось, что деревья одного и того же ранга в различных категориях насаждений имеют неодинаковые редуционные числа. В УО молодняках и в Р ельниках редуционные числа стволов, расположенных в ранжированном ряду примерно до среднего дерева по диаметру, имеют меньшие, а после среднего дерева — большие значения, чем в других категориях насаждений. В результате кривые редуционных чисел стволов по диаметру в зависимости от их рангов в УО молодняках и в Р ельниках имеют большую выпуклость и крутизну.

В сравнении с данными проф. А. В. Тюрина [10] для однородных нормальных насаждений и данными А. Шиффеля [6] для ели, редуционные числа УО карпатских ельников старше 60 лет существенно расходятся; различия с данными проф. М. В. Давидова [2] для бука незначительны.

Соотношения между диаметрами и высотами деревьев в изучаемых насаждениях устанавливали в относительных величинах по материалам обмеров на пробных площадях. В результате вычислений и выравнивания усредненных данных были получены корреляционные уравнения (табл. 3).

Таблица 3

Тип возрастной структуры	Категория возраста древостоев, лет	Параметры корреляционных уравнений
УО	21 — 40	$h_E = 1 + \frac{d_E - 1}{1,15 + 0,56d_E}, (0,5 < d_E < 2,4)$
	41 — 60	$h_E = 1 + \frac{d_E - 1}{0,65 + 1,24d_E}, (0,5 < d_E < 2,0)$
	Старше 60	$h_E = 1 + \frac{d_E - 1}{0,57 + 1,91d_E}, (0,5 < d_E < 1,8)$
УР	То же	$h_E = 1 + \frac{d_E - 1}{0,59 + 1,61d_E}, (0,5 < d_E < 2,0)$
Р	То же	$h_E = 1 + \frac{d_E - 1}{0,69 + 1,26d_E}, (0,5 < d_E < 2,2)$

Найденные по этим уравнениям значения относительных высот по естественным ступеням толщины иллюстрируются рис. 3 и 4.

Рис. 3. Соотношение между относительными высотами h_E и относительными диаметрами d_E в условно одновозрастных карпатских ельниках в зависимости от возраста. Обозначения см. на рис. 1.

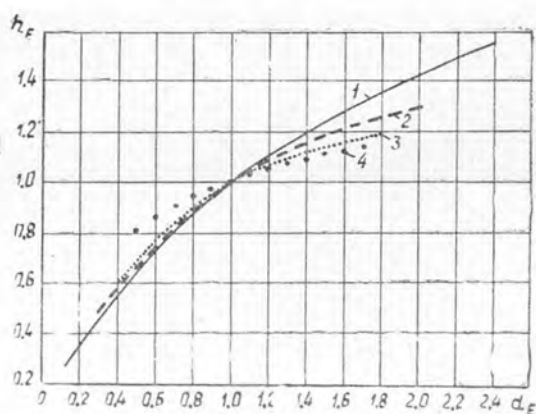
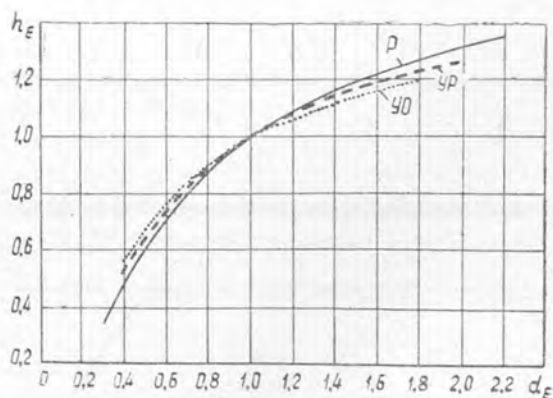


Рис. 4. Соотношение между относительными высотами h_E и относительными диаметрами d_E в карпатских ельниках в зависимости от типов возрастной структуры. Обозначения см. на рис. 2



Сопоставляя полученные результаты, можно видеть, что с увеличением возраста насаждений и уменьшением их разновозрастности крутизна кривых относительных высот уменьшается. По сравнению с данными других исследователей, кривые относительных высот по естественным ступеням толщины даже в спелых УО ельниках имеют большую выпуклость и крутизну. Особенно значительны расхождения в тонкомерной части древостоев. Они в естественной ступени 0,5 на 18% меньше, чем по данным проф. А. В. Тюрина.

Соотношение между редукционными числами по высоте и рангами стволов в карпатских ельниках также изменяется в зависимости от возраста и степени разновозрастности древостоев. Деревья со средними высотами меньше средней в молодняках и в Р насаждениях сравнительно ниже, чем в спелых УО древостоях. Крупномерные же стволы, наоборот, относительно выше в молодняках и разновозрастных ельниках.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. И. И. Гусев. К вопросу о возрастной структуре ельников Архангельской области. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1962. [2]. М. В. Давидов. Строение буковых насаждений. Журн. «Лесное хозяйство» № 3, 1951. [3]. М. Л. Дворецкий. Текущий природ ствoла и древостоя. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1964. [4]. К. Е. Никитин. Лиственница на Украине. Изд-во «Урожай», Киев, 1966. [5]. К. Е. Никитин. Применение ЭВМ в лесной таксации. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1972. [6]. М. М. Орлов. Лесная таксация. Л., 1929. [7]. А. И. Питикин, Д. С. Саик. К вопросу о росте и строении высокогорных ельников Карпат. В кн.: Вопросы лесоводства и агролесомелиорации, Киев, 1968. [8]. А. И. Питикин, П. Д. Маркив, Л. Е. Рыжило. Рост, строение и продуктивность высокогорных ельников. В кн.: Лесоводственные исследования и производственный опыт в Карпатах, изд-во «Карпати», Ужгород, 1972. [9]. И. В. Семечкин. Принципы выделения и таксации разновозрастных древостоев. В кн.: Разновозрастные леса Сибири, Дальнего Востока и Урала, Красноярск, 1967. [10]. А. В. Тюрин. Нормальная производительность насаждений сосны, березы, осины и ели. Сельхозгиз, М.—Л., 1931.

Поступила 5 февраля 1974 г.

УДК 681.144.2

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ КОРНЕВЫХ СИСТЕМ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД В СМЕШАННЫХ КУЛЬТУРАХ НА СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ

К. К. ПОЛУЯХТОВ, Н. В. КУПРИАНОВ, В. И. ВОЛКОРЕЗОВ

Горьковский государственный университет

В. В. ШИШОВ

Горьковское управление лесного хозяйства

Изучена корневая система древесных пород в 15—16-летних чистых и смешанных культурах Горьковской области. Отмечены положительное взаимодействие подземных частей дуба и липы и конкуренция корней дуба и лиственницы, дуба и ясеня.

Корневые системы древесных пород мы изучали с учетом имеющихся работ [1], [3—6]. Объект исследования — Лукояновское лесничество, Разинского лесхоза, Горьковской области. Территория лесничества относится к подзоне широколиственных лесов, левобережноалатирскому району [2]. Рельеф приподнятый, всхолмленный. Почвы се-

Таблица 1

Горизонт почвы	Глубина взятия образца, см	Содержание физической глины, %	pH солевой вытяжки	Сумма поглощенных оснований	Емкость поглощения	Степень насыщенности основаниями	Гумус по Тюрину, %
Пробная площадь 2							
A ₁	10	48,55	4,7	16,4	20,0	82,0	4,1
A ₂ B ₁	30	50,25	4,1	15,4	18,5	83,2	1,2
B ₁	70	53,50	3,8	13,7	17,1	80,1	0,5
B ₂	150	45,80	4,0	13,9	16,0	86,8	0,3
Пробная площадь 9							
A ₁	15	52,85	4,8	19,7	21,6	91,2	1,8
B ₁	50	61,70	4,9	24,0	25,3	94,8	1,4
B ₂	150	65,00	5,7	25,3	25,7	98,4	0,7
Пробная площадь 12							
A ₁	10	44,05	5,2	18,9	21,7	87,0	4,1
B ₁	30	58,45	3,9	16,0	18,7	85,5	0,7
B ₂	80	61,10	5,6	18,1	21,7	83,4	0,8
B ₂ C	150	52,95	6,8	57,9	59,7	97,0	0,3

рые лесные, тяжело суглинистые, формирующиеся на пермских глинах. Краткая характеристика механического и химического состава почв по пробным площадям приведена в табл. 1.

В чистых и смешанных 15—16-летних культурах закладывали пробные площади размером 0,04—0,06 га по методике, принятой в лесной таксации. Одновременно производили описание почвенных разрезов. Для некоторых из них были определены механический и химический состав. Всего было заложено 20 пробных площадей, на четырех из них по методике И. Н. Рахтеенко [4] изучали корневые системы дуба (чистые и смешанные культуры), липы, ели, лиственницы, ясени и акации желтой.

Таксационные показатели культур приведены в табл. 2. Чистые рядовые культуры дуба созданы посевом (пробная площадь 8). Первоначальная густота 7,7 тыс. шт. на 1 га. Было проведено дополнение сосной. Сохранность культур 70%.

Таблица 2

№ пробной площади	№ квартала	Состав	Возраст, лет	Количество стволов на 1 га	Высота, м	Диаметр, см	Сумма площадей сечения, м ²	Запас на 1 га, м ³
8	23	10Д	15	5400	3,0	2,9	2,1	11
12	23	7Д	15	6100	3,6	3,3	5,0	18
		2Е		1450	4,8	5,2	3,4	13
		1Лп		980	3,0	2,5	0,6	2
2	22	7Д	15	3700	3,3	3,7	3,6	13
		2Яс		800	2,5	2,0	0,2	1
		1Л		520	7,9	14,0	8,0	50
9	27	6Д	16	3440	5,1	4,4	5,2	19
		3Вз		1560	7,0	4,7	2,8	11
		1Л		480	9,5	12,5	5,3	34
		Ак.ж		2000	4,0			

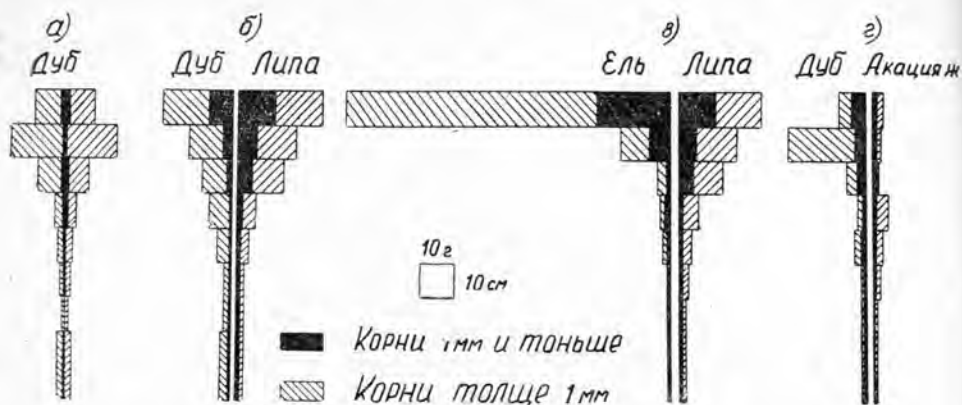


Рис. 1. Распределение корней древесных пород по 10-сантиметровым слоям почвы.

а — чистые культуры дуба; б, в, з — смешанные культуры.

Раскопки корневых систем дуба в чистых культурах показали, что основную массу (90,9%) составляют проводящие корни, физиологически активная часть корневой системы развита слабее (9,1%) — рис. 1, а. Основная масса крупных корней сосредоточена в рядах. Мелкие корни распределяются равномерно как в рядах, так и в междурядьях. Наиболее коренасыщенным является верхний 30-сантиметровый слой почвы с максимумом корней на глубине 10—20 см. Такое распределение можно объяснить усиленным развитием боковых корней, увеличивающих площадь питания саженцев. В нижележащих слоях почвы корней становится меньше, и лишь на глубине 70—90 см наблюдается некоторое увеличение их массы.

В смешанных 15-летних культурах (пробная площадь 12), созданных по схеме: 4 ряда дуба, 1 ряд липы и 3 ряда ели, первоначальная густота составляла: дуба — 5,5, ели — 2,5, липы — 2,0 тыс. шт. на 1 га. Сохранность древесных пород в настоящее время равна соответственно 80, 57, 49%. Состав культур 7Д2Е1Лп (табл. 2).

Траншеи для раскопки корневых систем были заложены в междурядьях дуб — липа и липа — ель. По полученным данным, в междурядье дуб — липа (рис. 1, б) общее количество корней дуба в 1,6 раза меньше, чем в чистых культурах. Однако следует отметить увеличение массы всасывающих корней (27,7%). Следовательно, поглощающая способность корневой системы дуба в этом случае значительно больше, чем в чистых культурах. Распределение корней в рядах и междурядьях неравномерное. Крупных корней больше в междурядьях, чем в рядах: наибольшее количество корней в верхнем 10-сантиметровом слое. С глубиной их масса постепенно уменьшается. Корневая система липы равномерно распределена по генетическим горизонтам (рис. 1, в). Ее особенность — наличие хорошо развитой сети всасывающих корней, которые составляют 38,5% от общей массы. Основная масса корней (74,6%) находится в верхнем 30-сантиметровом слое почвы. Аналогичная картина наблюдается и у дуба. Подобное распределение частично можно объяснить тем, что максимумы и минимумы сезонного нарастания количества всасывающих корней, а также максимальная и минимальная поглощающая способность корневых систем дуба и липы не совпадают [4], [5]. В междурядье дуб — липа проникают корни ели,

масса которых составляет 50% от количества корней дуба. Наибольшее количество корней ели (64,6%) сосредоточено в первом 10-сантиметровом слое почвы.

Раскопки корней ели (междурядье липа — ель) показали, что она имеет ярко выраженную поверхностную корневую систему (рис. 1, в). Боковые корни ели достигают длины 4—5 м. Общее количество их в 2 раза больше, чем у дуба и липы. Основная масса корней ели (81,0%) сосредоточена в первом 10-сантиметровом слое. Из них на долю всасывающих приходится 18,8%. В нижележащих слоях почвы количество корней резко сокращается.



Рис. 2. Распределение корней древесных пород по 10-сантиметровым слоям почвы в смешанных культурах.

В смешанных культурах дуба с лиственницей и ясенем (пробная площадь 2), созданных по схеме Яс—Д—Л—Д—Д—Д—Д—Д, первоначальная густота посадки составляла: дуба — 6310, ясеня — 2110, лиственницы — 1580. Из них сохранилось: дуба — 57%, ясеня — 38%, лиственницы — 33%. Сохранность дуба в данных культурах на 13% ниже, чем в чистых. Лиственница находится в хорошем состоянии и значительно перерастает дуб (табл. 2). Раскопки корней показали, что в смешанных культурах дуб развивает более мощную корневую систему, чем в чистых (рис. 2, а). Однако увеличение массы идет за счет усиленного формирования сети крупных проводящих корней в междурядьях. На долю всасывающих корней приходится 5,6%. Наибольшее количество корней (41,6%) отмечается в первом 10-сантиметровом слое почвы и на глубине 30—40 см (28,6%).

Лиственница имеет мощную корневую систему, которая по массе более чем в 3 раза превосходит количество корней дуба (рис. 2, а). Корни лиственницы хорошо осваивают междурядья, где сосредоточено 62,2% крупных корней. Основная масса корней лиственницы находится на глубине 20 см. Физиологически активная часть корневой системы развита слабо (4,9%).

В междурядье ясень — дуб (рис. 2, б) масса корней дуба меньше, чем в чистых культурах и в междурядье лиственница — дуб. Более половины (54,2%) корней дуба располагается на глубине 30—40 см. Ясень развивает более мощную корневую систему по сравнению с дубом. Наибольшее количество его корней (90,8%) сосредоточено в верхнем 20-сантиметровом слое, тогда как корней дуба здесь в 4,5 раза меньше. Особенность корневой системы ясеня — наличие хорошо раз-

витой сети мелких корней, $\frac{2}{3}$ которых также располагаются на глубине до 20 см. Несмотря на более развитую корневую систему, надземная часть ясеня отличается худшим ростом по сравнению с дубом.

В культурах дуба с вязом, лиственницей и акацией желтой (пробная площадь 9) проводили раскопки корней в междурядье дуба, прилегающем к ряду акации желтой. Масса корней дуба в этом случае несколько меньше, чем в чистых культурах, однако мелких корней в 2,5 раза больше. Распределение корней в рядах и междурядьях равномерное. Основная масса корней дуба сосредоточена в верхнем 20-сантиметровом слое (рис. 1, 2). В этой же траншее располагаются корни акации желтой, масса которых в 6 раз меньше, чем у дуба.

Таким образом, можно говорить о положительном взаимодействии подземных частей дуба и липы и о конкуренции корневых систем дуба и лиственницы, дуба и ясеня.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. И. Ахромейко. Физиологические обоснования создания устойчивых лесных насаждений. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1965. [2]. К. К. Полуяхтов. Крупномасштабное районирование лесов Горьковской области. Сб. «Проблемы современной ботаники», т. 1, изд-во «Наука», М.—Л., 1965. [3]. И. Н. Рахтеенко. Корневые системы древесных и кустарниковых пород. Гослесбумиздат, М.—Л., 1952. [4]. И. Н. Рахтеенко. Рост и взаимодействие корневых систем древесных растений. Изд. АН БССР, Минск, 1963. [5]. И. Н. Рахтеенко. Взаимодействие корневых систем древесных растений в растительных сообществах. В кн.: Физиолого-биохимические основы взаимного влияния растений в фитоденозах, изд-во «Наука», М., 1966. [6]. В. Н. Сукачев. О внутривидовых и межвидовых взаимоотношениях среди растений. Научные труды Института леса АН СССР, вып. 1, 1953.

Поступила 5 июня 1972 г.

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 634.0.372

МЕТОД РАСЧЕТА НЕСУЩЕГО КАНАТА ОДНОПРОЛЕТНОЙ УСТАНОВКИ С ПРОИЗВОЛЬНЫМ ЧИСЛОМ ГРУЗОВ

И. И. СЛЕПКО, А. А. ПУСТОВОЙТОВ

Львовский лесотехнический институт

Приведены аналитический и графо-аналитический методы определения величины грузовых факторов при произвольном числе сосредоточенных грузов в пролете. Получены уравнения общего состояния каната с учетом податливости концевых опор, а на основании метода Кардана — выражения для определения натяжения каната.

В качестве концевых опор временных подвесных лесотранспортных установок используются растущие деревья или пни, которые характеризуются большой податливостью. Смещение опор и изменение температуры приводит к изменению усилий в несущем канате, так как он является статически неопределенной системой.

Общая теория расчета несущих канатов, которые рассматриваются как гибкие нити с малыми стрелками провеса, разработана В. К. Качуриным [3], [4], Р. Н. Мацелинским [5], [6] и Е. М. Сидоровичем [8], [9]. Методы расчета несущих канатов одно- и многопролетных подвесных лесотранспортных установок и стационарных канатных дорог с одним, произвольно расположенным сосредоточенным грузом, предложены Н. М. Белой [1] и А. И. Дукельским [2].

В настоящей статье приведен метод расчета несущего каната однопролетной установки с опорами, расположенными на разных уровнях, при загрузке его произвольным числом сосредоточенных грузов с учетом податливости концевых опор, а также дан метод решения кубического уравнения общего состояния каната.

Длина каната в пролете, при расположении опор на разных уровнях, приближенно равна [4]

$$L = \frac{l}{\cos \alpha} + \frac{\cos \alpha}{2T^2} \int_0^l Q^2 dx, \quad (1)$$

где Q — перерезывающая сила в канате, рассматриваемом как балка на двух опорах с пролетом, равным пролету каната;

T — натяжение каната;

l — длина пролета (рис. 1);

α — угол наклона хорды пролета к горизонту.

Из уравнения (1) получим выражения для определения длины каната в пролете, загруженного монтажными и полезными нагрузками.

$$L_0 = \frac{l}{\cos \alpha} + \frac{\cos \alpha}{2T_0^2} \int_0^l Q_0^2 dx; \quad (2)$$

$$L_1 = \frac{l - (\delta_{\text{л}} + \delta_{\text{п}})}{\cos \alpha} + \frac{\cos \alpha}{2T_1^2} \int_0^l Q_1^2 dx, \quad (3)$$

где L_0 — длина каната, загруженного собственным весом и монтажной нагрузкой;

L_1 — длина каната после дополнительного нагружения;

T_1 и T_0 — соответственно конечное и монтажное натяжение каната;

Q_0 и Q_1 — перерезывающие силы в балке на двух опорах, нагруженной так же, как канат (рис. 1, б, е), причем $q_1 = \frac{q}{\cos \alpha}$ (q — вес 1 пог. м каната);

$\delta_{\text{л}}$ и $\delta_{\text{п}}$ — соответственно смещение левой и правой конечных опор (рис. 1).

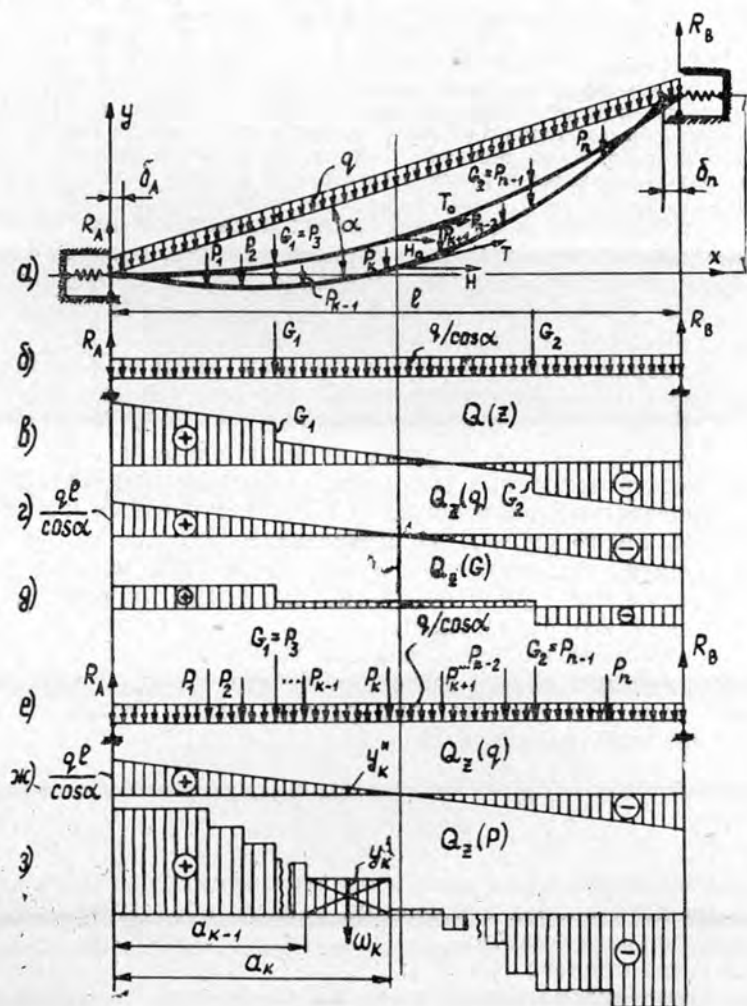


Рис. 1.

Предполагая, что смещение опоры упругое, имеем

$$\delta = k(T_1 - T_0), \quad (4)$$

где k — коэффициент податливости опоры, $м/кгс$.

Общее смещение опор

$$\Sigma \delta = (k_n + k_p) (T_1 - T_0) = k_0 (T_1 - T_0), \quad (4a)$$

где k_n, k_p — коэффициенты податливости левой и правой опор.
 Абсолютное удлинение каната

$$\Delta L = L_1 - L_0. \quad (5)$$

С другой стороны,

$$\Delta L = \frac{(T_1 - T_0) l}{EF \cos \alpha} + \alpha_t \frac{l}{\cos \alpha} \Delta t, \quad (6)$$

где E — модуль упругости каната;
 F — площадь сечения проволок в сечении каната;
 α_t — коэффициент линейного расширения материала проволок каната;
 Δt — приращение температуры.

Подставляя значения из выражений (2), (3) и (6) в равенство (5), получим

$$T_1 - T_0 = \frac{EF}{l_n} \left[\frac{\cos^2 \alpha}{2T_1^2} A_1 - \frac{\cos^2 \alpha}{2T_0^2} A_0 - \alpha_t \Delta t l \right], \quad (7)$$

$$\text{где } l_n = l + k_0 EF; \quad A_1 = \int_0^l Q_1^2 dx; \quad A_0 = \int_0^l Q_0^2 dx.$$

В уравнение (7) входят величины грузовых факторов A_1 и A_0 , которые являются функцией внешней нагрузки. Для их определения, то есть для вычисления интегралов $\int_0^l Q_1^2 dx$ и $\int_0^l Q_0^2 dx$ используем принцип суперпозиции, так как при действии на канат произвольного числа грузов метод непосредственного интегрирования приводит к сложным математическим зависимостям. На основании принципа независимости действия сил имеем

$$Q_0 = Q_q + Q_G; \quad Q_1 = Q_q + Q_P, \quad (8)$$

где Q_q — поперечная сила от собственного веса каната, который принят равномерно распределенной нагрузкой по хорде пролета (рис. 1, б, ж);

Q_G — поперечная сила от монтажных грузов (рис. 1, д);

Q_P — поперечная сила от монтажных и полезных грузов (рис. 1, з).

На основании выражения (8) интегралы примут вид

$$\left. \begin{aligned} A_0 &= \int_0^l Q_q^2 dx + 2 \int_0^l Q_q Q_G dx + \int_0^l Q_G^2 dx; \\ A_1 &= \int_0^l Q_q^2 dx + 2 \int_0^l Q_q Q_P dx + \int_0^l Q_P^2 dx. \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Поскольку эпюры перерезывающих сил от собственного веса каната и от внешних монтажных и полезных сосредоточенных сил являются простыми, то интегралы вида (9) можно вычислить аналитически или по методу Верещагина.

При аналитическом методе перерезывающая сила в произвольном вертикальном сечении равна:

а) от собственного веса

$$Q_q = q_1 \left(\frac{l}{2} - x \right); \quad (10)$$

б) от монтажных и полезных сосредоточенных грузов

$$Q_{P_k} = \sum_{j=1}^n P_j \left(1 - \frac{a_j}{l} \right) - \sum_{j=1}^k P_{j-1}, \quad (11)$$

где k — сечение балки с постоянной поперечной силой;
 a_j — расстояние от левой опоры балки до точки приложения j -того груза;
 P_j — вес сосредоточенного j -того груза;
 n — число сосредоточенных грузов в пролете.

Интегрируя, получим выражение провального фактора A_i

$$A_i = \int_0^l Q_i^2 dx = \frac{q^2 l^3}{12 \cos^2 \alpha} + \sum_{k=1}^{n+1} \left\{ \left[\sum_{j=1}^n P_j \left(1 - \frac{a_j}{l} \right) - \sum_{i=1}^k P_{j-1} \right] (a_k - a_{k-1}) \left[\sum_{j=1}^n P_j \left(1 - \frac{a_j}{l} \right) - \sum_{i=1}^k P_{j-1} + \frac{q}{\cos \alpha} (1 - a_k - a_{k-1}) \right] \right\}, \quad (12)$$

где a_{k-1} и a_k — расстояние от левой опоры до начала и конца k -го сечения (рис. 1, з).

По методу Верещагина, учитывая выражение (9), имеем

$$A_i = \int_0^l Q_i^2 dx = \frac{q^2 l^3}{12 \cos^2 \alpha} + \sum_{k=1}^{n+1} \omega'_k (y'_k + 2y''_k), \quad (13)$$

где ω'_k — площадь участка эпюры поперечных сил от сосредоточенных грузов (рис. 1, з);

y'_k — ордината участка эпюры поперечных сил от сосредоточенных грузов (рис. 1, з);

y''_k — ордината под центром тяжести площади участка эпюры поперечных сил от сосредоточенных грузов на эпюре сил от собственного веса q (рис. 1, ж).

Решая уравнение (7) относительно T_1 и T_0 , получим кубические уравнения общего состояния каната, а именно:

$$I/T_1^3 - T_1^2 \left[T_0 - \frac{EF}{l_n} \left(\frac{\cos^2 \alpha}{2T_0^2} A_0 + \alpha_t \Delta t l \right) \right] - \frac{EF \cos^2 \alpha}{2l_n} A_1 = 0; \quad (14)$$

$$II/T_0 - T_0 \left[T_1 - \frac{EF}{nI} \left(\frac{\cos^2 \alpha}{2T_1^2} A_1 + \alpha_t \Delta t l \right) \right] - \frac{EF \cos^2 \alpha}{2l_n} A_0 = 0. \quad (15)$$

Причем приращение температуры определяется из выражения: в уравнении (14)

$$\Delta t = t_m - t_x;$$

в уравнении (15)

$$\Delta t = t_m - t_{min},$$

где t_m — температура во время монтажа;

t_d — действительная температура, отвечающая натяжению T_i ;

t_{min} — минимальная возможная температура.

Для решения кубического уравнения общего состояния каната используется метод последовательных приближений и графический метод [7]. Однако первый метод трудоемок, а второй дает невысокую точность. Для устранения этих недостатков нами предложено решение кубического уравнения общего состояния каната по методу Кардана.

Вводя обозначения

$$\left. \begin{aligned} T_i - \frac{EF}{l_n} \left(\frac{\cos^2 \alpha}{2T_i^2} A_i \pm \alpha_i \Delta t l \right) &= a_i; \\ \frac{EF \cos^2 \alpha}{2l_n} A_j &= c_j, \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

получим уравнения (14) и (15) в общем виде

$$T_j^3 - T_j^2 a_i - c_j = 0. \quad (17)$$

Действительный корень кубического уравнения (17) равен

$$T_j = \frac{a_i}{3} \left\{ 1 + \sqrt[3]{U} \left(\sqrt[3]{1 + \sqrt{1 - \frac{1}{U^2}}} + \sqrt[3]{1 - \sqrt{1 - \frac{1}{U^2}}} \right) \right\}, \quad (18)$$

где

$$U = 1 + \frac{27c_j}{2a_i^3}.$$

Максимальное действительное натяжение каната [1] равно

$$T_{max} = T_1 + \frac{qh}{2}, \quad (19)$$

где h — превышение опор, то есть $h = l \operatorname{tg} \alpha$ (рис. 1).

Действительный коэффициент запаса прочности каната на растяжение примет вид

$$n = \frac{T_p}{T_{max}}, \quad (20)$$

где T_p — разрывное усилие каната по ГОСТу.

Исходя из условия прочности для второго типа задач получим, что в уравнении (15) допускаемое конечное усилие

$$[T_1] = \frac{T_p}{[n]} - \frac{qh}{2}, \quad (21)$$

где $[n]$ — допускаемый коэффициент запаса прочности на растяжение; для несущих канатов подвесных лесотранспортных установок Н. М. Белая [1] рекомендует $n = 1,7 \div 2$.

Полученные выражения позволяют определить действительное и необходимое монтажное натяжение каната при произвольном числе грузов в полете.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Н. М. Белая, А. Г. Прохоренко. Канатные лесотранспортные установки. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1964. [2]. А. И. Дукельский. Подвесные канатные дороги и кабельные краны. Машгиз, М., 1966. [3]. В. К. Качурин. Гибкие нити с малыми стрелками. Гостехтеориздат, М., 1956. [4]. В. К. Качурин. Теория висячих систем. Госстройиздат, М.—Л., 1962. [5]. Р. Н. Маделинский. Статический расчет гибких висячих конструкций. Стройиздат, М.—Л., 1950. [6]. Р. Н. Маделинский. Статический расчет упругих нитей. Журн. «Строительная механика и расчет сооружений» № 4, 1959. [7]. В. Д. Мартынихин. Графо-аналитический расчет натяжения несущих канатов. Журн. «Лесная промышленность» № 8, 1971. [8]. Е. М. Сидорович. К расчету гибких нитей на упругих опорах. ИВУЗ, журн. «Строительство и архитектура» № 6, 1965. [9]. Е. М. Сидорович. К расчету многопролетных пологих нитей. ИВУЗ, журн. «Строительство и архитектура» № 12, 1965.

Поступила 25 ноября 1973 г.

УДК 531.3 : 621.867.63

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ БРЕВНА, СБРАСЫВАЕМОГО С РОЛИКОВОГО ТРАНСПОРТЕРА

В. В. АНДРОНОВ, А. Г. ПИЛЮТИК, В. Д. СЫЧЕВ

Московский лесотехнический институт

Рассматривается падение бревна с роликового транспортера. Отмечается, что несвободное движение бревна может иметь несколько режимов, для каждого из которых составлены дифференциальные уравнения движения и уравнения связей. Получено решение линеаризованного дифференциального уравнения движения при отсутствии скольжения между бревном и роликом. Дается анализ полученных результатов и сопоставление с экспериментальными данными.

Рассмотрим процесс сбрасывания бревна с продольного роликового транспортера. Подобные транспортеры применяются для сортировки бревен, а также для механизации целого ряда процессов на лесосплавных предприятиях. Такая задача была рассмотрена ранее [1], [2], однако в этих работах содержится ряд неточностей и ошибок.

Процесс сбрасывания бревна с транспортера в общем случае состоит из двух этапов: несвободного движения при наличии реономной связи, пока бревно контактирует с последним роликом транспортера, и свободного движения, начинающегося с момента схода бревна с ролика (рис. 1). Дифференциальные уравнения движения бревна на этапе свободного падения имеют простой вид, легко интегрируются, в результате чего получаются следующие кинематические уравнения движения:

$$x = x^* + \dot{x}^* t; \quad y = y^* + \dot{y}^* t - \frac{gt^2}{2}; \quad \varphi = \varphi^* + \omega^* t, \quad (1)$$

здесь

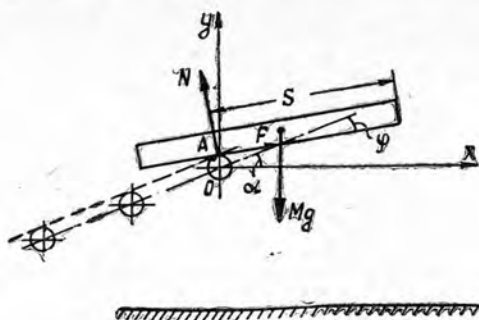
x, y — координаты центра тяжести бревна;

φ — угол поворота, отсчитываемый по ходу часовой стрелки от продольной оси транспортера;

$x^*, y^*, \dot{x}^*, \dot{y}^*$ — координаты центра тяжести бревна и проекции его скорости на координатные оси в момент схода бревна с ролика;

φ^*, ω^* — угол поворота и угловая скорость бревна в тот же момент, являющийся начальным моментом для рассматриваемого этапа движения.

Рис. 1.



Как видно из уравнений (1), бревно будет равномерно вращаться вокруг центра тяжести, движущегося по параболе в вертикальной плоскости.

С помощью уравнений (1) можно решать самые различные задачи на движение бревна. Например, зная высоту расположения оси ролика, можно определить, где и каким концом ударится бревно об опорную плоскость, найти скорость центра тяжести и угловую скорость перед ударом, положение бревна в момент удара и др. Отметим, однако, что для решения таких задач необходимо знать параметры x^* , y^* , \dot{x}^* , \dot{y}^* , φ^* , $\dot{\varphi}^*$, которые «формируются» на предшествующем этапе несвободного падения.

Таблица 1

Характеристика режима	Дифференциальные уравнения движения	Уравнения связей
1. Движение без скольжения по ролику	$\begin{aligned} M\ddot{x} &= F \cos(\alpha - \varphi) - N \sin(\alpha - \varphi); \\ M\ddot{y} &= F \sin(\alpha - \varphi) + N \cos(\alpha - \varphi) - Mg; \\ I\ddot{\varphi} &= N(s - l - Fr), \text{ где} \\ s &= l + r \operatorname{tg} \alpha + r_1 \omega_1 t - r_1 \varphi; \end{aligned}$	$\begin{aligned} x &= (r \operatorname{tg} \alpha + r_1 \omega_1 t - r_1 \varphi) \cos(\alpha - \varphi) - \\ & - (r + r_1) \sin(\alpha - \varphi); \\ y &= (r \operatorname{tg} \alpha + r_1 \omega_1 t - r_1 \varphi) \sin(\alpha - \varphi) + (r + r_1) \cos(\alpha - \varphi); \end{aligned}$
2. Движение со скольжением по ролику при направлении силы трения в сторону вращения ролика	$\begin{aligned} M\ddot{x} &= N[f \cos(\alpha - \varphi) - \sin(\alpha - \varphi)]; \\ M\ddot{y} &= N[f \sin(\alpha - \varphi) + \cos(\alpha - \varphi)] - Mg; \\ I\ddot{\varphi} &= N(s - l - rf), \text{ где} \\ s &= l + x \cos(\alpha - \varphi) + y \sin(\alpha - \varphi); \end{aligned}$	$y \cos(\alpha - \varphi) - x \sin(\alpha - \varphi) = r_1$
против вращения ролика	$\begin{aligned} M\ddot{x} &= -N[f \cos(\alpha - \varphi) + \sin(\alpha - \varphi)]; \\ M\ddot{y} &= N[\cos(\alpha - \varphi) - f \sin(\alpha - \varphi)] - Mg; \\ I\ddot{\varphi} &= N(s - l + rf), \text{ где} \\ s &= l + x \cos(\alpha - \varphi) + y \sin(\alpha - \varphi) \end{aligned}$	

Как показывает анализ, этап несвободного падения также может иметь различные режимы, отличающиеся друг от друга дифференциальными уравнениями движения и характером наложенных связей. Соответствующие результаты даны в табл. 1, где дополнительно обозначено: $M, r, 2l, I$ — масса, радиус, длина и момент инерции бревна относительно поперечной оси, проходящей через центр тяжести;

α — угол наклона транспортера к горизонту;

N, F, f — нормальное давление, сила трения и коэффициент трения скольжения между бревном и роликом;

r_1, ω_1 — радиус и угловая скорость ролика.

Формула

$$s = l + r \operatorname{tg} \alpha + r_1 \omega_1 t - r_1 \varphi \quad (2)$$

определяет длину свешивающейся части бревна (рис. 1). Началом несвободного падения ($t = 0$) является момент пересечения центром тяжести бревна вертикальной прямой, проходящей через точку A касания прямой, параллельной оси транспортера, с последним роликом (рис. 1). На рисунке изображены система координат Oxy , углы α, φ и силы, действующие на бревно при движении.

Как видно из таблицы, в режиме 1 бревно имеет одну степень свободы, так как три его координаты x, y, φ связаны двумя уравнениями, выражающими отсутствие скольжения между бревном и роликом. Вместе с дифференциальными уравнениями движения они образуют систему уравнений для определения закона движения бревна, в качестве которого можно взять зависимость одной из координат от времени, например, зависимость $\varphi = \varphi(t)$, и динамических реакций ролика N, F .

В режиме 2 бревно обладает уже двумя степенями свободы, так как здесь три его координаты связаны лишь одним уравнением связи. В данном случае имеем четыре уравнения, из которых можно найти в виде функций времени координаты x, y, φ и нормальное давление ролика N , то есть также полностью решить динамическую задачу о несвободном движении. Закон движения бревна в данном случае будет определяться двумя уравнениями, в качестве которых можно взять зависимости от времени любых двух переменных из совокупности x, y, φ .

Пусть параметры системы таковы, что несвободное движение происходит в режиме 1. Соответствующие дифференциальные уравнения движения и уравнения связей приведены в таблице. Продифференцировав уравнения связей дважды по времени, получим

$$\ddot{x} = [\ddot{\varphi} r - \dot{\varphi}^2 (r \operatorname{tg} \alpha + r_1 \omega_1 t - r_1 \varphi)] \cos(\alpha - \varphi) + [\ddot{\varphi} (r \operatorname{tg} \alpha + r_1 \omega_1 t - r_1 \varphi) + \dot{\varphi}^2 (r - r_1) + 2\dot{\varphi} r_1 \omega_1] \sin(\alpha - \varphi);$$

$$\ddot{y} = [\ddot{\varphi} r - \dot{\varphi}^2 (r \operatorname{tg} \alpha + r_1 \omega_1 t - r_1 \varphi)] \sin(\alpha - \varphi) - [\ddot{\varphi} (r \operatorname{tg} \alpha + r_1 \omega_1 t - r_1 \varphi) + \dot{\varphi}^2 (r - r_1) + 2\dot{\varphi} r_1 \omega_1] \cos(\alpha - \varphi).$$

Умножим обе части первого дифференциального уравнения движения (см. таблицу) на $\sin(\alpha - \varphi)$, второго — на $\cos(\alpha - \varphi)$ и вычтем из первого уравнения второе. Получим выражение для определения нормальной реакции N

$$M [\ddot{x} \sin(\alpha - \varphi) - \ddot{y} \cos(\alpha - \varphi)] = Mg \cos(\alpha - \varphi) - N.$$

Подставляя сюда значения \ddot{x} и \ddot{y} и решая относительно N , найдем

$$N = M [g \cos(\alpha - \varphi) - \ddot{\varphi} (r \operatorname{tg} \alpha + r_1 \omega_1 t - r_1 \varphi) - \dot{\varphi}^2 (r - r_1) - 2\dot{\varphi} r_1 \omega_1]. \quad (3)$$

Аналогично находим и силу трения F

$$F = M[g \sin(\alpha - \varphi) + \ddot{\varphi}r - \dot{\varphi}^2(r \operatorname{tg} \alpha + r_1 \omega_1 t - r_1 \varphi)]. \quad (4)$$

Подставляя полученные реакции связи в третье дифференциальное уравнение и полагая $I = M \left[\left(\frac{l^2}{3} \right) + \left(\frac{r^2}{4} \right) \right]$, получим дифференциальное уравнение движения бревна

$$\left[\frac{5}{4} r^2 + \frac{l^2}{3} + (r \operatorname{tg} \alpha + r_1 \omega_1 t - r_1 \varphi)^2 \right] \ddot{\varphi} + (r \operatorname{tg} \alpha + r_1 \omega_1 t - r_1 \varphi)(2r_1 \omega_1 - r_1 \dot{\varphi}) \dot{\varphi} - g [(r \operatorname{tg} \alpha + r_1 \omega_1 t - r_1 \varphi) \cos(\alpha - \varphi) - r \sin(\alpha - \varphi)] = 0. \quad (5)$$

Формулы (3) — (5) позволяют получить полное решение задачи о несвободном падении бревна. Интегрируя уравнение (5) при соответствующих начальных условиях, найдем закон движения $\varphi = \varphi(t)$ и закон изменения угловой скорости бревна $\dot{\varphi} = \dot{\varphi}(t)$. Подставляя далее найденные зависимости в формулы (3) и (4), определим динамические реакции ролика в функции времени.

Отметим, однако, что уравнение (5) является нелинейным с переменными коэффициентами и решить его можно только численными методами. В конечном виде оно может быть проинтегрировано лишь при некоторых дополнительных предположениях.

Будем считать бревно тонким однородным стержнем, то есть примем $r = 0$. Далее, положив $\sin(\alpha - \varphi) \simeq \alpha - \varphi$, $\cos(\alpha - \varphi) \simeq 1$, так как углы α и φ достаточно малы, и имея в виду соотношение $\varphi \ll \omega t$, которое обычно выполняется на практике, из уравнения (5) получим линейное дифференциальное уравнение

$$\left(\frac{l^2}{3} + r_1^2 \omega_1^2 t^2 \right) \ddot{\varphi} + 2r_1^2 \omega_1^2 t \dot{\varphi} = gr_1 \omega_1 t. \quad (6)$$

Его общее решение запишется в следующем виде:

$$\varphi = \left(\frac{\sqrt{3} r_1 \omega_1 C_1}{l} - \frac{gl}{2\sqrt{3} r_1^2 \omega_1^2} \right) \operatorname{arctg} \frac{\sqrt{3} r_1 \omega_1 t}{l} + \frac{gt}{2r_1 \omega_1} + C_2. \quad (7)$$

При начальных условиях $t = 0$, $\varphi = 0$, $\dot{\varphi} = 0$ получим выражения для угла поворота бревна $\varphi(t)$ и угловой скорости $\dot{\varphi}(t)$

$$\varphi = \frac{gt}{2r_1 \omega_1} - \frac{\sqrt{3} gl}{6r_1^2 \omega_1^2} \operatorname{arctg} \frac{\sqrt{3} r_1 \omega_1 t}{l}; \quad (8)$$

$$\dot{\varphi} = \frac{g}{2r_1 \omega_1} \left(1 - \frac{l^2}{l^2 + 3r_1^2 \omega_1^2 t^2} \right). \quad (9)$$

Проведем некоторый анализ движения. Прежде всего определим момент схода бревна с ролика, для чего решим уравнение

$$r \operatorname{tg} \alpha + r_1 \omega_1 t^* - r_1 \varphi = l. \quad (10)$$

При сделанных ранее предположениях получим приближенно

$$t^* = \frac{l}{r_1 \omega_1}. \quad (11)$$

Уравнение (10) выражает равенство $s = 2l$. При небольших угловых скоростях ролика бревно может сойти с ролика и при $s < 2l$, тогда

для момента схода бревна $N = 0$. Этот случай здесь не рассматривается.

Подставляя значение времени (11) в формулы (8), (9), найдем угол поворота и угловую скорость бревна в момент схода с транспортера

$$\varphi^* = \varphi(t^*) = (3 - \sqrt{3} \operatorname{arctg} \sqrt{3}) \frac{gl}{6r_1^2 \omega_1^2} \simeq 0,2 \frac{gl}{r_1^2 \omega_1^2}; \quad (12)$$

$$\omega^* = \dot{\varphi}(t^*) = \frac{3g}{8r_1 \omega_1}. \quad (13)$$

С помощью полученных зависимостей уже нетрудно определить величины \dot{x}^* , y^* , \dot{x}^* и \dot{y}^* , входящие в уравнения свободного падения (1). Для этого нужно в формулы для x , y , приведенные в таблице, а также в выражения их производных по времени подставить t^* , φ^* , ω^* с учетом предположений, сделанных при выводе уравнения (6).

Отметим, что в формулу (13) длина бревна не входит. Поэтому угловая скорость в момент схода, а следовательно, и угловая скорость последующего свободного падения не зависят от длины бревна и определяются только окружной скоростью ролика $r_1 \omega_1$. Положение бревна в момент схода, определяемое углом φ^* , зависит как от длины бревна, так и от окружной скорости роликов. Графики изменения величин φ^* , ω^* показаны на рис. 2.

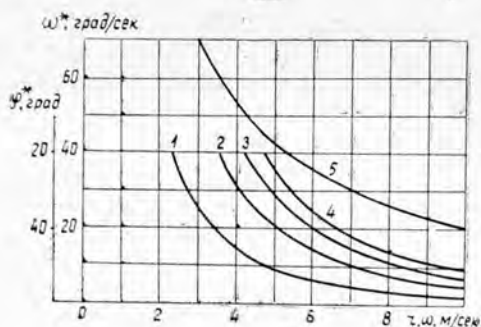


Рис. 2. Графики угла поворота (кривые 1—4) и угловой скорости бревна (кривая 5) в момент схода с транспортера.

1 — $2l = 2$ м; 2 — $2l = 4,5$ м;
3 — $2l = 6,5$ м; 4 — $2l = 8$ м.

Если в формуле (12) зафиксировать угол φ^* , получим зависимость между параметрами l и $r_1 \omega_1$, которая обеспечивает принятое значение угла поворота бревна в момент схода. На рис. 3 показаны соответ-

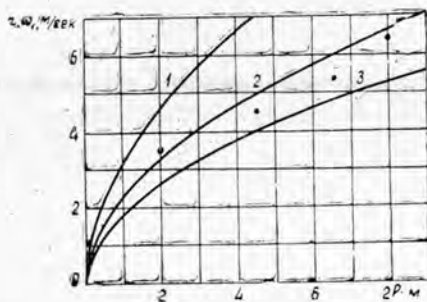


Рис. 3.

ствующие зависимости для значений угла схода, равных 5, 10 и 16° (кривые 1, 2, 3 соответственно). Точками обозначены результаты экспериментального исследования, выполненного в Волжско-Камском научно-исследовательском и конструкторско-техническом институте водного лесотранспорта [3]. В экспериментах угол φ^* был равен 16°, что соответствует условиям кривой 3, а угол наклона транспортера равнялся 10°. Несмотря на ряд допущений, в частности, предположение об отсутствии скольжения, результаты расчета согласуются с экспериментальными данными.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Г. А. Богатырев. Метод определения расчетных параметров при сброске бревен с роликовых транспортеров в направлении их движения. Труды ВКНИИВОЛТА, вып. IX, изд-во «Лесная промышленность», 1969. [2]. Г. А. Богатырев. Уточнение некоторых расчетных параметров при сброске бревен с роликовых транспортеров в направлении их движения. Труды ВКНИИВОЛТА, вып. XI, изд-во «Лесная промышленность», 1971. [3]. Ж. С. Фирсов. Экспериментальные исследования по уточнению некоторых параметров роликового транспортера. Труды ВКНИИВОЛТА, вып. XI, изд-во «Лесная промышленность», 1971.

Поступила 31 октября 1973 г.

УДК 625.731.1.042

О ПЕРЕНОСЕ ТЕПЛА И ВЛАГИ В СЕЗОННОПРОМЕРЗАЮЩИХ ГРУНТАХ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

В. А. ЛУКИНА,

Архангельский лесотехнический институт

Б. В. УВАРОВ

СевНИИП

Дается метод решения системы дифференциальных уравнений в частных производных, описывающий в одномерной задаче нестационарный процесс тепло- и влагообмена в земляном полотне и дорожной одежде. Решение получено с применением численного обращения преобразования Лапласа. Реализованный на ЭВМ «Наири-С» метод позволяет определить зимнее перераспределение влаги в грунтах земляного полотна и величину пучения. Результаты выполненных конкретных расчетов достаточно хорошо согласуются с опытами.

Для оценки устойчивости дорожных одежд автомобильных дорог значительный интерес представляет изучение процессов тепло- и влагообмена в период промерзания грунтов земляного полотна.

Нестационарный процесс тепло- и влагообмена в земляном полотне и дорожной одежде в одномерной задаче описывается следующей системой дифференциальных уравнений в частных производных [1], основанной на теории переноса связанного вещества (влаги в капиллярно-пористых средах) [6], [7]:
для мерзлой зоны

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial t_M}{\partial T} &= a_M \frac{\partial^2 t_M}{\partial z^2} + \frac{(\varepsilon \rho_n + \varepsilon_1 \rho_n)}{c_M} \cdot \frac{\partial W}{\partial T}; \\ \frac{\partial W}{\partial T} &= a_n \frac{\partial^2 W}{\partial z^2} + a_n b_n \frac{\partial^2 t_M}{\partial z^2}; \end{aligned} \right\}$$

для талой зоны

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial t_T}{\partial T} &= a_T \frac{\partial^2 t_T}{\partial z^2} + \frac{\varepsilon \rho_{II}}{c} \cdot \frac{\partial W}{\partial T}; \\ \frac{\partial W}{\partial T} &= a_{ж} \frac{\partial^2 W}{\partial z^2} + a_{ж} b_{ж} \frac{\partial^2 t_T}{\partial z^2}. \end{aligned} \right\}$$

Как показали многолетние исследования, относительная влажность грунтов земляного полотна дороги с жестким покрытием для условий Европейского Севера в осенний период больше $0,7 W_T$, поэтому влага в зимний период перемещается в основном в жидкой форме и миграцией водяного пара можно пренебречь [1]. Слагаемое, учитывающее перемещение жидкообразной влаги под действием градиентов температуры, также можно опустить. После введения этих допущений система дифференциальных уравнений примет вид:

для мерзлой зоны

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial t_M}{\partial T} &= a_M \frac{\partial^2 t_M}{\partial z^2}; \\ \frac{\partial W}{\partial T} &= a_n \frac{\partial^2 W}{\partial z^2}; \end{aligned} \right\} 0 \leq z \leq z_0;$$

для талой зоны

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial t_T}{\partial T} &= a_T \frac{\partial^2 t_T}{\partial z^2}; \\ \frac{\partial W}{\partial T} &= a_{ж} \frac{\partial^2 W}{\partial z^2}, \end{aligned} \right\} z_0 \leq z \leq H,$$

где t_M, t_T — температура мерзлого и талого грунта;
 T — время промерзания;
 z — глубина промерзания;
 W — влажность, доли единицы;
 a_M, a_T — коэффициенты теплопроводности;
 $a_n, a_{ж}$ — коэффициенты влагопроводности.

Дифференциальные уравнения для мерзлой и талой зон аналогичны, поэтому решаем общую систему дифференциальных уравнений в частных производных:

$$\frac{\partial t}{\partial T} = a_M \frac{\partial^2 t}{\partial z^2}; \quad (1)$$

$$\frac{\partial W}{\partial T} = a_n \frac{\partial^2 W}{\partial z^2}. \quad (2)$$

Первое уравнение характеризует обмен тепла за счет теплопроводности, второе — миграцию жидкой фазы влаги.

Решение данных уравнений позволяет установить закономерности влагонакопления, изменение влажности и температуры грунта. При решении уравнений (1), (2) с использованием численного обращения преобразования Лапласа [2] приняты следующие начальные и граничные условия:

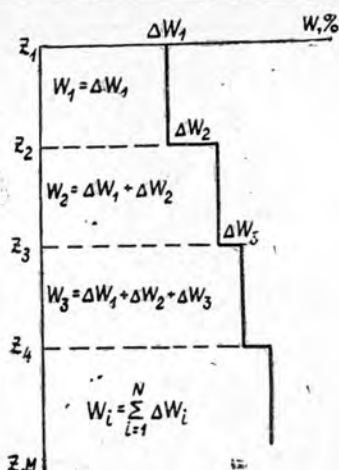
$$t(0, z) = t_{\infty}; \quad (3)$$

$$t(T, 0) = t_0. \quad (4)$$

Начальное распределение влажности по глубине земляного полотна для общности принято ступенчатым (рис. 1)

$$W(0, z) = \sum_{i=1}^N \Delta W_i U(z - z_i). \quad (5)$$

Рис. 1. Схема начального распределения влажности по глубине.



Считаем, что влажность на границе промерзания в мерзлой зоне больше, чем в талой, на величину A , то есть

$$W(T, z_0) = W_T(T, z_0) + A. \quad (6)$$

Для решения уравнений вводим обозначения

$$\varepsilon = \left. \frac{\partial t}{\partial z} \right|_{z=0}; \quad \varphi = \left. \frac{\partial W}{\partial z} \right|_{z=0}.$$

В результате прямого и обратного преобразований Лапласа по z и T в уравнении (1) получено выражение для определения температуры грунта

$$t(T, z) = t_\infty + (t_0 - t_\infty) \operatorname{erfc} \frac{z}{2\sqrt{a_M T}}. \quad (7)$$

Для решения уравнения (2) выполним преобразование Лапласа по T и z

$$S\bar{W}(S, z) - W(0, z) = a_n \frac{\partial^2 \bar{W}(S, z)}{\partial z^2}; \quad (8)$$

$$S\bar{W}(S, P) - \bar{W}(0, P) = a_n \{P^2 \bar{W}(S, P) - P\bar{W}(S, 0) - \bar{\varphi}(S, 0)\}. \quad (9)$$

Из уравнения (9) находим выражение двойного изображения для влажности

$$\bar{W}(S, P) = \frac{W(0, P) - a_n [P\bar{W}(S, 0) + \bar{\varphi}(S, 0)]}{S - a_n P^2}. \quad (10)$$

Используя начальное условие (5), можем записать

$$\bar{W}(0, P) = \sum_{i=1}^N \Delta W_i \frac{e^{-z_i P}}{P}. \quad (11)$$

Тогда после обратного преобразования по z выражения (10) найдем изображение для влажности мерзлой зоны в следующем виде:

$$\begin{aligned} \bar{W}(S, z) = & \frac{1}{S} \sum_{i=1}^N \Delta W_i \left[1 - \operatorname{ch}(z - z_i) \sqrt{\frac{S}{a_n}} \right] U(z - z_i) + \\ & + \bar{W}(S, 0) \operatorname{ch} z \sqrt{\frac{S}{a_n}} + \bar{\varphi}(S, 0) \sqrt{\frac{S}{a_n}} \operatorname{sh} z \sqrt{\frac{S}{a_n}}. \end{aligned} \quad (12)$$

Если предположить, что поверхность грунта в мерзлой зоне изолирована, то есть

$$\varphi(T, 0) = \frac{dW}{dz} = 0 \quad \text{при } z = 0,$$

то выражение (12) примет вид

$$\begin{aligned} \bar{W}(S, z) = \frac{1}{S} \sum_{i=1}^N \Delta W_i \left[1 - \operatorname{ch}(z - z_i) \sqrt{\frac{S}{a_{\text{н}}}} \right] U(z - z_i) + \\ + \bar{W}(S, 0) \operatorname{ch} z \sqrt{\frac{S}{a_{\text{н}}}}. \end{aligned} \quad (13)$$

Вид уравнения для талой зоны аналогичен

$$\begin{aligned} \bar{W}_T(S, z) = \frac{1}{S} \sum_{i=1}^N \Delta W_i \left[1 - \operatorname{ch}(z - z_i) \sqrt{\frac{S}{a_{\text{ж}}}} \right] U(z - z_i) + \\ + \bar{W}_T(S, 0) \operatorname{ch} z \sqrt{\frac{S}{a_{\text{ж}}}} + \bar{\varphi}_T(S, 0) \sqrt{\frac{S}{a_{\text{ж}}}} \operatorname{sh} z \sqrt{\frac{S}{a_{\text{ж}}}}. \end{aligned} \quad (14)$$

Для определения неизвестного $\varphi_T(T, 0)$ рассмотрим граничные условия при $z = H$ (H — уровень грунтовых вод). Очевидно, влажность грунта на границе $z = H$ можно считать постоянной, равной полному водонасыщению, то есть

$$W_{\text{п. в}} = \sum_{i=1}^N \Delta W_i.$$

Считаем

$$\begin{aligned} W_T(T, z) &= \sum_{i=1}^N \Delta W_i (H - z_i) U; \\ \bar{W}_T(S, z) &= \frac{1}{S} \sum_{i=1}^N \Delta W_i (H - z_i) U, \end{aligned}$$

тогда из уравнения (14)

$$\begin{aligned} \bar{\varphi}_T(S, 0) = \frac{\sqrt{\frac{S}{a_{\text{ж}}}}}{\operatorname{sh} H \sqrt{\frac{S}{a_{\text{ж}}}}} \left\{ \frac{1}{S} \sum_{i=1}^N \Delta W_i U (H - z_i) - \frac{1}{S} \sum_{i=1}^N \Delta W_i \left[1 - \right. \right. \\ \left. \left. - \operatorname{ch}(H - z_i) \sqrt{\frac{S}{a_{\text{ж}}}} \right] U (H - z_i) - \bar{W}_T(S, 0) \operatorname{ch} H \sqrt{\frac{S}{a_{\text{ж}}}} \right\}. \end{aligned} \quad (15)$$

Подставляя в уравнение вместо $\bar{\varphi}_T(S, 0)$ его найденное значение получим

$$\begin{aligned} \bar{W}_T(S, z) = \frac{1}{S} \sum_{i=1}^N \Delta W_i \left[1 - \operatorname{ch}(z - z_i) \sqrt{\frac{S}{a_{\text{ж}}}} \right] U(z - z_i) + \\ + \frac{\bar{W}_T(S, 0)}{\operatorname{sh} H \sqrt{\frac{S}{a_{\text{ж}}}}} \left(\operatorname{sh} H \sqrt{\frac{S}{a_{\text{ж}}}} \operatorname{ch} z \sqrt{\frac{S}{a_{\text{ж}}}} - \operatorname{sh} z \sqrt{\frac{S}{a_{\text{ж}}}} \operatorname{ch} H \sqrt{\frac{S}{a_{\text{ж}}}} \right) + \end{aligned}$$

$$+ \frac{\operatorname{sh} z \sqrt{\frac{S}{a_{ж}}}}{\operatorname{sh} H \sqrt{\frac{S}{a_{ж}}}} \left\{ \frac{1}{S} \sum_{i=1}^N W_i - \frac{1}{S} \sum_{i=1}^N \Delta W_i \left[1 - \operatorname{ch}(H - z_i) \sqrt{\frac{S}{a_{ж}}} \right] U(H - z_i) \right\}. \quad (16)$$

Установлено [8], что вблизи границы раздела фаз ($z = z_0$) наблюдается скачок во влажности. Следовательно, можно считать, что влажность грунта около границы промерзания в мерзлой зоне больше, чем в талой, на величину A , то есть справедливо уравнение (6).

Для определения неизвестных $\bar{W}(S, 0)$ и $\bar{W}_T(S, 0)$ необходимо иметь, кроме (6), еще одно уравнение. Исходим из условия, что общее количество влаги в слое $0 \leq z \leq H$ остается постоянным. При этом увеличение влаги в мерзлой зоне составляет

$$\int_0^{z_0} \left[W(T, z) - \sum_{i=1}^N \Delta W_i U(z - z_i) \right] ds, \quad (17)$$

а количество влаги, убывшей в талой зоне,

$$\int_{z_0}^H \left[\sum_{i=1}^N \Delta W_i U(z - z_i) - W_T(T, z) \right] dz. \quad (18)$$

Таким образом, искомое уравнение имеет вид

$$\int_0^{z_0} \left[W(T, z) - \sum_{i=1}^N \Delta W_i U(z - z_i) \right] dz = \int_{z_0}^H \left[\sum_{i=1}^N \Delta W_i U(z - z_i) - W_T(T, z) \right] dz. \quad (19)$$

После интегрирования в изображениях Лапласа выражения (19) и преобразований с использованием уравнений (6), (13), (16) получены следующие зависимости для определения $\bar{W}(S, 0)$ и $\bar{W}_T(S, 0)$:

$$\begin{aligned} \bar{W}(S, 0) = & \frac{B}{SC} \left\{ \sum_{i=1}^N \Delta W_i \left[\sqrt{\frac{S}{a_{ж}}} \operatorname{sh}(z_0 - z_i) \sqrt{\frac{S}{a_n}} - \sqrt{\frac{S}{a_n}} \operatorname{sh}(z_0 - z_i) \sqrt{\frac{S}{a_{ж}}} \right] U(z_0 - z_i) + \sqrt{\frac{S}{a_n}} \sum_{i=1}^N \Delta W_i \operatorname{sh}(H - z_i) \sqrt{\frac{S}{a_{ж}}} - \right. \\ & \left. - \frac{\sqrt{\frac{S}{a_n}} \sum_{i=1}^N \Delta W_i \operatorname{ch}(H - z_i) \sqrt{\frac{S}{a_{ж}}} \left[\operatorname{ch} H \sqrt{\frac{S}{a_{ж}}} - \operatorname{ch} z_0 \sqrt{\frac{S}{a_{ж}}} \right]}{\operatorname{sh} H \sqrt{\frac{S}{a_{ж}}}} \right\} + \\ & + \frac{\sqrt{\frac{S}{a_n}} D}{SC \operatorname{sh} H \sqrt{\frac{S}{a_{ж}}}} \left\{ \operatorname{sh} H \sqrt{\frac{S}{a_{ж}}} \left\{ A + \sum_{i=1}^N \Delta W_i \left[\operatorname{ch} H (z_0 - z_i) \sqrt{\frac{S}{a_n}} - \right. \right. \right. \\ & \left. \left. - \operatorname{ch}(z_0 - z_i) \sqrt{\frac{S}{a_{ж}}} \right] U(z_0 - z_i) \right\} + \operatorname{sh} z_0 \sqrt{\frac{S}{a_{ж}}} \sum_{i=1}^N \Delta W_i \operatorname{ch}(H - z_i) \sqrt{\frac{S}{a_{ж}}} \right\}, \quad (20) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{где } B &= \text{sh } H \sqrt{\frac{S}{a_{\text{ж}}}} \text{ ch } z_0 \sqrt{\frac{S}{a_{\text{ж}}}} - \text{ch } H \sqrt{\frac{S}{a_{\text{ж}}}} \text{ sh } z_0 \sqrt{\frac{S}{a_{\text{ж}}}}; \\
 D &= \text{ch } z_0 \sqrt{\frac{S}{a_{\text{ж}}}} \text{ ch } H \sqrt{\frac{S}{a_{\text{ж}}}} - \text{sh } z_0 \sqrt{\frac{S}{a_{\text{ж}}}} \text{ sh } H \sqrt{\frac{S}{a_{\text{ж}}}} - 1; \\
 C &= B \sqrt{\frac{S}{a_{\text{ж}}}} \text{ sh } z_0 \sqrt{\frac{S}{a_{\text{н}}}} + D \sqrt{\frac{S}{a_{\text{н}}}} \text{ ch } z_0 \sqrt{\frac{S}{a_{\text{н}}}}. \\
 \overline{W}_T(S, 0) &= \frac{1}{B} \overline{W}(S, 0) \text{ ch } z_0 \sqrt{\frac{S}{a_{\text{н}}}} \text{ sh } H \sqrt{\frac{S}{a_{\text{ж}}}} - \\
 &- \frac{\text{sh } H \sqrt{\frac{S}{a_{\text{ж}}}}}{SB} \left\{ A + \sum_{i=1}^N \Delta W_i \left[\text{ch}(z_0 - z_i) \sqrt{\frac{S}{a_{\text{н}}}} - \text{ch}(z_0 - \right. \right. \\
 &\left. \left. - z_i) \sqrt{\frac{S}{a_{\text{ж}}}} \right] U(z_0 - z_i) \right\} + \frac{\text{sh } z_0 \sqrt{\frac{S}{a_{\text{ж}}}}}{SB} \sum_{i=1}^N \Delta W_i \text{ch}(H - z_i) \sqrt{\frac{S}{a_{\text{ж}}}}. \quad (21)
 \end{aligned}$$

Зная $\overline{W}(S, 0)$ и $\overline{W}_T(S, 0)$, можно получить решение для влажности грунта в мерзлой и талой зонах в пространстве изображений Лапласа $\overline{W}(S, z)$ и $\overline{W}_T(S, z)$ по зависимостям (13), (16). Для получения оригинала $W(T, z)$ и $W_T(T, z)$ необходимо выполнить обратное преобразование по T выражений (13) и (16). Ввиду сложности этих выражений целесообразно применить численное обращение преобразования Лапласа [4], [5].

Для определения оригинала $W(T, z)$ использован один из способов численного определения интеграла Меллина — правило наивысшей степени точности [5], по которому оригинал может быть найден в виде разложения:

$$W(T, z) = \sum_{k=1}^N \varphi_k(S_k) A_k, \quad (22)$$

где $\varphi_k(S_k) = \overline{W}(S, z) S$.

Числовые значения коэффициентов A_k и S_k имеются в справочных таблицах [5].

Составленная для ЭВМ «Наири-С» программа численного обращения полученных зависимостей позволяет определить влажность грунта по глубине земляного полотна через заданный интервал Δz ; посылно до максимальной глубины промерзания к концу зимнего периода.

Значения коэффициентов при расчете приняты равными [1], [3], [6], [9], [10]

$$a_{\text{ж}} = 3 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{час}; \quad a_{\text{н}} = 0,3 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{час}.$$

Расчетную влажность грунта по глубине земляного полотна, найденную на ЭЦВМ, сравнивали с экспериментальными данными, определенными при помощи радиометрических приборов (рис. 2). Результаты расчетов (при $A \equiv 0$) удовлетворительно согласуются с опытными данными для различных опытных участков.

Имея данные изменения влажности на конец периода промерзания (по сравнению с осенью), можно определить величину пучения грунта земляного полотна по формуле [1]

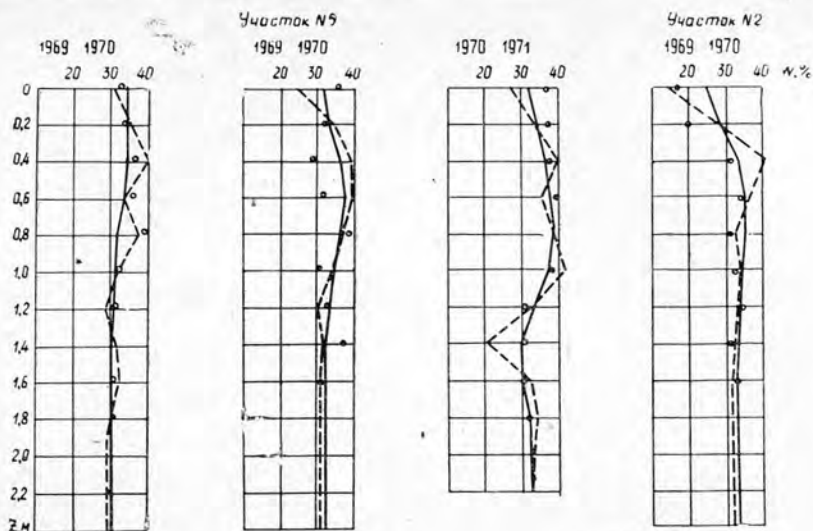


Рис. 2. Расчетные и экспериментальные данные по влажности. Сплошной линией обозначена расчетная зимняя влажность; штриховой — начальная (осенняя) влажность; о — опытные значения зимней влажности.

$$h = 1,09 \sum_{i=1}^N H_i (W_{zi} - W_{oi}) + 0,09 \sum_{i=1}^N H_i (W_{oi} - W_{нзi}), \quad (23)$$

где $\sum_{i=1}^N (W_{zi} - W_{oi}) H_i$ — объем накопленной влаги в грунте в процессе промерзания;
 H_i — толщина слоя грунта;
 W_{oi} — начальная влажность грунта перед промерзанием в слое;
 $W_{нзi}$ — содержание незамерзшей воды в грунте;
 W_{zi} — влажность к концу зимнего периода, определенная расчетом.

Опытные и расчетные данные по величине пучения приведены в табл. 1.

Таблица 1

№ опытного участка	Период наблюдений, годы	Величина пучения, мм	
		расчетная	фактическая
2	1969—1970	72,0	77
5	1969—1970	70,7	76
5	1969—1970	74,6	77
5	1970—1971	71,5	71

Расчетная величина пучения определена при различных значениях A (0; 0,05; 0,1; 0,15; 0,20). Результаты расчета приведены на рис. 3.

Точное соответствие расчетной и фактической величин пучения для различных опытных участков с учетом увеличения влажности в мерзлой зоне вблизи границы промерзания получено при $A = 0 \div 5\%$ (рис. 3).

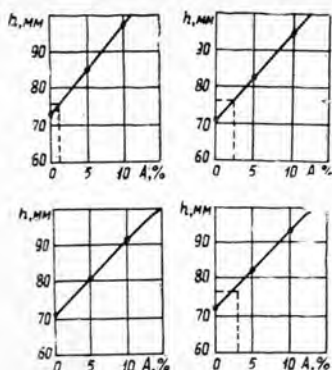


Рис. 3. Зависимость величины пучения от A .

Таким образом, предложенный метод позволяет прогнозировать с достаточной степенью точности накопление влаги в зимний период с учетом миграции и величину морозного пучения на эксплуатируемых дорогах.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Водно-тепловой режим земляного полотна и дорожных одежд. Под ред. И. А. Золотаря, Н. А. Пузакова, В. М. Сиденко. Изд-во «Транспорт», М., 1971. [2]. Г. Деч. Руководство к практическому применению преобразования Лапласа. Изд-во «Наука», М., 1965. [3]. Н. С. Иванов, Р. И. Гаврильев. Теплофизические свойства мерзлых горных пород. Изд-во «Наука», М., 1965. [4]. В. И. Крылов, Н. С. Скобля. Справочная книга по численному обращению преобразования Лапласа. Изд-во «Наука и техника», Минск, 1968. [5]. В. И. Крылов, Л. Т. Шульгина. Справочная книга по численному интегрированию, М., 1966. [6]. А. В. Лыков. Явление переноса в капиллярно-пористых телах. М., 1954. [7]. А. В. Лыков, Ю. А. Михайлов. Теория тепло- и массопереноса. М.—Л., 1963. [8]. Л. В. Чистотинов. Миграция влаги в промерзающих неводонасыщенных грунтах. Изд-во «Наука», М., 1973. [9]. А. Ф. Чудновский. Теплообмен в дисперсных средах. М., 1954. [10]. А. Ф. Чудновский. Теплофизические характеристики дисперсных материалов, М., 1962.

Поступила 1 апреля 1974 г.

УДК 634.0.377.7

СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОДОЛЬНЫХ ПРОФИЛЕЙ ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

С. Г. КОСТОГРЫЗ

Хмельницкий технологический институт

И. П. КОВТУН

Львовский лесотехнический институт

Изложена методика статистического описания продольных профилей лесовозных автомобильных дорог с помощью законов распределения плотностей вероятностей, корреляционных функций и спектральных плотностей уклонов продольных профилей. Приведены результаты применительно к горным лесовозным дорогам.

Использование вероятностных методов для решения ряда практических задач лесотранспорта и динамики лесотранспортных машин предполагает наличие статистического описания дорожных условий.

В этой связи большой интерес представляют статистические характеристики уклонов продольных профилей лесовозных автомобильных дорог, поскольку уклоны в значительной степени определяют тяговый баланс лесотранспортных машин.

Рассмотрим этот вопрос исходя из факторов, определяющих формирование продольного профиля при проектировании лесовозных дорог. Такими факторами являются: продольный профиль по черным отметкам, который зависит от рельефа местности и положения трассы в плане, а также технические условия на проектирование дороги. Рельеф местности в основном определяется географической зоной. Технические условия зависят как от рельефа местности, так и от категории проектируемой дороги. Следовательно, целесообразно говорить о статистических характеристиках продольного профиля не какой-то отдельной дороги, а совокупности дорог определенной географической зоны, одних и тех же условий рельефа местности и одной и той же категории.

Значение уклона продольного профиля, взятое на каком-либо его элементе, — случайная величина, которая может принимать различные значения, зависящие от рельефа местности и изменяющиеся в неслучайных пределах, ограниченных техническими условиями (например, руководящим уклоном, максимально допустимой алгебраической разностью уклонов). С другой стороны, значения уклонов могут быть неслучайными (например, руководящий уклон), но проявляться на продольном профиле случайно в силу случайного характера рельефа местности.

Уклон дороги имеет постоянное значение на промежутках, соответствующих длинам элементов продольного профиля, которые в силу указанных причин могут принимать как случайные, так и неслучайные (шаг проектирования), однако случайно проявляющиеся значения.

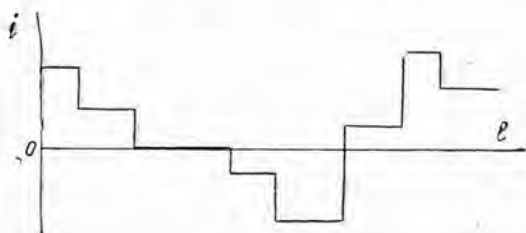


Рис. 1.

Эти особенности и присущие им вероятностные закономерности могут быть общими только для дорог одной и той же категории, одних и тех же условий рельефа местности. Учитывая изложенное, представим уклон продольного профиля случайной функцией $i(l)$, принимающей случайные значения, сохраняемые постоянными в случайных по длине промежутках пути (рис. 1). Для вероятностного описания свойств продольных профилей принимаем три статистические функции, наиболее широко применяемые в практике исследований случайных процессов [1], [2]: плотность распределения вероятностей; корреляционную функцию; спектральную плотность.

Рассмотрим статистические характеристики продольных профилей автомобильных лесовозных дорог только для горных условий.

Плотности распределения вероятностей уклонов и длин элементов продольного профиля определены с вероятностью 0,99 и допустимой ошибкой 0,05 путем статистической обработки совокупности продольных профилей для каждой из категорий горных дорог. Для этого потре-

бывалось принять к обработке не менее 663 значений уклонов и длин элементов продольных профилей дорог каждой категории. Нами исследовано 11 продольных профилей веток горных лесовозных дорог общей протяженностью 77 км с 815 элементами продольного профиля. По этим материалам составлены статистические ряды распределения значений уклонов и длин элементов продольного профиля, построены гистограммы и статистические функции распределения (рис. 2).

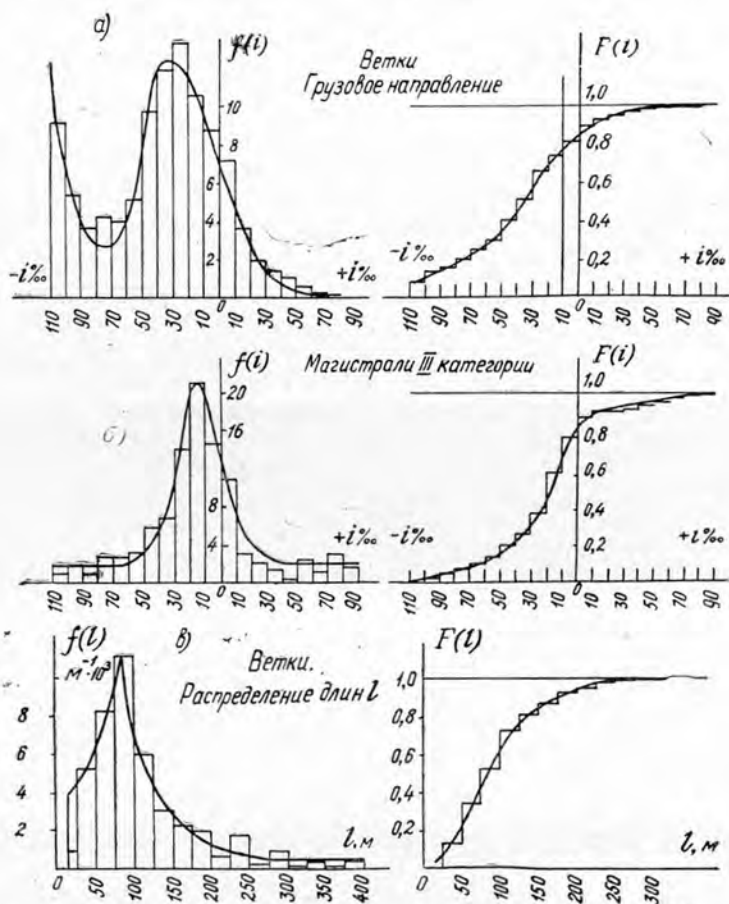


Рис. 2. Гистограммы распределений, графики плотностей вероятности и функций распределения для уклонов и длин элементов продольных профилей горных лесовозных автомобильных дорог.

При выравнивании статистических рядов законы распределения плотностей вероятностей аппроксимированы следующими выражениями:

а) для уклонов продольных профилей веток лесовозных автомобильных горных дорог (рис. 2, а)

$$f(i) = \begin{cases} \frac{1}{\sigma_i \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(i - m_i)^2}{2\sigma_i^2} \right], & \text{при } i_p > i > m_i; \\ \frac{1}{\sigma_i \sqrt{2\pi}} \left\{ \exp \left[-\frac{(i - m_i)^2}{2\sigma_i^2} - \frac{|i - m_i|}{\sigma_i} \right] + \exp \left[-\frac{2|i - i_p|}{\sigma_i} \right] \right\}, & \text{при } m_i < i < i_p; \end{cases} \quad (1)$$

б) для уклонов продольного профиля горных магистралей II и III категорий (рис. 2, б)

$$f(i) = \frac{C_1}{\sigma_i \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(i-m_i)^2}{2\sigma_i^2} - \frac{|i-m_i|}{2\sigma_i} \right] - \frac{C_2}{i_p - i_v}, \quad (2)$$

при $i_y < i < i_p$;

в) для длин элементов продольных профилей горных веток, магистралей II и III категорий (рис. 2, в).

$$f(l) = \begin{cases} K_1 \exp[-2K_1(l - \sigma_l)], & \text{при } l_m < l < l_0; \\ K_1 \exp[-2K_1(l - \sigma_l)] + \frac{K_2}{3m_l}, & \text{при } l > l_m, \end{cases} \quad (3)$$

В выражениях (1) — (3) обозначено:

m_i и σ_i^2 — математическое ожидание и дисперсия уклона;

m_l и σ_l^2 — математическое ожидание и дисперсия длин элементов продольного профиля;

C_1, C_2, K_1, K_2 — коэффициенты пропорциональности;

i_p и i_y — максимальные допускаемые по техническим условиям значения уклонов в грузовом и порожняковом направлениях;

l_0 — шаг проектирования;

l_m — положение максимума закона распределения плотностей вероятностей длин элементов продольного профиля.

Значения указанных здесь величин для грузового направления горных автомобильных лесовозных дорог района Карпат приведены в табл. 1. Проверка гипотез о согласовании теоретических и статистических распределений выполнена по критерию согласия А. Н. Колмогорова [1] и свидетельствует о приемлемости этих гипотез.

Как и следовало ожидать, полученные выражения законов распределения плотностей вероятностей учитывают не только статистические характеристики ($m_i, \sigma_i, m_l, \sigma_l$), но и технические условия на проектирование дорог.

Таблица 1

Категория дороги	m_i , ‰	σ_i , ‰	m_l , м	σ_l , м	l_m	C_1	C_2	K_1	K_2
Ветки	—35	±32	120	80	σ_l	—	—	$1 \cdot 10^{-2}$	$0,5 \cdot 10^{-3}$
Магистраль III категории	—13	±20	165	105	$0,7\sigma_l$	0,9	0,4	$8 \cdot 10^{-3}$	$0,5 \cdot 10^{-3}$
Магистраль II категории	—10	±16	180	120	$0,5\sigma_l$	0,9	0,4	$6 \cdot 10^{-3}$	$0,5 \cdot 10^{-3}$

Примечание. Для порожнякового направления изменится знак m_l .

Согласно принятой модели (рис. 1), случайная функция $i(l)$ принимает различные значения, постоянные в случайных по продолжительности промежутках, которые соответствуют длинам элементов продольного профиля. Анализ статистических рядов распределения для рас-

сма триваемых случаев показал, что распределения вероятностей функций $i(l)$ практически не зависят от начала отсчета l , а закон распределения уклонов не зависит от значения длин элементов продольного профиля. Следовательно, случайная функция $i(l)$ является стационарной, а случайные величины i и l взаимно независимы [1], [2].

Учитывая это, а также зная математическое ожидание m_i , определим корреляционную функцию $R_i(\lambda)$ стационарной случайной функции уклона продольного профиля дороги из соотношения [1], [2].

$$R_i(\lambda) = \mathbf{M} \{ [i(l) - m_i] [i(l + \lambda) - m_i] \}, \quad (4)$$

где \mathbf{M} — символ математического ожидания;

λ — сдвиг по длине.

В силу особенностей функции уклона продольного профиля дороги (рис. 1) следует учесть, что $i(l) = i(l + \lambda)$ в том случае, если длины l и $l + \lambda$ относятся к одному и тому же элементу продольного профиля, на котором уклон сохраняет постоянным принятое им значение; $i(l)$ и $i(l + \lambda)$ независимы, если l и $l + \lambda$ относятся к различным элементам.

Пусть функция $p(\lambda)$ равна вероятности того, что в любом интервале от l до $l + \lambda$ уклон $i(l)$ изменит свое значение, тогда $1 - p(\lambda)$ есть вероятность того, что в тех же интервалах он останется неизменным. Предположим, что начало интервала l соответствует n -му элементу продольного профиля. Следовательно, момент $l + \lambda$ также будет соответствовать n -му элементу, но уже с вероятностью $1 - p(\lambda)$, а с вероятностью $p(\lambda)$ — какому-то другому элементу. Учитывая это, а также известное соотношение между математическим ожиданием функции, ее значениями и вероятностями этих значений [2], запишем

$$R_i(\lambda) = [1 - p(\lambda)] \mathbf{M} [(i_n - m_i) (i_n - m_i)] + p(\lambda) \mathbf{M} [(i_n - m_i) (i_k - m_i)], \quad (5)$$

где i_n и i_k — значения уклона на n -м и k -м элементах продольного профиля.

С учетом стационарности функции $i(l)$ в узком смысле запишем

$$\mathbf{M} [(i_n - m_i) (i_k - m_i)] = \mathbf{M} [(i_n - m_i)] \mathbf{M} [(i_k - m_i)] = 0. \quad (6)$$

Известно, что

$$\mathbf{M} [(i_n - m_i) (i_n - m_i)] = \sigma_i^2. \quad (7)$$

Поэтому, подставляя выражения (6) и (7) в (5), получим формулу для корреляционной функции

$$R_i(\lambda) = \sigma_i^2 [1 - p(\lambda)]. \quad (8)$$

Вероятность $p(\lambda)$ того, что функция $i(l)$ изменится на любом элементе малой длины Δl при математическом ожидании числа перемен значения уклона на единицу длины α и неограниченном увеличении числа элементов, равна $\alpha \Delta l$. Следовательно, вероятность противоположного события

$$1 - p(\lambda) = \lim_{\Delta l \rightarrow 0} (1 - \alpha \Delta l)^{-\frac{|\lambda|}{\Delta l}} = e^{-\alpha |\lambda|}. \quad (9)$$

Число α выражается через математическое ожидание m_l длин элементов продольного профиля $\alpha = m_l^{-1}$. Если же рассматривать процесс изменения уклона во времени t при движении с постоянной скоростью v , тогда $\alpha = \frac{v}{m_l}$. С учетом этого запишем окончательное вы-

ражение для корреляционной функции уклонов продольных профилей лесовозных автомобильных дорог

$$R_i(\lambda) = \sigma_i^2 e^{-\frac{|\lambda|}{m_i}} \quad (10)$$

или же в зависимости от временного сдвига τ

$$R_i(\tau) = \sigma_i^2 e^{-\frac{v}{m_i} |\tau|} \quad (11)$$

Корреляционной функции (11) соответствует спектральная плотность с учетом интенсивности дискретной линии на нулевой частоте, обусловленной наличием постоянной составляющей уклона m_i

$$S_i(\omega) = \frac{2\sigma_i^2 m_i v}{m_i^2 \omega^2 + v^2} + m_i^2 2\pi \delta(\omega) \quad (12)$$

На рис. 3 приведены корреляционные функции и спектральные плотности уклонов продольных профилей горных лесовозных автомобильных дорог, рассчитанные по формулам (11) и (12) для различных скоростей движения.

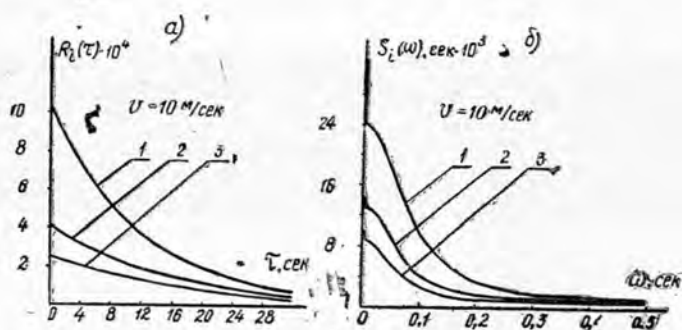


Рис. 3. Корреляционные функции (а) и спектральные плотности (б) уклонов продольных профилей горных лесовозных автомобильных дорог.

1 — веток; 2 — магистралей III категории; 3 — магистралей II категории.

Приведенная методика определения статистических характеристик продольных профилей лесовозных автомобильных дорог может быть применима при проектировании лесовозных дорог всех категорий и различных условий рельефа местности. Полученные по этой методике данные могут быть использованы при решении таких задач, как выполнение тягово-эксплуатационных расчетов вероятностными методами; определение нагрузочных режимов узлов и агрегатов лесотранспортных машин и прогнозирование их надежности и долговечности; оптимизация отдельных параметров лесотранспортных машин. Наконец, статистические характеристики продольных профилей лесовозных дорог необходимы и с точки зрения внедрения АСУП в лесной промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. А. Лившиц, В. Н. Пугачев. Теория вероятностей. Изд-во «Наука», М., 1969. [2]. Е. С. Вентцель, Вероятностный анализ систем автоматического управления. Изд-во «Советское радио», М., 1963.

Поступила 11 октября 1973 г.

УДК 634.0.383.9

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ С ПОМОЩЬЮ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ИНТЕГРАТОРА В. С. ЛУКЬЯНОВА

Г. И. ШЕЛОПАЕВ

Сибирский технологический институт

Рассмотренная методика расчета двумерных задач позволяет с помощью гидроинтегратора В. С. Лукьянова прогнозировать температурный режим автомобильных дорог с учетом фазовых переходов грунтовой влаги на границе промерзания при разных теплофизических свойствах грунта земляного полотна и материала дорожной одежды.

Обеспечение устойчивости лесовозных автомобильных дорог — одна из основных проблем при их проектировании, строительстве и эксплуатации.

Прогнозирование зимнего влагонакопления в земляном полотне, величины морозного пучения дорожного покрытия, установление расчетной влажности, прочности, толщины морозозащитных и дренирующих слоев базируются на теплотехнических расчетах [1] — [3]. Существующие методы расчета в основном рассматривают одномерные задачи. Проведенные автором натурные исследования на лесовозных автомобильных дорогах в многолесных районах Сибири показали, что динамику промерзания и оттаивания дорожных конструкций необходимо рассматривать в условиях двумерной задачи (влияние откосов, высоты насыпи и глубины выемки, наличие снега на контуре дороги и прилегающей местности).

Под руководством автора на гидроинтеграторе В. С. Лукьянова [1] проведено исследование температурного режима разных дорожных конструкций для нестационарной двумерной задачи теплопередачи за счет теплопроводности и теплоемкости (кондукции). Процесс конвективного переноса тепла вследствие миграции влаги не рассматривали.

При промерзании или оттаивании грунта образуется зона фазовых переходов грунтовой влаги, за счет тепловых потоков в вертикальном и горизонтальном направлениях. Область исследования ограничена снизу глубиной нулевых годовых амплитуд температуры. На поверхности дороги происходит конвективный теплообмен с воздухом; температура поверхности соответствует температуре воздуха: $T_n = f(T_v)$. Использовали граничное условие III рода

$$\lambda \frac{\partial T}{\partial X} + \frac{T_n - T_v}{\frac{1}{\alpha} + R_{сн}} = 0,$$

где α — коэффициент теплоотдачи покрытием вследствие излучения и конвекции, $\text{ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{град})$;

$$R_{сн} = \frac{h_{сн}}{\lambda_{сн}};$$

$h_{сн}$ — толщина снежного покрова, м ;

$\lambda_{сн}$ — коэффициент теплопроводности снега, $\text{ккал}/(\text{м} \cdot \text{град} \cdot \text{час})$.

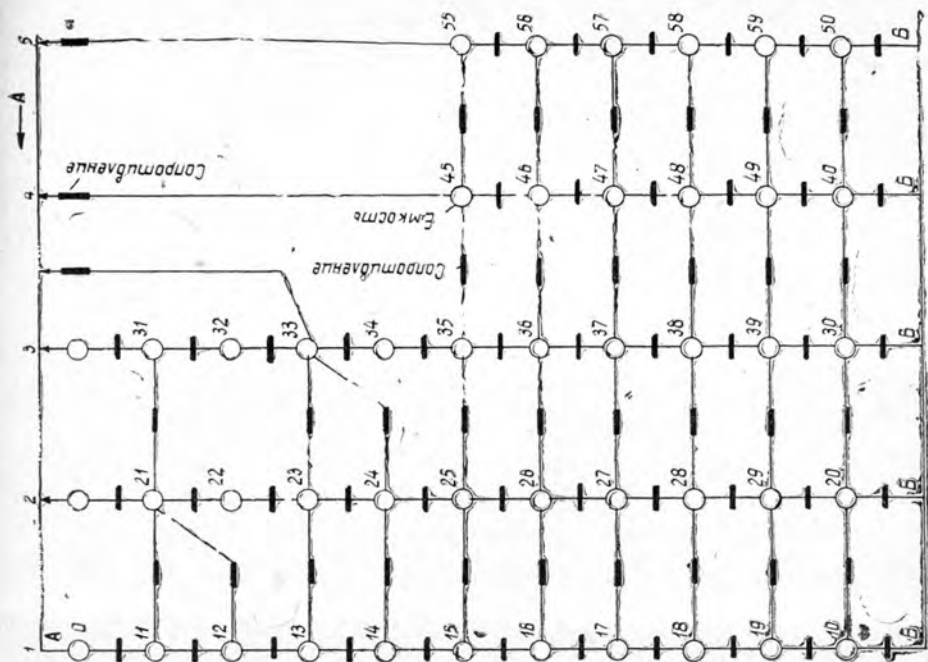


Рис. 2. Рабочая схема гидро модели.

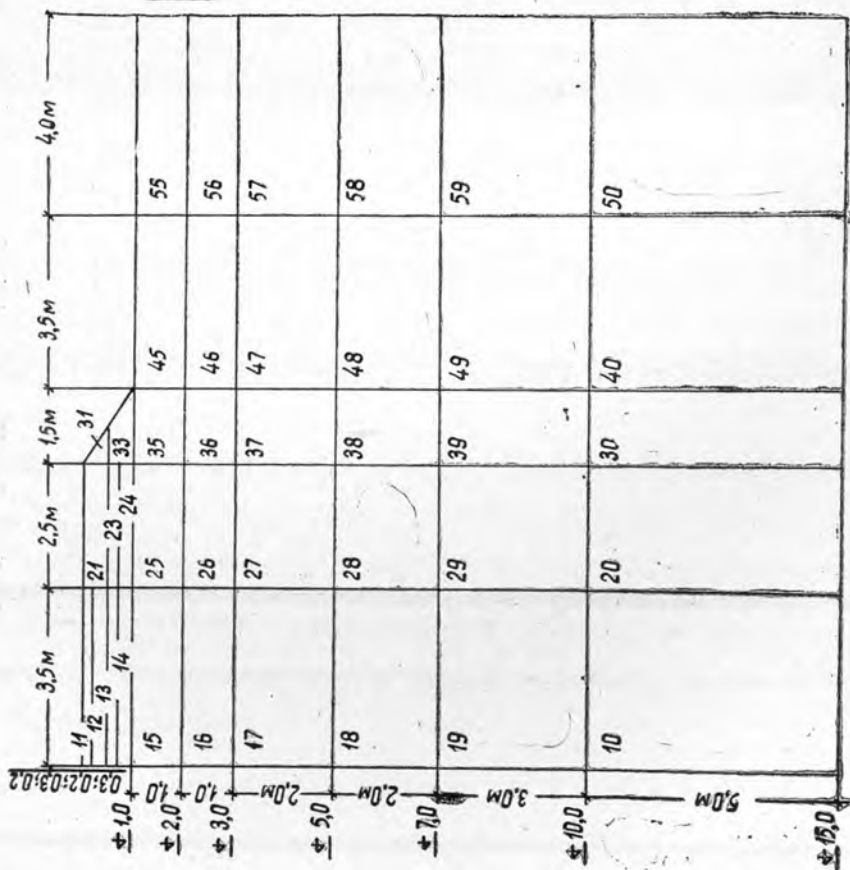


Рис. 1.

Радиационный баланс (лучистый теплообмен) учитывали путем добавки к температуре воздуха ΔT .

За начальное условие было принято распределение температуры и влажности по глубине на 10 августа 1971 г., полученное по данным замеров в природе на автомобильных дорогах. Исследуемую область разбивали на блоки (рис. 1). Вместо непрерывного распределения температур рассматривали средние температуры блоков, относимые к их центрам тяжести. Расчетная схема представляет собой систему сосредоточенных теплоемкостей, соединенных сосредоточенными термическими сопротивлениями в ортогональную сетку (рис. 2).

Теплоту льдообразования определяли по формуле

$$Q_{i,j} = \frac{iW}{100} \gamma \rho V_{i,j} \text{ ккал/м}^3,$$

- где ρ — удельная теплота кристаллизации льда, равная 80 ккал/кг;
 γ — объемный вес грунта при естественной влажности, кг/м³;
 W — влажность грунта, %;
 i — содержание льда в грунте, % (принимается в зависимости от влажности грунта и его температуры);
 V_{ij} — объем блока, м³.

Объемную теплоемкость мерзлого и талого грунта C находили по формуле

$$C = \gamma C_{ск} + \gamma \frac{W}{100} i C_{л} + \gamma \frac{W}{100} (1 - i) C_{в},$$

- где $C_{ск}$ — удельная теплоемкость скелета грунта, равная
 i — льдистость (для суглинка при $W = 14\%$, $i = 0,8$),
 0,19 ккал/(кг·град);
 $C_{л}$ — удельная теплота льда, равная 0,50 ккал/(кг·град);
 $C_{в}$ — удельная теплоемкость воды, равная 0,50 ккал/(кг·град);

Входные сопротивления определяли по формулам:

без учета снежного покрова

$$R_{A-1} = \frac{l_1}{b_1 \lambda_1} + \frac{1}{b_1 \alpha};$$

с учетом снежного покрова

$$R_{A-1} = \frac{l_1}{b_1 \lambda_1} + \frac{1}{b_1 \alpha} + \frac{h_{сн}}{b_1 \lambda_{сн}},$$

где l и b — размеры блока по вертикали и горизонтали, м.

Для численного решения дифференциальных уравнений теплообмена задавали краевые условия как по времени, так и в пространстве.

Масштаб времени находили по формуле

$$\frac{\tau_r}{\tau_r} = \frac{R_{ik} C_i}{\rho_{ik} \omega_i} \text{ час/мин},$$

- где τ_r — длительность исследуемого теплового процесса, час;
 τ_r — длительность воспроизведения этого процесса на гидравлическом интеграторе, мин;
 ω_i — гидравлическая емкость сосуда, воспроизводящего теплоемкость C_i .
 ρ_{ik} — гидравлическое сопротивление, воспроизводящее термическое сопротивление R_{ik} .

Например, для блока 10

$$C_{10}^T = 17552,5 \text{ ккал/град}; \quad R_{10-Б}^T = 0,332 \text{ град} \cdot \text{час/ккал};$$

$$\omega_{10}^T = 81,036 \text{ см}^2; \quad \rho_{10-Б}^T = 1,07 \text{ мин/см}^2;$$

$$\frac{\tau_T}{\rho_T} = - \frac{0,332 \cdot 17552,5}{1,07 \cdot 81,036} = 67,2 \text{ час/мин} = 2,8 \text{ суток/мин}.$$

Воспроизведение на гидроинтеграторе одной декады при принятом масштабе времени займет 3,57 мин, а года — $8760 : 67,2 = 130,4$ мин.

Фазовые превращения грунтовой влаги учитывали подключением к основным ω_k специального сосуда объемом V_k

$$V_k = \frac{\omega_k}{C_k} Q_k m_h \text{ см}^3,$$

где Q_k — количество теплоты, поглощаемой при плавлении льда, содержащегося в блоке k , теплоемкость которого C_k ;

m_h — масштаб высот, то есть количество сантиметров напора воды в приборе, соответствующее одному градусу температуры грунта, например, $m_h = 1 \text{ см/град}$.

Изменение напоров в сосудах — узлах гидромодели — подчиняется уравнению баланса воды [2]

$$h_i^{k+1} = h_i^k + \frac{\Delta\tau}{\omega_i} \left(\frac{h_{i-1}^k - h_i^k}{\rho_{i-1,i}} - \frac{h_i^k - h_{i+1}^k}{\rho_{i,i+1}} \right) + q_i$$

где ω_i — площадь поперечного сечения сосуда i , равная $\frac{C_i l_i}{m_2}$;

$\rho_{i-1,i}$ — гидравлическое сопротивление между сосудами, равное $\left(\frac{l_{i-1}}{b_{i-1} \lambda_{i-1}} + \frac{l_i}{b_i - \lambda_i} \right) m_1$;

m_1, m_2 — масштаб сопротивлений и емкостей;

q — количество воды, поступающее в узел i из сосуда Q (аналога скрытой теплоты льдообразования) за время $\Delta\tau$;

$h_i = \frac{T_i}{m_3}$ — уровень воды в сосуде i ;

m_3 — масштаб напоров.

С учетом граничных условий изменяют напоры в граничных сосудах, что приводит к изменению уровней воды в узловых сосудах от h_i^k до h_i^{k+1} . При достижении уровня воды до $H - h_0$ в $i = 1$ сосуде, что соответствует температуре замерзания в центре граничного блока, в работу включается сосуд внутреннего источника тепла Q_{i-1} , откуда в систему начинает поступать вода в объеме [2]

$$W_{i-1} (H - h_0 - h_{i-1}^{k+1}) \omega_{i-1},$$

где h_{i-1}^{k+1} — уровень воды, который установился бы в $i - 1$ сосуде в отсутствие внутреннего источника тепла.

Когда объем воды в сосуде Q_{i-1} уменьшится наполовину, значение входного сопротивления $\rho_{0,i-1}$ меняется на величину, соответствующую переходу грунта из талого в мерзлое состояние, а при полном опорожнении сосуда Q_{i-1} меняются также величины W_{i-1} с W_m на W_M и $\rho_{i-1,i}$ с ρ_m на ρ_M . При $h_i = H - h_0$ в работу включается сосуд Q_i , при опорожнении которого изменяются емкости W_i с W_m на W_M и сопротивление $\rho_{i,i+1}$ с ρ_m на ρ_M [2],

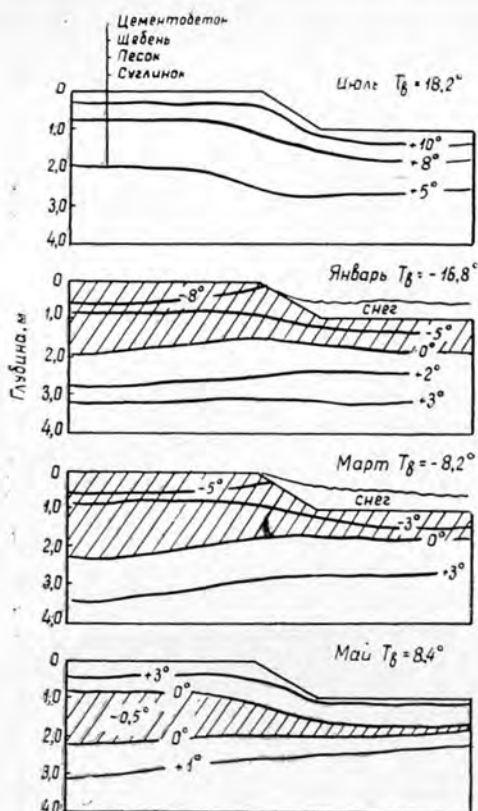


Рис. 3. Теплообмен в автомобильной дороге с цементно-бетонным покрытием в районе Красноярска.

Изоляцию поверхности откоса насыпи снежным покровом в зимний период воспроизводили подключением дополнительного гидравлического сопротивления к входному сопротивлению, а динамику термического сопротивления снежного покрова в зимний период — соответствующими изменениями этого дополнительного гидравлического сопротивления.

Один из вариантов решения приведен на рис. 3.

Рассмотренный метод позволяет эффективно выполнять расчеты по прогнозированию температурного режима лесовозных автомобильных дорог с учетом разных теплофизических характеристик грунта и фазовых превращений грунтовой влаги, при этом могут быть решены не только одномерные, но и двухмерные задачи.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. С. Лукьянов, М. Д. Головки. Расчет глубины промерзания грунтов. Труды ЦНИИС, вып. 23, Трансжелдориздат, М., 1957. [2]. Ю. С. Палькин. Решение на ЭЦВМ задачи Стефана о промерзании влажного грунта. Труды НИИЖТа «Вопросы инженерной геологии, оснований и фундаментов», вып. 106. Новосибирск, 1970. [3]. Н. А. Пузаков, И. А. Золотарь, В. М. Сиденко и др. Водно-тепловой режим земляного полотна и дорожных одежд. Изд-во «Транспорт», М., 1971.

Поступила 10 апреля 1972 г.

УДК 629.114.2

ГИДРОМАНИПУЛЯТОР ДЛЯ ТРЕЛЕВОЧНОГО ТРАКТОРА*В. И. ПЫНДАК*

Волгоградский завод бурового оборудования «Баррикады»

И. В. ЛЯМИН

Ленинградская лесотехническая академия

Описаны особенности конструкции и кинематики специфического гидроманипулятора, основу которого составляют шарнирно сочлененная стрела и два силовых цилиндра, служащих одновременно для подъема и поворота стрелы. Дано обоснование зоны перемещений рабочего органа. Приведены результаты лабораторных и производственных испытаний манипулятора.

В Ленинградской лесотехнической академии и Волгоградском сельскохозяйственном институте одновременно разработаны, изготовлены и испытаны экспериментальные образцы гидроманипулятора специальной конструкции. Основу гидроманипулятора составляют шарнирно сочлененная стрела и установленные под углом друг к другу два силовых цилиндра. Штоки цилиндров посредством шарнирного устройства особой конструкции соединены между собой и со стрелой; корпуса цилиндров закреплены на основании машины с помощью шарниров, имеющих две степени свободы*.

В Волгоградском СХИ в лабораторных условиях на макетном образце проведены экспериментальные исследования работы гидроманипулятора. Были выявлены конструктивно-кинематические возможности и определены основные параметры кинематики специфического пространственного механизма, образованного двумя установленными под углом цилиндрами и стрелой.



Рис. 1. Лесохозяйственный трактор Т40ЛБ с гидроманипулятором (спытный образец).

* Авторские свидетельства № 245307, 248944, 334166.

В Ленинградской ЛТА разработана конструкция лесохозяйственного трактора Т40ЛБ с гидроманипулятором для бесчokerной трелевки леса (рис. 1). Работу манипулятора в лесных условиях проверяли в Лисинском лесхозе Ленинградской области и ЛОС «Калснава» Латвийской ССР. Для приведения в действие гидроцилиндров манипулятора на тракторе была смонтирована специальная гидросиловая установка. Принцип управления цилиндрами подъема и поворота стрелы заключался в следующем: каждый цилиндр с помощью гидрораспределителя приводился в действие от одного (своего) насоса. При такой схеме гидроцилиндры имели независимое управление, чем достигалась их параллельная работа.

По сравнению с традиционными схемами стреловых грузоподъемных устройств в гидроманипуляторе нашей конструкции отпадает необходимость в громоздком опорно-поворотном устройстве и специальном механизме поворота (вращения) стрелы. Подъем и поворот стрелы достигаются только за счет изменения длины (перемещения штоков) двух силовых цилиндров.

При исследовании кинематики пространственного механизма манипулятора нами установлено, что зона перемещений оголовка основной стрелы — шарнира D расположена на сферической поверхности (рис. 2). Точки D_1, D_2, D_3 и D_4 этой поверхности характеризуют предельные (нижнее, верхнее, левое и правое) положения стрелы. На вертикальной проекции механизма эти точки обозначены одним штрихом (D'_n), на горизонтальной — двумя (D''_n) при $n = 4$. Практически зона перемещения шарнира D может быть определена последовательным включением в работу сначала одного, затем другого цилиндра 1 и 2.

Перемещения грузозахватного (рабочего) органа, присоединенного к шарниру E , достигаются разворотом рукояти DE шарнирно сочлененной стрелы с помощью силового цилиндра 3 и разворотом стрелы OD посредством цилиндров 1 и 2. Зона перемещений точки E представляет собой объем фигуры, образованной при пространственном вращении этой точки одновременно относительно шарниров D и O (рис. 2). Здесь E'_m и E''_m — предельные положения шарнира E в соответствующих плоскостях ($m = 8$).

При аналитическом исследовании манипулятора установлено, что основные параметры кинематики механизма — углы φ и ψ поворота основной стрелы OD соответственно в вертикальной и горизонтальной плоскостях — определяются следующими зависимостями:

$$\left. \begin{aligned} \varphi &= \arcsin \frac{ac(L_1^2 + L_2^2 - 2A) + b\sqrt{X}}{4(a^2 + b^2)cr}; \\ \omega &= \arcsin \frac{(a^2 + b^2)(L_1^2 - L_2^2)}{\sqrt{16(a^2 + b^2)^2 c^2 r^2 - [ac(L_1^2 + L_2^2 - 2A) + b\sqrt{X}]^2}} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где $A = a^2 + b^2 + c^2 + r^2$;

$$X = (a^2 + b^2)[16c^2 r^2 - (L_1^2 - L_2^2)^2] - c^2(L_1^2 + L_2^2 - 2A)^2;$$

a, b, c, r — размеры механизма (рис. 2);

L_1, L_2 — длина силовых цилиндров 1 и 2.

Из формул (1) следует, что значение углов φ и ψ поворота основной стрелы зависят от расположения шарниров цилиндров на основании и стреле, а также от длины цилиндров. В свою очередь, полная длина цилиндра включает в себя первоначальную (постоянную) длину L_0 цилиндра и текущее значение хода штока x : $L = L_0 + x$ ($x = 0 \div S$,

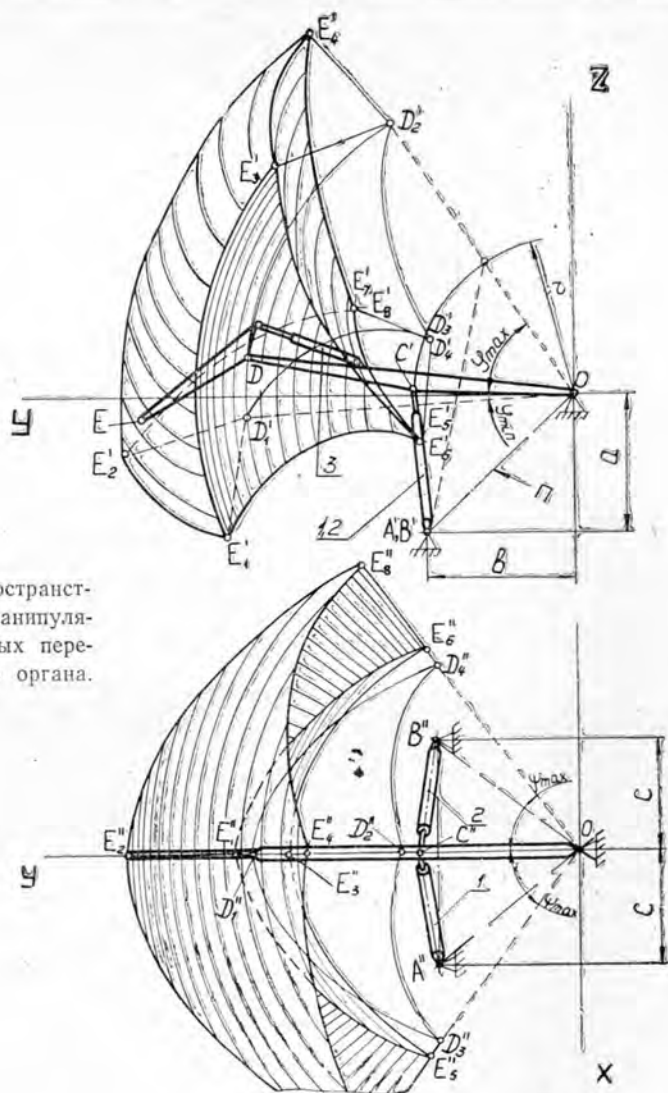


Рис. 2. Схема пространственного механизма манипулятора и зона возможных перемещений его рабочего органа.

где S — предельное значение хода штока). Таким образом, углы ψ и ψ являются функциями хода штока цилиндров.

Варьируя размеры a, b, c, r и задаваясь значениями хода штока цилиндров, с помощью формул (1) мы провели кинематический анализ механизма. Установлено, что при определенном сочетании названных параметров максимальный угол поворота стрелы по горизонту $2\psi_{max}$ может достигать 180° (без учета конструктивных возможностей механизма). Вместе с тем выявлено, что механизм имеет мертвое положение. Такое явление наступает, когда шарниры O, A, B и C располагаются в одной плоскости Π (рис. 2), проходящей через центры шарниров O, A, B . В этом случае пространственный механизм превращается в неустойчивую своеобразную структуру, все звенья которой находятся в одной плоскости.

При проведении экспериментов координаты шарниров A и B подбирали таким образом, чтобы механизм и работал устойчиво во всем диапазоне углов поворота стрелы, и попадал в мертвое положение. По-

лученные данные показали, что выход механизма за пределы рабочей зоны является аварийным случаем в работе манипулятора. Переход через мертвое положение сопровождался рывком и последующим колебанием системы. Поэтому координаты шарниров должны быть подобраны так, чтобы при любых сочетаниях размеров механизм работал устойчиво.

Теоретические и экспериментальные исследования подтвердили, что условие устойчивой работы механизма вытекает непосредственно из формул (1). В самом деле, если подкоренное выражение $X < 0$, формулы (1) не имеют смысла. Таким образом, условие устойчивой работы механизма

$$(a^2 + b^2) [16c^2 r^2 - (L_1^2 - L_2^2)^2] - c^2 [L_1^2 - L_2^2 - 2(a^2 + b^2 + c^2 + r^2)]^2 > 0. \quad (2)$$

Если левая часть неравенства (2) меньше 0 ($X < 0$), то в определенном диапазоне углов поворота стрелы механизм может работать устойчиво. Выход стрелы за пределы рабочей зоны возможен при развороте стрелы по горизонту на предельные углы ($\psi \rightarrow \psi_{max}$). В этом случае ход штока одного цилиндра равен нулю или минимален ($x_1 \rightarrow 0$), а текущее значение хода штока другого цилиндра $x_2 \rightarrow S$. Аналогичный эффект получается при повороте стрелы в противоположную сторону, когда $x_1 \rightarrow S$; $x_2 \rightarrow 1$. Показанная на рис. 2 зона перемещений оголовка E стрелы построена при таком сочетании размеров, когда $X > 0$. При $X < 0$ точки $D_3, D_4, E_5, E_6, E_7, E_8$ находятся за пределами рабочей зоны, их положение аналитически определить невозможно. Чтобы ускорить выбор координат шарниров с учетом соблюдения условия (2), для манипулятора с исследовавшимися одноступенчатыми гидроцилиндрами рекомендуются следующие примерные соотношения размеров механизма (рис. 2):

$$a \approx 1,5b; \quad 2a \approx r; \quad b \leq c; \quad r \leq L_0. \quad (3)$$

Соотношения (3) установлены из предпосылки, что стрела OD должна разворачиваться на максимально возможные углы по горизонту и не выходить за пределы рабочей зоны. Как показывает анализ зависимостей (1), чем меньше размеры c и r при прочих равных условиях, тем больше ψ_{max} ; выбор этих размеров должен согласовываться с приемлемыми нагрузками на цилиндры и стрелу. При сокращении размеров a и b в основном возрастают углы φ поворота стрелы в вертикальной плоскости и одновременно с этим увеличиваются нагрузки на цилиндры 1 и 2. После окончательного выбора размеров необходимо проверить механизм на соблюдение условия (2).

В результате проведенных экспериментальных исследований определено, что диапазон изменения углов φ поворота основной стрелы имеет примерно те же значения, что и соответствующий параметр обычных стреловых гидравлических погрузчиков. Угол $2\psi_{max}$ устойчивого поворота стрелы по горизонту достигал 150° , что удовлетворяет требованиям переноса грузов.

На величину и характер изменения углов ψ наиболее существенное влияние оказывает расстояние $2c$ между шарнирами цилиндров 1 и 2. Незначительное уменьшение этого размера влечет за собой существенное возрастание углов ψ_{max} . Однако дальнейшее сокращение размера $2c$ может привести к выходу стрелы за пределы рабочей зоны.

Особенность кинематики механизма — возрастание скорости разворота стрелы OD по мере ее отклонения от вертикальной плоскости. Эта особенность проявляется тем значительнее, чем больше предель-

ные значения углов ψ_{max} . Для плавной работы манипулятора рекомендуется ограничивать подачу рабочей жидкости в цилиндры при развороте стрелы по горизонту.

Экспериментальные работы и проведенные испытания подтвердили, что гидроманипулятор прост в изготовлении и неприхотлив в использовании. Основу его конструкции составляют унифицированные элементы — серийные гидроцилиндры и гидроаппаратура. Вследствие этого изготовление манипулятора по разработанному специалистами проекту возможно в условиях мастерских.

Проверка манипулятора в работе показала, что конструктивные и кинематические особенности механизма удовлетворяют требованиям погрузки хлыстов на трактор и бесчokerной трелевки леса. В большинстве случаев погрузка хлыстов возможна при работе одного из цилиндров подъема и поворота стрелы: при выдвигении штока цилиндра предварительно развернутая по горизонту стрела поднимает и разворачивает хлыст или пачку, перемещаясь одновременно в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Окончательно древесина укладывается в коник трактора с помощью рукояти шарнирно сочлененной стрелы.

В результате проведенных изысканий и исследований мы пришли к выводу, что применение описанного гидроманипулятора на трелевочных тракторах перспективно. Габариты и вес конструкции данного манипулятора меньше, чем в погрузочных устройствах аналогичного назначения. Кроме этого, детали имеют повышенную степень унификации с деталями серийных тракторов, и манипулятор компактно размещается на колесной лесохозяйственной машине (рис. 1).

В настоящее время накоплен достаточный теоретический и экспериментальный материал, а также проведены конструкторские разработки, которые могут составить основу для проектирования этого специфического гидроманипулятора.

Поступила 17 января 1974 г.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 674.023

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ СТРУЖКООБРАЗОВАНИЯ
ПРИ РАМНОМ ПИЛЕНИИ ДРЕВЕСИНЫ

А. М. МОРГАЧЕВ

Архангельский лесотехнический институт

Изложены результаты экспериментальных исследований процесса стружкообразования и его влияния на условия формирования поверхностей распила. По данным экспериментов сделаны выводы о прекращении нормированного срезания опилок при значительном заполнении междузубной впадины опилками и отсутствии «утечки» опилок при рабочем ходе пилы.

Формирование поверхностей распила рамными пилами происходит в результате последовательного разрушения древесины пропила режущими кромками. Процесс пиления состоит из следующих этапов: резание древесины (собственно стружкообразование), отвод опилок из зоны резания, размещение в междузубной впадине, транспортировка в ней и удаление из пропила. Все эти этапы взаимосвязаны, особенно при больших высотах пропила, когда значительное количество древесины превращается в опилки одним зубом и удаляется одной междузубной впадиной.

Многочисленными исследованиями показано, что «междузубная впадина не «мешок», куда насыпают опилки, а пресс, в котором они запрессовываются». А так как впадина имеет конечный объем, то можно предположить, что запрессовка опилок может достичь такого предела, когда их сопротивление поступлению новых порций опилок будет равно сопротивлению разрушения древесины в зоне резания или превышать его. В таком случае поступление новых порций опилок во впадину становится невозможным, и процесс стружкообразования должен прекратиться.

Прекращение подачи, или «отбой» бревна, отмечают в своих работах многие исследователи. Однако за начало отбоя бревна чаще всего принимают начало холостого хода пил. Мы считаем, что это мнение необходимо пересмотреть и более тщательно исследовать перемещение бревна при его распиловке, особенно при больших высотах пропила. Нами в лабораторных условиях рассмотрено взаимодействие зуба рамной пилы с поверхностями распила в момент переполнения впадины опилками. Для опытов брали образцы древесины, изготовленные из радиальных досок свежесрубленной сосны. Исследования выполнены в два этапа.

Первоначальные опыты производили на установке (смонтированной на базе строгального станка по металлу типа «Шепинг»), позволяющей распиливать образцы древесины с высотой пропила до 280 мм. Распиловку осуществляли методом полукрытого резания, то есть одну из стенок пропила заменяли прозрачной стенкой из толстого органического стекла. Наблюдения за процессом стружкообразования проводили на базе одной междузубной впадины. Процесс стружкообразования ре-

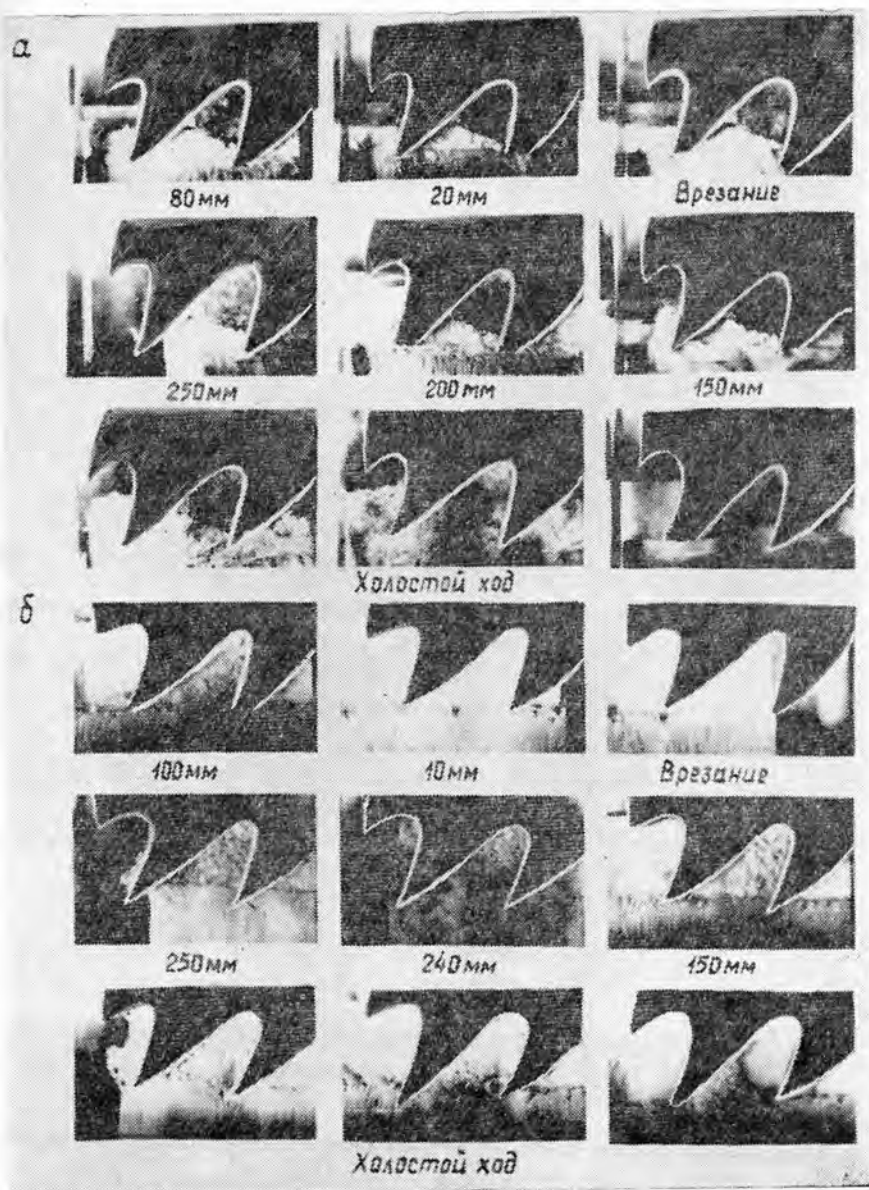


Рис. 1.

гистрировали фотосъемкой при остановке процесса пиления через равные промежутки по высоте пропила, а также при движении зуба с малой скоростью. Если первый вариант позволял рассматривать размещение опилок относительно зуба, то второй — относительно дна и стенок пропила и их движение во впадине.

Так как установка имеет относительно малую высоту пропила и не позволяет получать значительную упрессовку опилок во впадине с размерами по ГОСТу 5574—62 (шаг 26 мм, толщина 2,25 мм и плющение на стороны 0,8 мм), то впадины частично заполняли свинцом,

уменьшая их площадь $F_{\text{вп}}$ до 138 мм² (рис. 1, а). Распиловки производили с подачей на зуб $U_z = 1,5$ мм. На рис. 1, б показан процесс пиления с впадиной без свинца.

На втором этапе исследований опыты проводили на специально созданной установке, позволяющей распиливать образцы древесины с высотой пропила до 460 мм, скоростью резания 0,05 м/сек и подачами на зуб $U_z = 1,0; 1,5; 2,0$ мм. Распиловки осуществляли методом обычного закрытого пиления также одним зубом пилы с соответствующей ему впадиной и указанными ранее параметрами.

Задача этих исследований — изучение влияния условий стружкообразования на фракционный состав опилок, глубину поврежденного слоя дна и стенок, ширину пропила.

Фракционный состав опилок определяли ситовым методом. Ширину пропила, глубину поврежденного слоя дна и стенок изучали поперечным (через каждые 50 см по высоте) и продольным вскрытием пропила.

Анализ процесса стружкообразования позволил выделить два наиболее общих случая резания: 1) при относительно свободном поступлении опилок во впадину; 2) при значительном заполнении впадины опилками.

В первом случае процесс резания можно описать следующим образом. Древесина под действием передней грани зуба сильно уплотняется до момента ее разрушения в зоне главной режущей кромки. При этом образуется элемент опилок, обычно соответствующий одному годовичному слою. Образование элементов опилок происходит непрерывно от одного годовичного слоя к другому. Полного нарушения связи между элементами нами не наблюдалось.

Первоначально элементы опилок в виде ленты движутся по передней грани под действием трения опилок о стенки пропила и давления вновь образуемых элементов опилок. Движение ленты опилок идет до дна впадины. В момент уравнивания силы трения опилок по передней грани, противодействующей их продвижению, и силы, выталкивающей опилки из зоны резания, происходит излом ленты. Последующие ленты опилок наслаиваются друг на друга, постепенно заполняя впадину. При выходе элементов из зоны резания заметно их частичное упругое восстановление, что предопределяет возможность дальнейшей упрессовки опилок во впадине при ее значительном заполнении.

Значительных разрушений дна и стенок пропила в этом случае не наблюдается. Наиболее характерная черта этого периода резания — продольная усадка опилок

$$Y = \frac{s_p - s'_p}{s_p} \cdot 100\%,$$

где s_p — путь зуба в древесине, мм;

s'_p — длина ленты опилок при этом, мм.

С целью определения величины усадки опилок были проведены исследования*, результаты которых представлены в табл. 1.

Во втором случае резания опилки настолько уплотняются в междузубной впадине, что препятствуют не только поступлению во впадину новых порций опилок, но и их образованию. Это особенно хорошо видно на фотографиях процесса стружкообразования при движении зуба с малой скоростью на установке типа «Шепинг» (рис. 1, а при высотах пропила 150 и 200 мм).

* Исследования выполнены при участии В. Стукалова.

Таблица 1

Опыт	Условия опыта	Результаты обработки				
		M, %	σ , %	ν , %	m, %	p, %
Зависимость усадки опилок от подачи на зуб, мм	$U_z = 1,0$ мм	26,17	$\pm 5,89$	23,10	1,86	7,31
	$U_z = 1,5$ мм	29,67	$\pm 6,19$	21,84	1,96	6,93
	$U_z = 2,0$ мм	33,29	$\pm 4,74$	14,70	1,50	4,66
Зависимость усадки опилок от переднего угла, град	$\gamma = 25^\circ$	18,3	$\pm 4,08$	22,3	0,92	5,02
	$\gamma = 20^\circ$	21,2	$\pm 4,18$	19,8	0,94	4,43
	$\gamma = 15^\circ$	27,3	$\pm 5,46$	20,0	1,22	4,50
	$\gamma = 10^\circ$	42,2	$\pm 6,96$	16,5	1,56	3,71
Зависимость усадки опилок от скорости резания, м/сек	$V \rightarrow 0$ м/сек	3,33	$\pm 4,74$	14,7	1,50	4,66
	$V = 0,4$ м/сек	29,3	$\pm 2,35$	8,03	0,75	2,54
	$V = 2,0$ м/сек	15,24	$\pm 2,31$	17,7	0,73	5,58
	$V = 3,3$ м/сек	13,07	$\pm 3,05$	20,0	0,97	6,35
	$V = 4,4$ м/сек	7,06	$\pm 2,10$	29,8	0,67	9,40
Зависимость усадки опилок от содержания поздней древесины, %	$m = 27,3\%$	39,1	$\pm 4,58$	11,7	1,45	3,72
	$m = 29,8\%$	33,3	$\pm 4,74$	14,7	1,50	4,66
	$m = 32,2\%$	27,3	$\pm 5,46$	20,0	1,22	4,50

По данным первого этапа исследований можно отметить следующее:

после выхода опилок из зоны резания их продольная усадка колеблется в пределах 7,06—42,2%;

при резании происходит изгиб волокон дна пропила по ходу движения зубьев пилы, увеличивающийся по мере уплотнения опилок в междузубной впадине;

изгиб волокон вызывает образование трещин и вырывов их из дна и стенок пропила;

уплотненные во впадине опилки скользят по поверхности дна пропила, прекращая организованное стружкообразование, располагаясь примерно до линии, проведенной из вершины зуба под углом 80° к передней грани;

«утечки» опилок в зазоры между стенками пропила и полотном пилы в момент резания не наблюдалось; при холостом ходе опилки более или менее постоянно проникают в эти зазоры; однако считать это явление утечкой опилок, по нашему мнению, неправильно.

Если первый этап исследований позволил получить лишь данные фоторегистрации процесса стружкообразования, то второй этап, подтвердив значительные изгиб и разрушение дна и стенок пропила с ростом уплотнения опилок в междузубной впадине, привел к получению количественных и качественных показателей этого процесса (рис. 2).

Вскрытие пропила показало, что явное резание без значительного изгиба волокон при $U_z = 1,0$ мм прекращается на пути 300 мм, при $U_z = 1,5$ мм — на пути 200 мм и при $U_z = 2,0$ мм — на пути 150 мм. Это соответствует моменту выравнивания плотности опилок во впадине под воздействием поступающих в нее опилок и уплотнению их в зоне резания, то есть $\alpha_{упл} = 0,80 \div 0,85$ ($\alpha_{упл}$ — коэффициент уплотнения опилок; находят его из отношения объема спрессованных во впадине опилок к объему древесины, превращенной в опилки).

После этого резание почти прекращается. Дно пропила при этом состоит из сильно отогнутых и спрессованных волокон, часть из которых надорвана в толще распиливаемого материала. Это предварительное разрушение дна пропила сильно изменяет фракционный состав опилок, увеличивая долю опилок больших размеров по длине. Опилки при этом представляют собой массу сильно измятых, длинных и рваных волокон

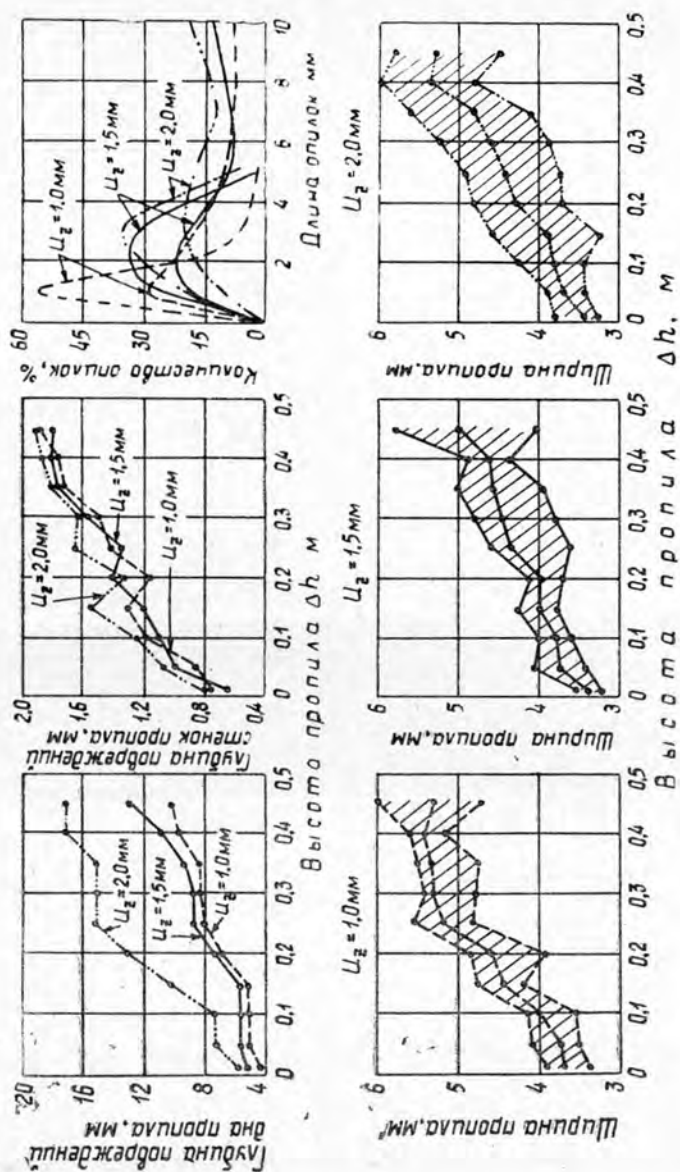


Рис. 2. Влияние высоты пропила на отдельные параметры процесса рамного пиления.

по сравнению с прямоугольными опилками, получаемыми при распиловке с $\alpha_{\text{упл}} < 0,80 \div 0,85$.

При всех исследуемых подачах на зуб междузубная впадина полностью не заполнялась опилками. Коэффициент заполнения впадины был примерно одинаковым

$$\beta_{\text{зап}} = \frac{F'_{\text{вп}}}{F_{\text{вп}}} = 0,70 \div 0,75,$$

где $F_{\text{вп}}$ — боковая поверхность всей впадины, мм^2 ;

$F'_{\text{вп}}$ — боковая поверхность впадины, заполненной опилками, мм^2 .

При любых параметрах зубьев опилки сначала заполняют дно впадины ближе к передней грани. Это подтверждает выводы М. Н. Ор-

дова и А. Э. Грубе о нецелесообразности увеличения шага зубьев при равной распиловке. Предпочтительны впадины с максимально возможными значениями радиуса закругления дна и высоты зубьев, обеспечивающие наилучший отвод и размещение опилок при соблюдении оптимальных жесткостных параметров.

Нами были взвешены опилки, помещавшиеся во впадине за полный рабочий ход зуба. При подачах на зуб 1,0; 1,5; 2,0 мм вес их соответственно равнялся 0,98; 1,10; 1,28 г. Исходя из наблюдаемого коэффициента заполнения впадины при $U_z = 1,0$ мм коэффициент уплотнения опилок $\alpha_{\text{упл}}$ составлял $0,54 \div 0,58$, при $U_z = 1,5$ мм $\alpha_{\text{упл}} = 0,48 \div 0,51$ и при $U_z = 2,0$ мм $\alpha_{\text{упл}} = 0,41 \div 0,44$.

Коэффициент уплотнения опилок определяли из выражения

$$\alpha_{\text{упл}} = \frac{V_{\text{вп}}}{V_{\text{др}}} = \frac{F_{\text{вп}} \cdot \beta_{\text{зап}} \cdot B \cdot \gamma_0}{G},$$

где $V_{\text{др}} = \frac{G}{\gamma_0}$ — объем древесины, превращенной в опилки и находящейся во впадине, см^3 ;

G — вес опилок во впадине, г;

γ_0 — объемный вес распиливаемой древесины, $\text{г}/\text{см}^3$;

$V_{\text{вп}}$ — объем впадины, заполненной опилками, см^3 ;

$F_{\text{вп}}$ — боковая поверхность всей впадины, см^2 ;

B — ширина пропила, см ;

$\beta_{\text{зап}}$ — коэффициент заполнения впадины.

Этот расчет произведен из условия равномерного уплотнения опилок по всему занятому объему впадины. При анализе же заполнения впадин, по данным фоторегистрации процесса стружкообразования, нами была отмечена значительная упрецовка опилок в зоне, прилегающей к вершине зуба, при некотором падении в направлении к основанию (дну) впадины и полным исчезновением упрецовки у задней грани предыдущего зуба. Разность коэффициентов уплотнения при разных подачах на зуб, по всей видимости, объясняется быстрее достигнутым максимумом при малых подачах. К тому же слой древесины, превращающийся в опилки, легче проскальзывает под главной режущей кромкой не срезанным. Несмотря на значительную упрецовку опилок во впадине, их утечки после вскрытия пропила не обнаружено.

При изучении процесса удаления опилок из пропила и из междузубной впадины до сих пор является спорным вопрос о наличии или отсутствии утечки опилок из впадины при их транспортировке по пропилу за рабочий ход пил. Во всех наших опытах организованной утечки опилок не обнаружено. Наличие на стенках пропила единичных, не связанных с ними волокон, носит случайный характер.

Можно предположить, что первая лента опилок, расположенная на передней грани, и последующие, находящиеся на предыдущих гранях, играют роль барьера, исключающего утечку.

УДК 674.023.001

АНАЛИЗ ВИБРАЦИОННОГО БЕССТРУЖЕЧНОГО РЕЗАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ

П. М. МАЗУРКИН

Марийский политехнический институт

На основе анализа известных способов вибрационного резания древесины без образования опилок вдоль волокон установлены теоретические соотношения и объяснена возможность устранения опережающих трещин. Для этого рекомендуется использовать круговые колебания, позволяющие получить высокие скорости резания.

При вибрационном резании древесины используют быстроменяющиеся по направлению скорости резания. В данной работе анализируем процесс деления древесины и объясняем увод режущей пластинки от заданного направления, что было замечено при продольном резании заготовок [5], [8], [9], [11].

Пусть инструмент совершает гармонические колебания следующего вида

$$x = a \sin 2\pi f\tau, \quad (1)$$

где a — амплитуда колебаний, м;
 f — частота колебаний, гц;
 τ — время, с.

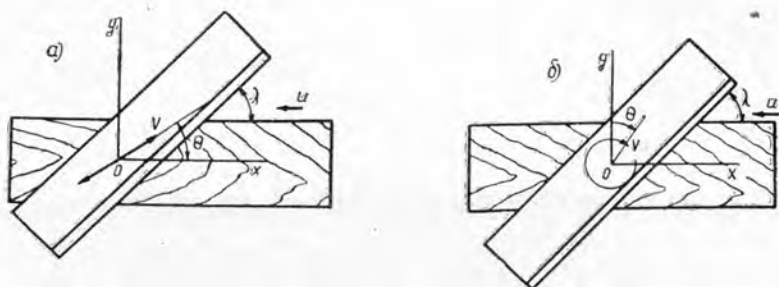


Рис. 1. Схемы вибрационного резания древесины.

a — при направленных колебаниях; b — при круговых колебаниях.

Скорость движения пластинки (рабочая скорость)

$$v = \frac{dx}{d\tau} = 2\pi a f \cos 2\pi f\tau. \quad (2)$$

При наличии кинематического угла встречи между скоростью подачи заготовки u и рабочей скоростью v (рис. 1, a) получим уравнение траектории пластинки в параметрическом виде

$$\begin{aligned} x &= u\tau + a \cos \theta \sin 2\pi f\tau; \\ y &= a \sin \theta \sin 2\pi f\tau. \end{aligned} \quad (3)$$

Скорость резания по теореме косинусов

$$W = \sqrt{u^2 + 4\pi^2 a^2 f^2 \cos^2 2\pi f\tau + 4\pi a f u \cos \Theta \cos 2\pi f\tau}. \quad (4)$$

В общем случае режущий инструмент имеет угол наклона λ по отношению к скорости подачи. При $\lambda = \Theta$ колебания совершаются вдоль инструмента, а при $\lambda = \Theta + \frac{\pi}{2}$ — поперек него.

На рис. 1, а изображена схема вибрационного резания древесины с использованием направленных колебаний. Возможно колебательное движение и при плоско-параллельном круговом движении (рис. 1, б).

При круговой вибрации кинематический угол все время меняется; определяем его из выражения

$$\Theta = 2\pi f\tau. \quad (5)$$

Подставив выражение Θ из уравнения (5) в равенство (4), получим

$$W = \sqrt{u^2 + 4\pi a f \cos^2 2\pi f\tau (u + \pi a f)}. \quad (6)$$

Выражение (5) показывает, что кинематический угол встречи совершает полный оборот при $\tau = T$ (где T — период колебания). Величина $\Theta = 0$ в случае совпадения колебания с направлением оси x .

Схема круговой вибрации имеет преимущества, так как дебаланс вращающегося эксцентрика легче уравнивается по сравнению с направленными колебаниями. Поэтому можно использовать высокие частоты колебаний, что имеет, как известно, важное значение для устранения опережающих трещин при продольном вибрационном резании.

Рассмотрим некоторые частные случаи схемы (рис. 1, а). Случай $\lambda = \Theta = \frac{\pi}{2}$ характеризует вибрационную установку С. А. Воскресенского [5]; при этом уравнение движения

$$y = a \sin 2\pi f \frac{x}{u}, \quad (7)$$

а уравнение скорости резания

$$W = \sqrt{u^2 + 4\pi^2 a^2 f^2 \cos^2 2\pi f\tau}. \quad (8)$$

Если $\lambda = \frac{\pi}{2}$, $\Theta = 0$, то этот случай соответствует установкам Ф. М. Манжоса [2] и Р. Ш. Бакиева [1] для вибрационного резания. Уравнение движения

$$x = u\tau + a \sin 2\pi f\tau; \quad y = 0, \quad (9)$$

а уравнение скорости резания

$$W = u + 2\pi a f \cos 2\pi f\tau. \quad (10)$$

Некоторые экстремальные значения уравнения (10) получены А. А. Соловьевым [10].

В металлообработке вибрационное резание известно с 1910 г. [4]. Установлено, что для интенсификации резания металлов перспективно использовать ультразвуковые колебания с малыми амплитудами. С применением вибраций уменьшаются усилия и температура резания, повышается чистота обработки. Колебания инструмента при совпадении с направлением резания обеспечивают наибольший эффект снижения усилий резания и повышения обрабатываемости [3].

Известно, что наиболее эффективное вибрационное резание осуществляется при периодическом контакте передних праней зуба с дном

пропила. Для случая $\Theta = 0$ это условие соблюдается при $u < 2\pi a f$ (где $2\pi a f = v_{max}$ соответствует максимальному значению рабочей скорости). Отсюда следует, что как при пилении древесины, так и при вибрационном резании отношение рабочей скорости к скорости подачи имеет немаловажное значение. На практике при распиловке древесины круглыми пилами отношение $\frac{v}{u}$ не меньше 20. Поэтому, учитывая, что $v_{cp} = \frac{v_{max}}{2}$, получим

$$\pi a f \geq 20u \text{ или } f \geq \frac{6u}{a}. \quad (11)$$

Выражение (11) позволяет определить минимальную частоту колебаний при заданной скорости подачи и амплитуде колебаний. Это неравенство вполне удовлетворяет параметрам режима резания существующих лесопильных рам. При бесстружечном резании соблюдение этого условия позволяет избежать образования опережающих трещин при продольной распиловке. Еще П. В. Денфер показал, что для лучшей работы режущего инструмента отношения $\frac{v}{u}$ должны быть равны 50—250. Поэтому потребная величина частоты колебаний имеет высокие значения. В этом случае

$$f = (50 \div 250) \frac{u}{\pi a}. \quad (12)$$

С увеличением отношения $\frac{v}{u}$ чистота поверхности улучшается. Определим максимальное и минимальное значения скорости резания при вибрационном резании древесины с направленными колебаниями (рис. 2, а). Последние в каждом цикле колебания имеют две мертвые точки А и В, в которых рабочая скорость равна нулю. В этих точках, в каких бы положениях они относительно углов Θ и λ ни находились, скорость резания равна скорости подачи и является минимальной величиной. Отсюда следует, что выводы А. А. Соловьева несколько неточны, так как учитывают только максимальные и средние значения рабочей скорости. Для различных Θ

$$\begin{aligned} W_1 = W_{max} &= u + 2\pi a f; \\ W_3 &= u - 2\pi a f; \\ W_2 = W_4 = W_{min} &= u. \end{aligned} \quad (13)$$

где W_1, W_2, W_3, W_4 — значения скорости резания при четырех положениях ножа через каждые 90° для одного цикла колебания.

Отсюда следует, что при $W_{min} = u$ в случае вибрационного резания вдоль волокон с направленными колебаниями опережающие трещины не устраняются, так как скорость подачи на практике мала.

При круговых вибрациях все точки режущего инструмента имеют одинаковую рабочую скорость

$$v = 2\pi a f \text{ или } v = \omega a, \quad (14)$$

где $\omega = \text{const}$.

В этом случае скорость резания имеет наибольшие изменения, поэтому вибрационный станок превращается в станок с эксцентрично вращающимся инструментом. Последний совершает плоско-параллельное движение; из рис. 2, б получим

$$W = \sqrt{u^2 + v^2 + 2uv \cos \Theta}. \quad (15)$$

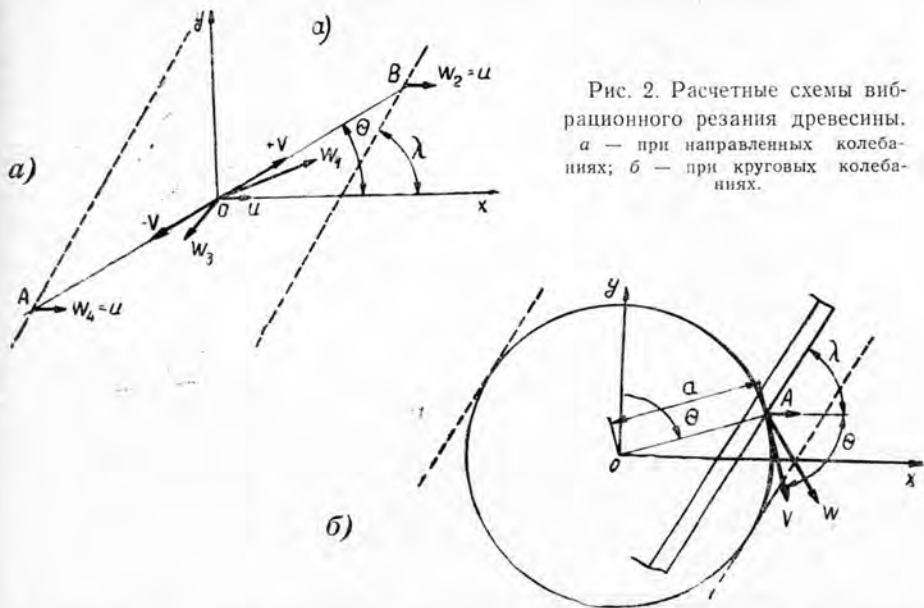


Рис. 2. Расчетные схемы вибрационного резания древесины. а — при направленных колебаниях; б — при круговых колебаниях.

Формула (15) показывает, что при круговых колебаниях вибрационное резание по кинематике равносильно пиленю древесины круговыми пилами, что доказывает целесообразность использования уравнения (11). В соответствии с выражением (12) получим

$$\omega = (50 \div 250) \frac{u}{a}. \quad (16)$$

Ранее нами были проведены опыты по бесстружечному резанию древесины зубчатыми дисками [6], [7]. Каждый зуб инструмента выполняет роль режущей пластинки, поэтому количество взаимодействий всех зубьев с дном пропила можно сравнить с частотой воздействия плоского ножа. Частота воздействия

$$f = \frac{v}{t} = \frac{zv}{2\pi R}. \quad (17)$$

Отсюда следует, что основной фактор, влияющий на устранение опережающих трещин, — рабочая скорость. С увеличением v релаксационные свойства древесины резко изменяются, упругие деформации не успевают восстанавливаться и связь между волокнами не успевает разрушаться впереди режущей кромки. Для вибрационного резания с использованием направленных колебаний, как было показано, скорость резания в мертвых точках движения инструмента равна скорости подачи заготовки древесины. Поэтому при практически используемых частотах вибрации трудно получить направленный рез.

В наших опытах рабочая скорость изменялась в пределах 10—120 м/с. В этом диапазоне не было замечено увода инструмента из-за анизотропии древесины и опережающих трещин не наблюдали. Были проведены многочисленные опыты при следующих параметрах инструмента: $D = 360$ мм, $z = 60$ шт. Согласно формуле (17), частота воздействий равна 0,3—3 кгц. С возрастанием этого параметра качество обработки значительно повышается.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Р. Ш. Бакиев. О некоторых закономерностях вибрационного резания древесины. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1959. [2]. Безопилочное деление древесины с использованием вибраций. Отчет НИСа 383. МЛТИ, М., 1956. [3]. Вибрационное резание металлов. Сборник статей. Научн. ред. В. С. Камалов и др., ЦИНТИМАШ, М., 1962, стр. 62. [4]. А. М. Даниелян, Ю. А. Грицаенко. Вибрационное резание. Журн. «Станки и инструмент» № 6, 1962. [5]. Изыскание способов продольного пиления древесины с уменьшением ширины пропила не менее чем в два раза. Отчет НИСа, 727. МЛТИ, М., 1966. [6]. П. М. Мазуркин. О бесстружечном резании древесины. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1971. [7]. П. М. Мазуркин. Исследование продольного бесстружечного резания древесины зубчатыми дисками. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 1974. [8]. Ф. М. Манжос. Вибрационное резание древесины. Тезисы докладов научно-технической конференции. МЛТИ, М., 1956. [9]. В. А. Смирнов. К вопросу построения теории резания древесины вибрационным методом. Научные труды № 3 Львовского лесотехнического института, 1957. [10]. А. А. Соловьев. Кинематика вибрационного резания. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 6, 1962. [11]. Д. И. Шилькрут. О вибрационной механической обработке пластических материалов. ДАН СССР, т. 107, № 2, 1956.

Поступила 4 мая 1973 г.

УДК 674.093.2 : 382.6

О РАЗМЕРАХ ЭКСПОРТНЫХ ОБРЕЗНЫХ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ, ДАЮЩИХ НАИБОЛЬШИЙ ЦЕННОСТНЫЙ ВЫХОД, ПРИ ВЫРАБОТКЕ ИХ ИЗ НЕОБРЕЗНЫХ

В. С. ШАЛАЕВ

Московский лесотехнический институт

Обоснована возможность увеличения ценностного выхода экспортных пиломатериалов при выработке их из необрезных.

Стоимость экспортных пиломатериалов в действующих оптовых ценах

$$S = V_0 \cdot C, \quad (1)$$

где V_0 — объем выработанных обрезных пиломатериалов, m^3 ;
 C — оптовая цена 1 m^3 экспортных пиломатериалов (согласно прейскуранту № 07-04 «Оптовые цены на лесопродукцию экспортную и импортную» 1967 г. [2]).

В общем случае объем обрезной доски при выработке ее из необрезной

$$V_0 = b \cdot l \cdot m, \quad (2)$$

где b — ширина обрезной доски;
 l — длина обрезной доски;
 m — толщина обрезной доски.

Из теории раскроя пиловочного сырья [3] известно, что при выработке обрезных досок из необрезных

$$b_{\text{опт}} = \frac{b_k}{\sqrt{3}} = 0,577b_k = 0,577\sqrt{D^2 - 4a^2}, \quad (3)$$

где $b_{\text{опт}}$ — оптимальная ширина обрезной доски при выработке ее из необрезной;
 b_k — ширина наружной пласти необрезной доски в комлевом сечении;

D — диаметр бревна в комлевом сечении;
 a — расстояние от центра торца бревна до рассматриваемой пласти;

$$b_k = \sqrt{D^2 - 4a^2}; \quad (4)$$

$$l_{\text{опт}} = \frac{2}{3} l_{\text{пар}} = \frac{2}{3} L \cdot \frac{D^2 - 4a^2}{D^2 - d^2}, \quad (5)$$

здесь $l_{\text{опт}}$ — оптимальная длина обрезной доски при выработке ее из необрезной;

$l_{\text{пар}}$ — высота параболы;

d — диаметр бревна в вершинном сечении;

L — длина бревна;

$$l_{\text{пар}} = L \cdot \frac{D^2 - 4a^2}{D^2 - d^2}. \quad (6)$$

Известно также, что при выработке обрезных досок из необрезных расстояние от вершины параболы до сечения шириной b

$$h' = L \cdot \frac{b^2}{D^2 - d^2}, \quad (7)$$

тогда длина обрезной доски

$$\begin{aligned} l &= l_{\text{пар}} - h' = L \cdot \frac{D^2 - 4a^2}{D^2 - d^2} - L \cdot \frac{b^2}{D^2 - d^2} = \\ &= \frac{L}{D^2 - d^2} \cdot (D^2 - 4a^2 - b^2). \end{aligned} \quad (8)$$

В этом случае

$$V_o = \frac{L \cdot b \cdot m}{D^2 - d^2} \cdot (D^2 - 4a^2 - b^2). \quad (9)$$

Для заданной толщины m максимально возможный объем обрезной доски

$$V_{o \text{ max}} = b_{\text{опт}} \cdot l_{\text{опт}} \cdot m. \quad (10)$$

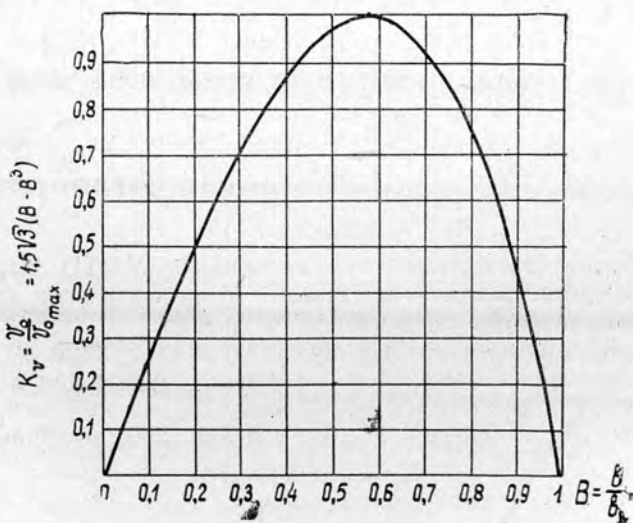


Рис. 1.

Подставляя в уравнение (10) выражения для $b_{\text{опт}}$ и $l_{\text{опт}}$ из равенств соответственно (3) и (5), получим

$$V_{0 \max} = \frac{2}{3\sqrt{3}} \cdot L \cdot \frac{(D^2 - 4a^2) \sqrt{D^2 - 4a^2}}{D^2 - a^2} \cdot m. \quad (11)$$

Очевидно, если изменить ширину или длину обрезной доски, вырабатываемой из необрезной, по сравнению с оптимальными значениями, то объемный выход V обрезной пилопродукции уменьшится. Величину уменьшения показывает коэффициент

$$K_v = \frac{V_0}{V_{0 \max}} = 1,5 \sqrt{3} (B - B^3), \quad (12)$$

$$\text{где } B = \frac{b}{b_k} = \frac{b}{\sqrt{D^2 - 4a^2}}. \quad (13)$$

Кривая изменения коэффициента K_v показана на рис. 1.

Стоимость экспортных пиломатериалов в действующих оптовых ценах зависит от оптовой цены 1 м³ [1], которая для досок одинаковой толщины, в свою очередь, зависит от размеров (длины и ширины) обрезных досок. Например, по ТУ № 13-02-04—67 для экспортных пиломатериалов хвойных пород, бессортных, длиной 2,7 м и выше оптовая цена 1 м³ тем больше, чем шире доски.

Очевидно, при выработке обрезных пиломатериалов на экспорт из необрезных следует учитывать не только объемный выход, но и оптовую цену 1 м³ пилопродукции. В связи с этим, принимая во внимание стоимость пиломатериалов, в ряде случаев более выгодно вырабатывать из необрезных обрезные доски большей ширины, чем $b_{\text{опт}}$, дающей максимальный объем $V_{0 \max}$.

Это положение справедливо, если при увеличении ширины обрезной доски от $b_{\text{опт}}$ до b уменьшение за счет этого объема обрезной пилопродукции компенсируется возрастанием оптовой цены 1 м³. В этом случае произведение коэффициента K_v (12) на коэффициент увеличения оптовой цены K_c

$$K_v \cdot K_c > 1 = K, \quad (14)$$

$$K_c = \frac{C}{C_{\text{опт}}}; \quad (15)$$

где $C_{\text{опт}}$ и C — оптовая цена 1 м³ пиломатериалов шириной $b_{\text{опт}}$ и b соответственно.

Подставив выражение для K_v из равенства (12) в уравнение (14), получим

$$1,5 \sqrt{3} (B - B^3) \cdot K_c > 1. \quad (16)$$

На кафедре технологии пиломатериалов МЛТИ были проведены расчеты, подтверждающие высказанное предположение для досок, вырабатываемых из параболической зоны бревна.

Например, для экспортных пиломатериалов хвойных пород (ель, пихта) бессортных, длиной 2,7 м и выше, I группы цен в случае выработки обрезных досок толщиной 16 мм (22) и шириной $b = 125$ мм (225) вместо досок шириной $b_{\text{опт}} = 115$ мм (200) получаем

$$K_v = 0,991 (0,978);$$

$$K_c = 1,073 (1,160);$$

$$K = 1,063 (1,134).$$

В скобках приведены значения для лесоматериалов из сосны, кедра, лиственницы.

В целом результаты расчетов позволяют сделать следующий вывод.

Если при выработке экспортных обрезных пиломатериалов хвойных пород, бессортных, длиной 2,7 м и выше по ТУ № 13-02-04—67 из необрезных досок оптимальная ширина равна 115, 140, 160, 175, 200, 225 мм, то экономически целесообразно при существующей системе оптовых цен принять ширину обрезной доски равной ближайшему большему значению, то есть соответственно 125, 150, 175, 200, 225, 250 мм. При этом стоимость вырабатываемых на экспорт пиломатериалов в действующих оптовых ценах может увеличиться на 5—10% по сравнению со стоимостью в случае выработки досок оптимальных размеров.

Для пиломатериалов из древесины сосны, кедра, лиственницы этот вывод справедлив и в случае $b_{\text{опт}} = 150$ мм. Если оптимальная ширина равна 150 мм, то с точки зрения действующих оптовых цен выгодно ширину вырабатываемой обрезной доски принять равной 175 мм.

Аналогичный вывод можно сделать по результатам расчетов для экспортных пиломатериалов хвойных пород IV и V сортов, длиной 2,7 м и выше (ТУ № 13-02-04—67). Если оптимальная ширина равна 115 или 140 мм, то эффективно, с учетом действующих оптовых цен, ширину вырабатываемой обрезной доски принять соответственно равной 125 или 150 мм. По результатам расчетов можно сделать также вывод, что для существующих оптовых цен 1 м³ пиломатериалов за пределами пифагорической зоны [1] при выработке обрезных досок из необрезных всегда экономически невыгодно вырабатывать бессортные шириной 115, 140, 160 мм, а IV—V сорта — шириной 115, 140 мм.

Аналогичные расчеты можно сделать и для экспортных пиломатериалов хвойных пород черноморской сортировки (ГОСТ 9302—59).

ЛИТЕРАТУРА

[1]. П. П. Аксенов. Теоретические основы раскроя пиловочного сырья. Гослесбумиздат, 1960. [2]. Прейскурант № 07-04. Оптовые цены на лесопroduкцию экспортную и импортную. Прейскурантгиз, М., 1967. [3]. Д. Ф. Шапиро. Лесопильно-строгальное производство. Гослестехиздат, 1935.

Поступила 8 апреля 1974 г.

УДК 674.815-41

ФАКТИЧЕСКАЯ ПЛОЩАДЬ КОНТАКТА И ОБЪЕМ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ОБЛИЦОВКЕ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ ТЕРМОПЛАСТАМИ

А. А. ФИЛОНОВ

Воронежский лесотехнический институт

Приведена методика расчета фактической площади контакта и объема поверхности древесностружечных плит. Поверхность древесностружечных плит моделируется в виде набора конусов, расположенных на разных высотах. В качестве основных параметров, определяющих микрогеометрию плит, приняты параметр кривой опорной поверхности, половина угла при вершине конуса, максимальная высота выступа.

Прочность адгезионных связей в значительной степени зависит от площади соприкосновения на границе адгезива и субстрата. Фактическая площадь контакта всегда отличается от номинальной вследствие

наличия на склеиваемых поверхностях неровностей, поэтому прочность приклеивания во многом определяется микрогеометрией контактируемых поверхностей.

При облицовке древесностружечных плит термопластическими материалами, а также при грунтовании их горячим способом фактическая площадь контакта формируется в процессе сближения путем раздавливания выступов и заполнения впадин поверхности древесностружечной плиты расплавленным адгезивом (рис. 1). Приблизительно можно считать, что в рассматриваемом случае имеет место контактирование шероховатой поверхности (древесностружечная плита) с абсолютно гладкой твердой поверхностью (полированная прокладка), так как адгезив находится в расплавленном состоянии, и характер формируемой поверхности контакта определяется микрогеометрией твердых контактируемых тел.

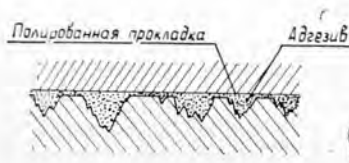


Рис. 1. Формирование площади контакта при облицовке древесностружечных плит термопластами.

Суммарная площадь контакта A_{ϕ} складывается из площади соприкосновения выступов поверхности с полированной прокладкой A_{ϕ_1} и боковых поверхностей впадин A_{ϕ_2}

$$A_{\phi} = A_{\phi_1} + A_{\phi_2}. \quad (1)$$

Величина A_{ϕ_1} зависит от геометрии поверхности и от сближения*, которое, в свою очередь, является функцией параметров режима облицовки (давления, температуры и т. д.). Как функцию сближения величину A_{ϕ_1} можно определить при помощи кривой опорной поверхности.

Кривая опорной поверхности представляет собой кривую зависимости относительной площади контакта от относительного сближения. Относительная площадь контакта

$$\eta = \frac{A_{\phi_1}}{A_a},$$

где A_a — контурная площадь контакта.

В отсутствие волнистости, а также при использовании гибких буферных прокладок контурную площадь можно принять равной номинальной. Относительным сближением назовем отношение сближения a к максимальной высоте неровностей h_m

$$\varepsilon = \frac{a}{h_m}.$$

Продольную и поперечную кривые опорной поверхности строим по продольной и поперечной профилограммам поверхности путем суммирования отрезков, заключенных внутри неровностей тела на разных уровнях, соответствующих определенному сближению. Абсциссы полученных кривых, соответствующие одному и тому же сближению, перемножаем и строим кривую опорной поверхности, учитывающую продольную и поперечную шероховатости. Как показали исследования,

* Под сближением понимают деформацию самого высокого выступа поверхности.

параметры опорной кривой зависят, в основном, от способа обработки поверхности плит.

На рис. 2 приведены характерные кривые опорной поверхности древесностружечных плит для различных способов обработки. Профилограммы образцов плит были получены на профилографе, изготовленном в ВЛТИ, и на профилографе «Калибр 201». Использовали плиты плотностью 600—800 кг/м³, изготовленные на Майкопской МФ «Дружба», Уфимском ФМК, Апшеронском ДОКе, Подрезковском экспериментальном заводе древесностружечных плит, а также импортные плиты «Флексоплан» фирмы «Шенк» и плиты фирмы «Бизон».

Плиты калибровали на калибровочных станках ФШЛ8 (без шлифования) и на рейсмусовых СР-12 и СРБ-6, шлифовали — на трехцилиндровом шлифовальном станке «Михома», ленточно-шлифовальном станке «Коста» и широколенточном шлифовальном станке фирмы «Беэр».

Анализом установлено, что все кривые опорной поверхности с достаточной точностью описываются уравнением вида

$$\eta = \varepsilon^{\nu} [(\nu + 1) - \nu\varepsilon], \quad (2)$$

где ν — параметр кривой опорной поверхности.

При деформации выступов происходят одновременно два процесса: некоторое увеличение сечения выступа за счет его раздавливания и вдавливание всего выступа в основу. В какой-то мере эти процессы компенсируют друг друга, однако при расчете фактической площади контакта необходимо учесть характер контакта.

$$A_{\phi_1} = k A_a \varepsilon^{\nu} [(\nu + 1) - \nu\varepsilon], \quad (3)$$

здесь k — коэффициент, учитывающий характер контакта.

Для пластического контакта $k = 1$, упругого 0,5, упруго-пластического $0,5 < k < 1$ [1].

При определении величины A_{ϕ_2} моделируем поверхность плиты в виде набора конусов, расположенных на различных уровнях. Вначале определим суммарную боковую поверхность недеформированных конусов на любом уровне. Расстояние от вершины самого высокого выступа до рассматриваемого уровня представляет собой сближение a . Расстояние от вершины самого высокого конуса до вершин остальных конусов обозначим через x (рис. 3). Суммарная боковая поверхность выступов на любом уровне

$$A_k = \int_0^n \Delta A_{k_i} dn, \quad (4)$$

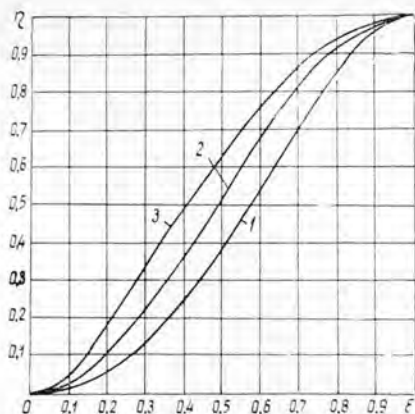


Рис. 2.

1 — калиброванные древесностружечные плиты; 2 — шлифованные плиты с наружным слоем из стружки; 3 — шлифованные плиты с наружным слоем из пылевых частиц.

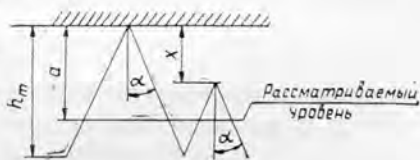


Рис. 3. Модель поверхности древесностружечной плиты.

где ΔA_{k_i} — боковая поверхность единичного конуса;

n — число контактирующих выступов для данного уровня.

Выразим n через параметры кривой опорной поверхности. Для этого величину A_{Φ_1} рассчитаем по аналогичной формуле

$$A_{\Phi_1} = \int_0^n \Delta A_i dn,$$

здесь ΔA_i — площадь единичного пятна соприкосновения выступа с прокладкой;

$$\Delta A_i = k\pi r^2 = k\pi (a - x)^2 \operatorname{tg}^2 \alpha = k\pi h_m^2 (\varepsilon - X)^2 \operatorname{tg}^2 \alpha,$$

где X — относительное значение x .

Учитывая, что при сближении поверхностей фактическая площадь контакта возрастает, в основном, за счет увеличения числа контактирующих выступов [1], [2], зададимся функцией

$$n = X^m (b_1 - c_1 X),$$

здесь b_1, c_1, m — некоторые коэффициенты.

Тогда

$$\begin{aligned} A_{\Phi_1} &= \int_0^n \Delta A_i dn = \int_0^\varepsilon k\pi h_m^2 (\varepsilon - X)^2 \operatorname{tg}^2 \alpha \times \\ &\times [b_1 m X^{m-1} - c_1 (m+1) X^m] dX. \end{aligned}$$

Сравнивая полученное после интегрирования выражение с уравнением (3), найдем

$$\begin{aligned} m &= \nu - 2; \quad b_1 = \frac{A_a \nu (\nu^2 - 1)}{2\pi h_m^2 \operatorname{tg}^2 \alpha}; \\ c_1 &= \frac{A_a \nu^2 (\nu + 1)}{2\pi h_m^2 \operatorname{tg}^2 \alpha}; \quad n = \frac{A_a \nu (\nu + 1) X^{\nu-2}}{2\pi h_m^2 \operatorname{tg}^2 \alpha} [(\nu - 1) - \nu X]. \end{aligned} \quad (5)$$

Дифференцируя выражение (5) и подставляя в формулу (4) значение $\Delta A_{k_i} \frac{\pi h_m^2 \operatorname{tg}^2 \alpha (\varepsilon - X)^2}{\cos \alpha}$, после интегрирования получим

$$A_k = \frac{A_a \varepsilon^\nu}{\sin \alpha} [(\nu + 1) - \nu \varepsilon].$$

Суммарная боковая поверхность деформированных конусов равна разности суммарной поверхности конусов на уровне, соответствующем значению $\varepsilon = 1$, и на уровнях, соответствующих текущим значениям ε ,

$$A_{\Phi_s} = \frac{A_a}{\sin \alpha} [1 - \varepsilon^\nu (\nu + 1 - \nu \varepsilon)]. \quad (6)$$

Подставляя выражения (3) и (6) в равенство (1), получим формулу для определения фактической площади контакта

$$A_{\Phi} = \frac{A_a}{\sin \alpha} [1 - \varepsilon^\nu (\nu + 1 - \nu \varepsilon) (1 - k \sin \alpha)]. \quad (7)$$

Параметры кривых опорной поверхности и микропрофилей поверхностей плит в зависимости от способа их обработки приведены в табл. 1.

Таблица 1

Способ обработки поверхности плит	ν	$\bar{\alpha}, ^\circ$	$\bar{h}_m, \text{мк}$
Калибрование торцовыми фрезами	2,5—2,6	77	$\frac{220}{215}$
Калибрование на рейсмусовых станках	2,5—2,6	72—73	$\frac{150-280}{160}$
Шлифование плит с наружным слоем из стружки	1,8—1,9	73—75	$\frac{140-180}{64}$
Шлифование плит с наружным слоем из пылевых частиц	1,5—1,6	77—78	$\frac{43-86}{64}$

Примечание. В числителе средние значения высот неровностей; в знаменателе границы их колебаний. Случайные неровности при этом не учитывали.

В результате обработки профилограмм установлено, что угол α изменяется в довольно узких пределах, причем для калиброванных плит значения α имеют отклонения от среднего значения примерно на 5° , а для шлифованных плит на $2,5-3^\circ$. Следовательно, зная параметры кривых опорных поверхностей и установив экспериментально зависимости относительного сближения от режимных факторов, можно определять фактическую площадь контакта при любых условиях.

На практике для расчета расхода грунтовочных и отделочных материалов необходимо знать объем поверхности, который равен объему пустот, заключенному между плоскостями, проходящими через вершины и впадины неровностей.

Учитывая, что объем поверхности уменьшается при деформации выступов, можно записать

$$V_{\text{пов}} = A_a(h_m - a) - V_B = A_a h_m(1 - \epsilon) - V_B, \quad (8)$$

где V_B — объем выступов;

$$V_B = V_1 - V,$$

здесь V_1 — объем выступов на уровне, соответствующем $a = h_m$ или $\epsilon = 1$;

V — объем выступов на уровне, соответствующем текущему значению ϵ .

Используя вышеприведенную методику расчета, получим

$$V = \int_0^n \Delta V_i dn = \int_0^\epsilon \frac{1}{3} \pi h_m^3 (\epsilon - X)^3 \operatorname{tg}^2 \alpha \times \\ \times \frac{A_a \nu (\nu^2 - 1)}{2\pi h_m^2 \operatorname{tg}^2 \alpha} [(\nu - 2) X^{\nu-3} - \nu X^{\nu-2}] dX.$$

После интегрирования имеем

$$V = A_a h_m \epsilon^{\nu+1} \left(1 - \frac{\nu \epsilon}{\nu+2}\right),$$

отсюда

$$V_1 = \frac{2A_a h_m}{\nu+2};$$

$$V_B = A_a h_m \left[\frac{2}{\nu+2} - \epsilon^{\nu+1} \left(1 - \frac{\nu \epsilon}{\nu+2}\right) \right]$$

Подставив выражение для V_v в уравнение (8), найдем

$$V_{\text{пов}} = A_a h_m \left[1 - \varepsilon - \frac{2}{v+2} + \varepsilon^{v+1} \left(1 - \frac{v\varepsilon}{v+2} \right) \right].$$

Пользуясь полученными выражениями, можно определить необходимую толщину пленок или расход грунтовочных составов.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. В. А. Белый и др. Трение полимеров, М., 1972. [2]. Н. Б. Демкин. Фактическая площадь касания твердых поверхностей, М., 1962.

Поступила 15 октября 1973 г.

УДК 674.213 : 69.025.351.3

К ВОПРОСУ О ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПАРКЕТА С ЛИЦЕВЫМ ПОКРЫТИЕМ ИЗ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ПОЛИМЕТИЛМЕТАКРИЛАТОМ ДРЕВЕСИНЫ

М. С. МОВНИН, А. Н. ЕРОШКИН, Ю. И. ЦОЛ

Ленинградская лесотехническая академия

Исследованы вопросы долговечности паркета с лицевым покрытием из модифицированной полиметилметакрилатом древесины березы методом ускоренного теплового старения. Установлено, что клеевые соединения паркета на основе клеев ВИАМБ-3, КБ-3 обладают достаточной долговечностью, а физико-механические свойства модифицированного древопласта стабильны во времени.

Надежность и долговечность паркетных покрытий, широко применяющихся в жилищном строительстве, — факторы, обуславливающие качество изделия. Долговечность определяется, в основном, стабильностью физико-механических свойств лицевого слоя паркета и клеевого соединения во времени.

Нами были проведены исследования по определению физико-механических свойств модифицированной полиметилметакрилатом березовой древесины и клеевого соединения паркетных досок в процессе старения. Чтобы оценить долговечность паркетных покрытий с лицевым слоем из модифицированного древопласта, их испытывали методом ускоренного теплового старения в аппарате искусственной погоды ИП-1-3 путем термовлажностной обработки.

При испытаниях на старение были приняты во внимание три основных фактора, влияющих на долговечность: световое старение, термостарение и влажность окружающей среды. Во время испытаний паркет нагревали и облучали дуговыми и кварцевыми лампами. Необходимую относительную влажность воздуха в камере поддерживали путем впрыскивания воды в течение 3 мин через каждые 17 мин.

Образцы паркета размером $17 \times 10 \times 2,5$ см склеивали клеями ВИАМБ-3 и КБ-3 и испытывали при температурах 50—90°C в течение 1, 2, 3, 6, 9 и 12 циклов. Продолжительность цикла 8 час.

После термовлажностной обработки образцы выдерживали до достижения 8—10%-ной влажности, затем проверяли их прочностные свойства. В каждом эксперименте повторность контрольных образцов 10-кратная.

Для прогноза долговечности клеевого соединения паркета использовали известную экспоненциальную зависимость скорости процессов

(термодеструкция, диффузия, световое старение, влияние воды на прочность клеевого шва и т. д.), протекающих в клеевом соединении при термовлажностной обработке, от температуры [1]

$$\lg \tau = \lg \frac{1}{k} = \frac{E}{2,3RT} - \lg a,$$

где τ — время изменения прочности клеевого соединения до заданной величины, *сек*;

E — энергия активации, или средняя избыточная энергия молекул, вступающих в элементарный акт реакции, *кал/моль*;

R — универсальная газовая постоянная, *кал/град моль*;

T — абсолютная температура, $^{\circ}\text{K}$;

a — предэкспоненциальный, или частотный фактор, примерно соответствующий частоте колебаний молекул в тепловом процессе, *сек⁻¹*;

k — константа скорости реакции, *сек⁻¹*.

Результаты экспериментальных исследований представлены на рис. 1 и 2.

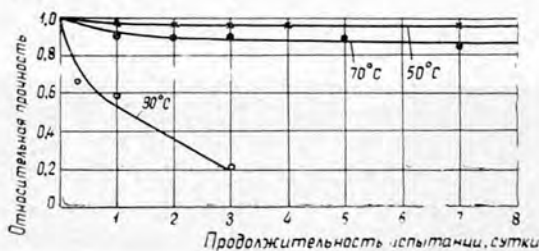
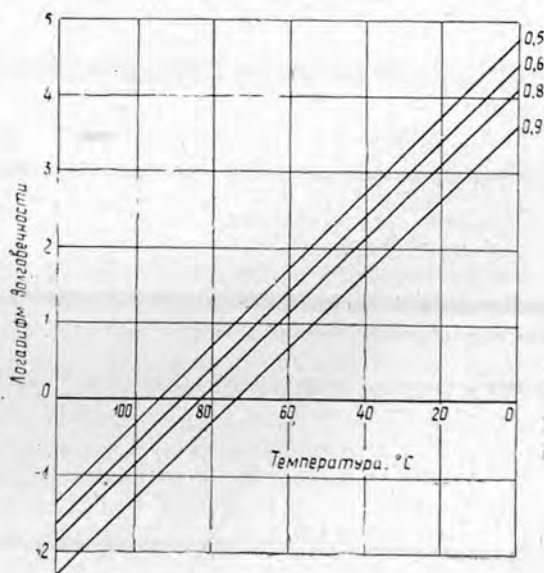


Рис. 1.

На рис. 1 показаны кривые, характеризующие изменение относительной прочности клеевого соединения паркета в процессе старения при различных температурах. Изменение прочности происходит по экспоненциальному закону тем интенсивнее, чем выше температура испытания.

Рис. 2. Зависимость логарифма долговечности клеевого соединения от температуры среды при заданном снижении прочности до 0,5; 0,6; 0,8; 0,9 от первоначальной.



Экстраполируя данные ускоренных испытаний на область температур, близких к нормальной (рис. 2), определяем предполагаемое время снижения прочности до заданной величины (долговечность соединения) в реальных условиях эксплуатации. Прочность клеевых соединений должна снизиться до 0,8 от первоначальной при 20°C примерно через 3 года ($\lg \tau = 3,12$), до 0,6 — через 9 лет ($\lg \tau = 3,49$) и на 50% — через 15 лет ($\lg \tau = 3,75$).

Одновременно с определением долговечности клеевого соединения были исследованы физико-механические свойства лицевого слоя паркета в процессе старения.

Таблица 1

Показатели	Значения показателей						после снятия сосатив-шегося слоя (0,1мм)
	при продолжительности старения, сутки						
	0	1	3	5	10	20	
Плотность, г/см ³	1,16	1,16	1,17	1,17	1,12	1,14	1,17
Суточное влагопоглощение, %	0,75	0,96	1,10	1,11	1,40	1,36	—
Предельное влагопоглощение, %	4,5	4,0	4,2	3,7	5,2	8,2	—
Суточное водопоглощение, %	3,8	3,7	3,9	4,7	4,4	4,6	—
Предельное водопоглощение, %	17,9	16,1	15,8	16,3	17,3	15,2	—
Суточное разбухание, %	2,43	2,40	2,40	2,50	2,40	2,60	—
Предельное разбухание, %	16,4	14,5	13,7	13,0	13,7	12,3	—
Твердость при радиальном направлении волокон, кгс/мм ²	26,1	24,3	22,8	24,9	20,7	13,8	25,8
Износ вдоль волокон							
весовой, мг/см ²	108	108	107	104	105	120	109
объемный, мм ³ /см ²	93,2	93,0	91,0	89,5	94,0	106,0	94,0
линейный, мм	0,932	0,930	0,910	0,895	0,940	1,06	0,94
Износ поперек волокон							
весовой, мг/см ²	141	140	114	120	128	145	140
объемный, мм ³ /см ²	121,0	120,0	98,0	102,3	115,0	127,0	120,7
линейный, мм	1,21	1,20	0,98	1,02	1,15	1,27	1,21

В табл. 1 показано изменение физико-механических свойств модифицированной древесины в процессе старения. Режим старения: температура 50°C; продолжительность цикла 8 час; орошение водой в течение 3 мин через каждые 17 мин. Результаты испытаний представлены также на рис. 3, 4.

Анализ экспериментальных данных показывает относительную стабильность таких свойств древопласта, как плотность и водопоглощение. При термовлажностной обработке модифицированной древесины в течение 5—20 суток суточное и предельное влагопоглощение увеличивается в 1,5—2 раза, что, по-видимому, обусловлено образованием микротрещин на поверхности древопласта в результате деструкции.

Уменьшение показателя твердости (в два раза) и некоторое ухудшение износостойкости также связано со старением поверхностного слоя древесины, вследствие чего увеличиваются рыхлость и количество микротрещин, понижается прочность древопласта.

Для сравнения важнейших эксплуатационных характеристик (твердость и износостойкость) модифицированной древесины после термовлажностной обработки были определены средняя (вдоль и поперек

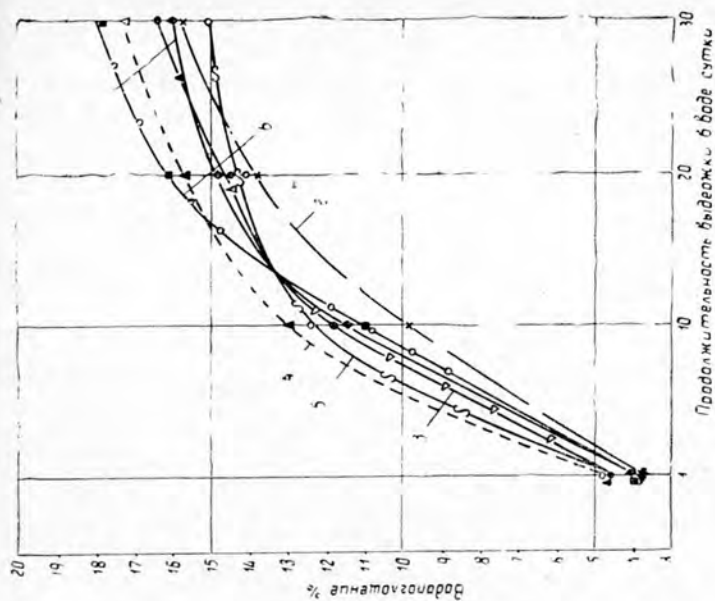


Рис. 4. Кинетика увеличения водопоглощения древесного пласта при различной выдержке в климатической камере.

1 — 1 сутки старения; 2 — 3 суток; 3 — 5 суток; 4 — 10 суток; 5 — 20 суток; 6 — 0 суток старения.

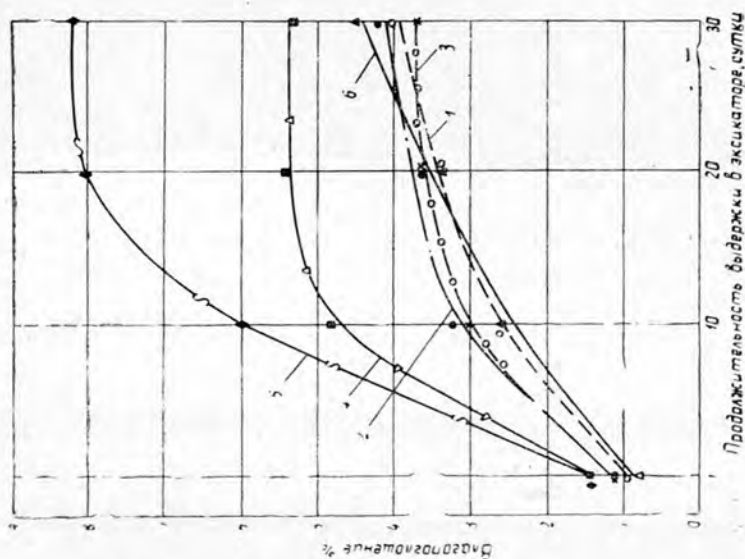


Рис. 3. Изменение водопоглощения модифицированной древесины различной степени термической обработки.

1 — 1 сутки старения; 2 — 3 суток; 3 — 5 суток; 4 — 10 суток; 5 — 20 суток; 6 — 0 суток старения.

волокон) относительная линейная износостойкость и относительная радиальная твердость древесного пласта [2].

За исходную единицу принимали твердость и износостойкость дуба, наиболее часто применяемого в производстве паркета.

Относительную твердость и относительную износостойкость определяли соответственно по формулам

$$\varepsilon_1 = \frac{H_1}{H_2}; \quad \varepsilon_2 = \frac{\Delta h_2}{\Delta h_1},$$

где H_1 — твердость модифицированной древесины, кгс/мм²;
 H_2 — твердость дуба, кгс/мм²;

Δh_2 — средний линейный износ дуба, мм;

Δh_1 — средний линейный износ модифицированной древесины, мм.

Графики средней относительной линейной износостойкости и относительной твердости модифицированной ПММА древесины в зависимости от продолжительности старения представлены на рис. 5.

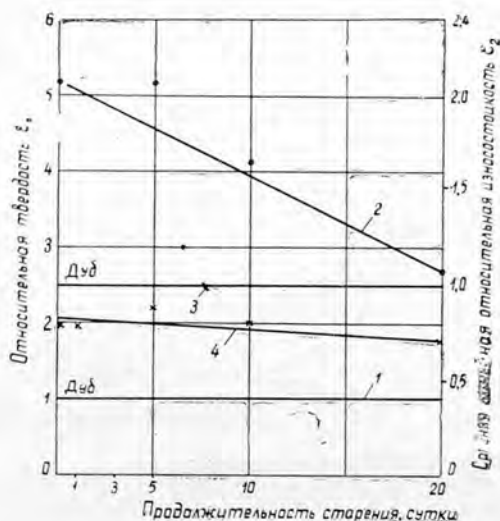


Рис. 5.

1 — относительная твердость дуба; 2 — модифицированной древесины; 3 — средняя линейная относительная износостойкость дуба; 4 — модифицированной древесины.

Анализ кривых показывает, что исходная относительная твердость модифицированной древесины в пять раз выше твердости натурального дуба, а показатель относительной износостойкости древопласта несколько меньше. Это объясняется тем, что авторами был определен абразивный износ, не дающий истинного представления об износостойкости модифицированной древесины в натуральных условиях эксплуатации. В дальнейшем намечены исследования на сконструированной в ЛТА установке, где материал подвергается износу в эксплуатационных условиях.

При термовлажностной обработке в течение 20 суток относительная твердость древопласта снижается в 1,5 раза, а средняя линейная относительная износостойкость изменяется очень незначительно. Несмотря на ухудшение эксплуатационных характеристик, относительная твердость древопласта после 20-суточного ускоренного старения в три раза выше твердости дуба, а линейная относительная износостойкость близка к износостойкости эталона.

Учитывая, что твердость и износ модифицированной древесины после снятия состарившегося в течение 20 суток слоя ($\sim 0,1$ мм) близки к первоначальным данным, можно сделать вывод о стабильности физико-механических свойств древопласта во времени.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. В. М. Хрулев. Долговечность клееной древесины. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1971. [2]. Отчет ЛТА № 1555. Исследование применения малоценных пород древесины для производства паркета. Л., 1967.

Поступила 6 декабря 1973 г.

УДК 634.0.865

ВЛИЯНИЕ АНТИФРИКЦИОННЫХ ДОБАВОК НА НЕСУЩУЮ СПОСОБНОСТЬ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ ИЗ ДРЕВПЛАСТМАССОВЫХ КОМПОЗИЦИЙ

В. И. РОГАЧЕВ

Челябинский политехнический институт

Даны способы улучшения антифрикционных свойств древесно-пластмасс путем введения в пресскомпозицию твердой смазки — дисульфида молибдена. Коэффициент трения поверхностей, покрытых смазочным слоем дисульфида молибдена, мал, и это позволяет создать подшипниковую пару с малыми потерями и выделением тепла. Приведены средние значения удельных давлений и скоростей скольжения для древесно-пластмасс как материала для подшипников.

Древесно-пластмассы на основе отходов березового шпона, пропитанного феноло-формальдегидной смолой, успешно применяются для изготовления подшипников скольжения узлов трения ряда машин и оборудования при средних режимах работы. Древесно-пластмассы имеют высокую прочность, хорошую износоустойчивость и прирабатываемость. Однако им присущи и недостатки, основные из них: малая теплопроводность, повышенный коэффициент трения и, следовательно, ограниченная несущая способность. Поэтому там, где нет возможности обеспечить жидкостное трение, подшипники работают неудовлетворительно, перегреваются и подгорают.

Работоспособность подшипников можно повысить улучшением условий теплоотвода и снижением потерь на трение. Теплопроводность материала — величина заданная, поэтому повысить нагрузочную способность подшипника и снизить потери на трение можно за счет уменьшения толщины стенки подшипника и введения в пресскомпозицию антифрикционных добавок. Опыты показали, что применение пресскомпозиций с добавками металлов (стружка меди, бронзы или алюминия) не оправдано, так как снижается прочность деталей.

Основная причина температурных всплесков, вызывающих местный перегрев и обугливание подшипников, — плохой отвод тепла из зоны трения. При этом во всех случаях температура выше в слоях, близких к зоне выделения тепла, то есть около поверхности трения. С улучшением теплоотвода температура в зоне трения снижается и работоспособность подшипников может быть повышена.

Опыты показали, что коэффициент трения древесно-пластмасс выше, чем многих других подшипниковых материалов (цветные металлы и их сплавы). Коэффициент трения можно снизить смазкой, однако материал из пластмасс имеет низкий модуль упругости, большую площадь прилегания и, следовательно, худшие условия попадания смазки в опасные зоны. При пониженных скоростях скольжения устойчивый масляный клин не образуется, работа протекает в условиях граничного трения и в некоторых зонах возможно трение без доступа смазки.

На практике уже известны пластмассовые подшипники с твердыми присадками — графитом, который снижает коэффициент трения; одна-

ко при повышенном содержании графита подшипники становятся хрупкими, а малые (1—2%) добавки малоэффективны. Применение в качестве присадки дисульфида молибдена позволило увеличить работоспособность подшипника из древлпастмассы. Пленки дисульфида молибдена, полученные натиранием или в виде смазочных покрытий, относительно недолговечны, поэтому предпочтительнее вводить MoS_2 в древлпастмассу при изготовлении.

Смазывающие свойства дисульфида молибдена объясняются особенностями кристаллической решетки. Кристаллы двухсернистого молибдена представляют собой слои атомов молибдена, покрытые с каждой стороны слоями атомов серы. Между атомами молибдена и серы существуют химические прочные связи; связи между отдельными слоями решетки ослаблены и сдвиг одного слоя решетки относительно другого происходит без больших усилий.

Важное свойство дисульфида молибдена — способность создавать на трущихся поверхностях тонкий смазочный слой, причем при любых возможных в подшипниковых узлах давлениях этот слой в зоне трения на поверхности детали сохраняется. Толщина смазочного слоя может быть весьма малой, поэтому даже самые малые дозы дисульфида молибдена в составе пластмассы достаточны, чтобы покрыть всю трущуюся поверхность.

Коэффициент трения поверхностей, покрытых смазочным слоем дисульфида молибдена, низок, и это позволяет создать подшипниковую пару с малыми потерями и выделением тепла. Дисульфид молибдена намного дороже пластмассы, добавка его повышает стоимость подшипника, поэтому необходимо по возможности уменьшить содержание MoS_2 в пластмассе. Целесообразно, чтобы дисульфид молибдена находился в активной зоне пластмассы на такой глубине, до которой возможен износ подшипника. Содержание MoS_2 может быть незначительным — до 1% по весу.

Для экспериментальной проверки влияния дисульфида молибдена на увеличение работоспособности подшипников скольжения из древлпастмасс мы исследовали разъемные подшипники (вкладыши) из следующих материалов: ДПК-30 с содержанием феноло-формальдегидной смолы 28—32% по сухому остатку; ДПК-30М с добавкой медной стружки 5—7%; ДПК-30Г с добавкой графита 5—7% и ДПК-30ДМ с добавкой дисульфида молибдена до 1%. Вкладыши из вышеуказанных материалов испытывали на экспериментальной установке.

Результаты испытаний показаны на рис. 1, 2 и 3, из которых видно, что древлпастмасса с присадкой дисульфида молибдена (ДПК-30ДМ) имеет улучшенные условия теплопроводности и хорошие

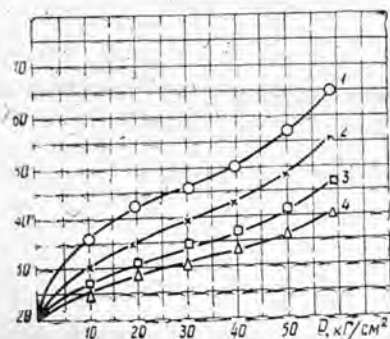


Рис. 1. Зависимость температуры подшипника от удельного давления при скорости скольжения 0,5 м/сек для различных древлпастмасс (смазка — солидол).

1 — ДПК-30; 2 — ДПК-30М; 3 — ДПК-30Г; 4 — ДПК-30ДМ.

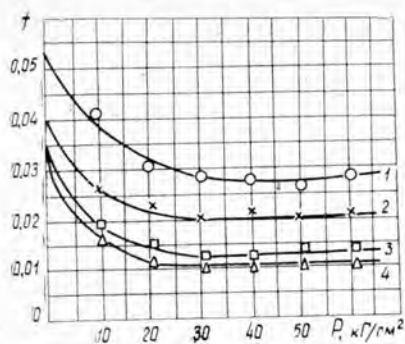


Рис. 2. Зависимость коэффициента трения подшипника от удельного давления при скорости скольжения 1,0 м/сек для различных древлпастмасс (смазка — машинное масло). Обозначения см. на рис. 1.

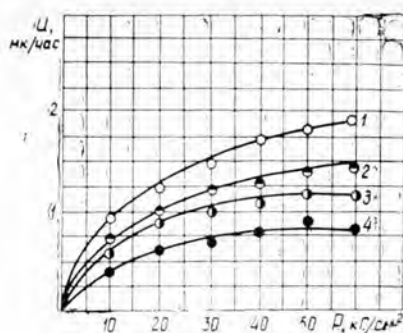


Рис. 3. Зависимость износа подшипника от удельного давления при скорости скольжения 1,0 м/сек (смазка — вода). Обозначения см. на рис. 1.

антифрикционные свойства, меньшие значения коэффициента трения и износа; при этом температура подшипников ниже, чем у ДПК-30.

На основании проведенных опытов для удовлетворительной и надежной работы подшипников скольжения из древлпастмасс можно рекомендовать средние значения удельных давлений и скоростей скольжения (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика смазки	P , кг/см ² V , м/сек		P , кг/см ² V , м/сек	
	для ДПК-30		для ДПК-30ДМ	
Граничная смазка:				
солидол	25	0,5	40—50	0,7
машинное масло	30—35	0,7	50—60	0,8
вода	40—45	1,0	60—70	1,0
Циркуляционная смазка:				
машинное масло	35—45	2	70—80	2
вода	50—60	2—3	90—100	2—3
Сухое трение	4—5	До 0,1	8—10	До 0,2

Проведенные опыты показали, что подшипники из древлпресскрошки с добавками дисульфида молибдена работают значительно лучше и могут выдерживать большие нагрузки и скорости. Замена цветных и других антифрикционных материалов древесной пресскрошкой экономически целесообразна.

Пресскрошка — самый дешевый антифрикционный материал; будучи на 25% дешевле бронзы по абсолютной стоимости она в 6,6 раза легче бронзы; следовательно, из 1 т пресскрошки можно изготовить деталей почти в 8 раз больше. Одна тонна древлпресскрошки может заменить 4,1 т алюминия, или 9,5 т стали, или 8,3 т бронзы.

Трудоемкость изготовления цельнопрессованных изделий из ДПК в 4—6 раз меньше, чем металлических. При этом на смену многопозиционной и многооперационной технологии приходит однопозиционная технология изготовления детали по заданному чистовому размеру.

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 674.87.001.4

ПРОТЕИН ХВОИ СОСНЫ И ЕЛИ
И ВОЗМОЖНОСТЬ ЕГО ВЫДЕЛЕНИЯС. И. ЛАДИНСКАЯ, Г. С. ХУДАШЕВА, О. В. ГРАЦИАНОВА
Ф. А. МЕДНИКОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Исследована возможность выделения витаминно-белковых концентратов из хвойной лапки. Показано, что выделение данных концентратов нужно производить перед обработкой хвойной лапки органическими растворителями. При использовании воды в качестве растворителя удается выделить 30—40% протеинов от их исходного содержания в хвое.

В протеин растений входят белки, аминокислоты, а также амиды, пептиды и прочие азотистые вещества.

Кормовая ценность протеина в разных органах растений неодинакова. Протеин семян, плодов и стеблей различается по составу, свойствам и биологической ценности. В семенах и плодах преобладают запасные протеины, откладываемые растениями для питания зародыша. Это твердые малоактивные вещества, сравнительно устойчивые к различным физико-химическим воздействиям. В листьях и стеблях находятся в полужидком и коллоидном состояниях физиологически весьма активные протеины протоплазмы и ядер клеток.

Преимущества растительных белков: высокая концентрация белка; отсутствие нерастворимых неперевариваемых углеводов, которые образуют в пищеварительной системе неусваиваемые массы; возможность длительного хранения, высокая транспортабельность и др. Выделение белков из растительных материалов оказалось экономически выгодно. Так, по данным Митчелла, белок сои дешевле животного в 6—8 раз, белок травы — в 5 раз. Так как древесная зелень хвойных пород находит все большее применение в качестве сырья для получения различных полезных продуктов, то естественно, что представляет интерес и ее азотсодержащая фракция.

Анализ работ о белковом составе растений как с физико-химической, так и с биохимической точек зрения весьма обширен. И тем не менее мы еще не располагаем полными знаниями о белке многих распространенных растений; к числу малоизученных можно отнести древесную зелень сосны и ели. Отдельные данные о химическом составе хвои не систематизированы, а в области азотсодержащих соединений противоречивы. Так по данным ряда авторов количественное содержание протеина в хвое сосны и ели колеблется от 7,0 до 16,9% [1], [4], [5], что в значительной степени объясняется применением различных методик определения, каждая из которых имеет преимущества и недостатки.

Анализ литературных материалов показал, что при всем разнообразии существующих методов количественного определения белка все они могут быть применены лишь к какому-либо конкретному материалу [2].

Из трех существующих методов определения белковых веществ в хвое мы выбрали метод Кьельдаля, во-первых, потому, что он наиболее точен и, во-вторых, с его помощью определяют содержание всех азотсодержащих соединений белкового и небелкового характера: белков, аминокислот, пептидов, полипептидов и пр.

Нами опробованы различные модификации методики Кьельдаля. Хвою сжигали с концентрированной серной кислотой, используя в качестве катализатора CuSO_4 (в этом случае добавляли еще сернокислый калий или сернокислый натрий для повышения точки кипения) или перекись водорода. Во втором случае получены завышенные результаты. Так, при применении CuSO_4 содержание протеина в нативной хвое сосны равнялось 9—10%, а при использовании перекиси водорода — 11—14%. Кроме того, при употреблении перекиси водорода одинаковые результаты не получались и в случае сжигания одних и тех же образцов растительного материала; содержание протеина колебалось от 8 до 20%. После отработки методики была проведена серия опытов по определению содержания азотистых веществ в хвойной лапке и продуктах ее переработки (табл. 1).

Таблица 1

Материал	Содержание протеина, %, при катализаторе	
	CuSO_4	H_2O_2
Хвоя сосны	9,9; 9,5; 10,2	13,7; 7,2; 11,3
Древесная зелень ели	5,9; 5,8; 6,1	20,6; 8,3; 14,6
Древесная зелень ели после экстракции бензином и водой	4,9; 4,6; 4,9	12,6; 12,5; 7,3

Исследования по определению содержания белковых продуктов в хвое сосны и ели в разное время года показали, что хвоя сосны содержит 10—12% протеина (на абс. сухое сырье), а ели 7—8,5% [6].

Учитывая наличие значительных количеств водорастворимых витаминов и протеина в хвое сосны и ели, а также их совместное присутствие в кормах, следует считать вполне оправданным необходимость выделения витаминно-белковых концентратов из древесной зелени. С целью сохранения витаминов и других биологически активных веществ выделение этих концентратов необходимо производить перед обработкой нативной хвои органическими растворителями, сохраняя в дальнейшем весь существующий комплекс получения жирорастворимых и водорастворимых веществ [3].

Нами предложена схема комплексной переработки хвойной лапки с получением витаминно-белковых концентратов, хлорофиллина натрия, бальзамической пасты, провитаминового концентрата и хвойного лечебного экстракта (рис. 1). По этой схеме концентрат получают на первой стадии технологического процесса. Предварительная экстракция хвойной лапки холодной водой не нарушает уже отработанных в промышленных условиях технологических процессов получения жирорастворимых и водорастворимых биологически активных веществ [7].

Операция экстракции хвойной лапки холодной водой вводится в схему комплексной переработки впервые, поэтому были установлены оптимальные параметры проведения данного процесса. На рис. 2 представлена зависимость перехода протеина в водный экстракт от температуры (кривая 1), времени (кривая 2) и модуля (кривая 3) экстракции. Из опытов по отработке режима водной экстракции хвойной

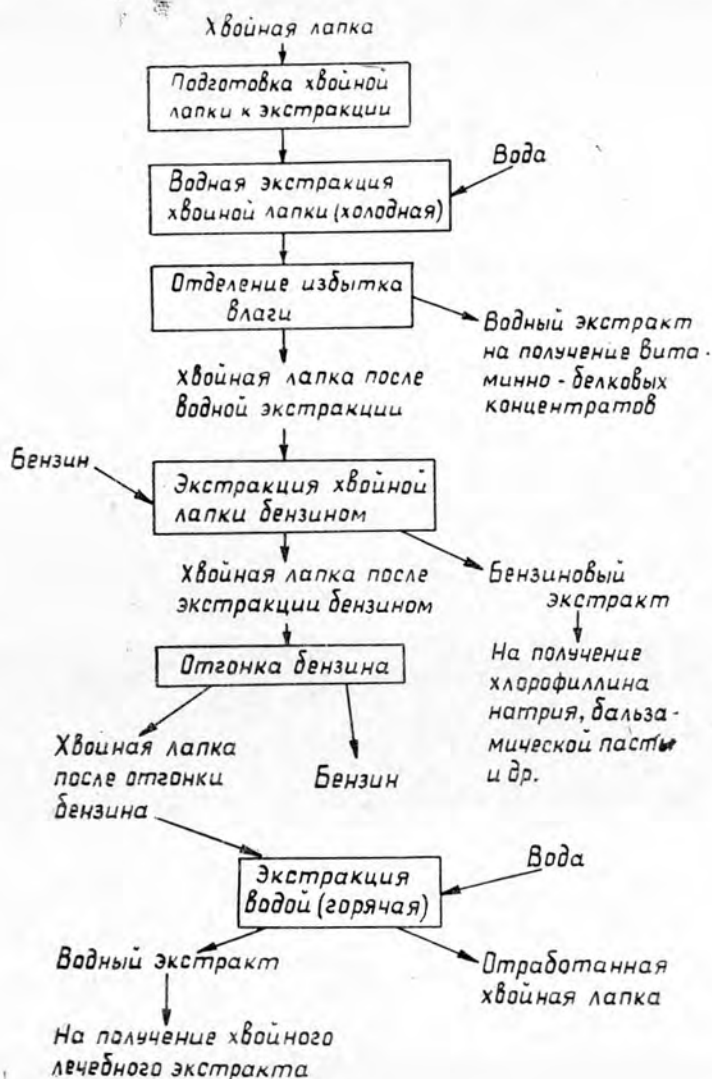


Рис. 1.

лапки с целью извлечения белковых веществ можно заключить, что оптимальными являются следующие условия: модуль 4 л/кг, время 5 час, температура 0—20°C.

Распределение протеина по стадиям технологического процесса, осуществленного по приведенной нами схеме, представлено на рис. 3. В водный экстракт переходит 30—40% протеина от его исходного содержания в хвойной лапке.

Характеристика водного экстракта: содержание сухого остатка 3,0—4,5%; содержание эфирорастворимых веществ в сухом остатке экстракта 5,0—6,5%; содержание витамина С 100—150 мг % на сухое вещество экстракта; содержание моносахаров 20—25 мг % на сухое вещество.

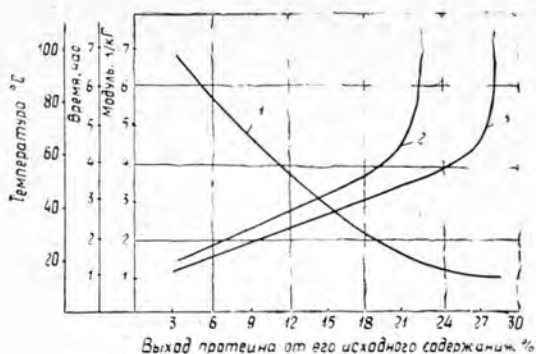


Рис. 2.

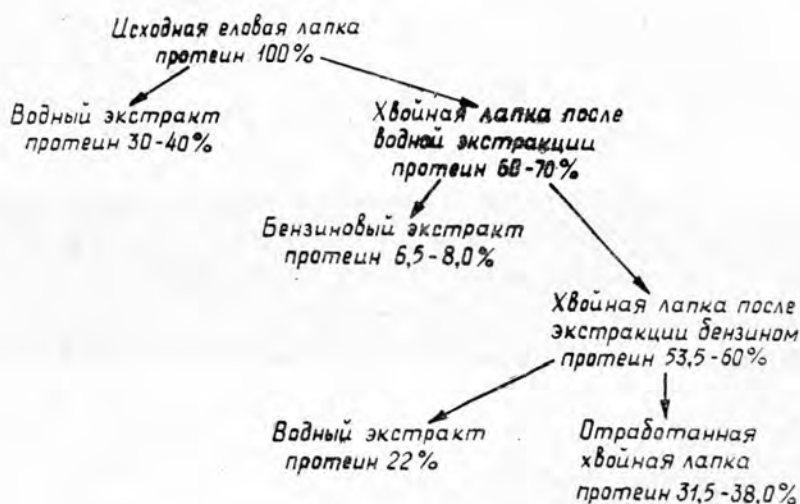


Рис. 3.

Витаминно-белковые концентраты выделяют из экстрактов в виде пасты или порошка; целесообразнее выпускать их в виде порошков для добавления в пищевые и кормовые продукты.

Проведенные работы показали, что хвоя может служить постоянным источником сырья для выделения из нее витаминно-белковых концентратов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. Д. Егоров. Химический состав хвои хвойных пород Якутии и пути практического использования. Якутск, 1965. [2]. А. И. Ермаков, В. В. Арасимович, М. И. Смирнова-Иконникова, А. И. Мурри. Методы биохимического исследования растений. Изд-во сельскохозяйственной литературы. М.—Л., 1952. [3]. А. К. Славянский, Ф. А. Медников. Технология лесохимических производств. Изд-во «Лесная промышленность». М., 1970. [4]. Ф. Т. Солодкий, В. И. Хинич. Исследование живых элементов дерева, I, Л, 1969, 119—125. [5]. Н. Е. Судаčkова, Т. В. Осетрова. Журн. «Лесоведение» № 3, 1968, 66—72. [6]. Г. С. Худашова, О. В. Грацанова, С. И. Ладинская, Ф. А. Медников. Содержание протеина в хвое сосны и ели. «Лесохимия и подсосочка», 9, 1973. [7]. Н. К. Чернышева, С. И. Ладинская, Ф. А. Медников. Двухстадийная экстракция хвойной лапки водой и бензином. «Лесохимия и подсосочка», 2, 1973.

Поступила 11 марта 1974 г.

УДК 547.992.3

О СОРБЦИОННОЙ ЕМКОСТИ ЛИГНИНА ПО ЛЕГКО- И ТРУДНООКИСЛЯЕМЫМ КОМПОНЕНТАМ ПОСЛЕДРОЖЖЕВОЙ БРАЖКИ

А. К. АНПИЛОГОВ, Е. Д. ГЕЛЬФАНД

Архангельский лесотехнический институт

Определена сорбционная емкость гидролизного лигнина по компонентам, содержащимся в отработанной бражке и представляющим собой основную массу загрязнений, сбрасываемых со стоками гидролизных заводов.

Гидролизный лигнин обладает способностью эффективно сорбировать вещества, растворенные в последрождевой бражке (ПДБ) и обуславливающие ее показатели окисляемости или химического потребления кислорода (ХПК). В связи с этим представляет интерес определить максимальную сорбционную емкость лигнина по соответствующим компонентам.

Нами проведены опыты, в которых ПДБ Архангельского гидролизного завода пропускали через колонку с лигнином* до полного его насыщения окисляемыми компонентами. Для этого ПДБ на выходе из колонки отбирали фракциями (объем одной фракции был эквивалентен примерно 10 гидромодулям) и определяли во фракциях ХПК по Кубелю ([1], стр. 45) и по нему оценивали содержание в ПДБ легкоокисляемых компонентов или определяли ХПК полное ([1], стр. 43) и по нему оценивали общее содержание легко- и трудноокисляемых компонентов; путем отнесения найденных значений к соответствующим показателям ХПК исходной бражки рассчитывали степень снижения ХПК (в процентах в каждой фракции); фракции отбирали и анализировали до тех пор, пока снижение ХПК практически не прекращалось (в последней фракции снижение ХПК составляло обычно 3—5%); количество отобранных фракций 18—26 в зависимости от дебита бражки.

Всего было проведено 11 серий опытов с различными образцами ПДБ и лигнина, отобранными в разное время; в том числе в 9 сериях определяли снижение ХПК по Кубелю (%) и в 2 сериях — снижение ХПК полное (%).

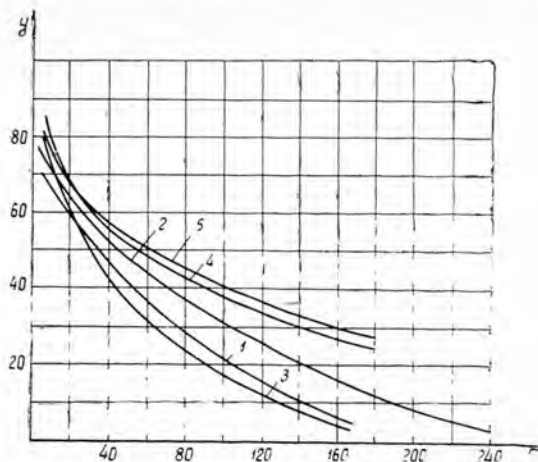
При нанесении результатов экспериментов на график в системе координат «гидромодуль (Γ) — снижение ХПК n -й фракции (y , %)» было установлено, что характер зависимости во всех сериях одинаков; типичные кривые 1—3 приведены на рис. 1.

Очевидно, сорбционная емкость лигнина по окисляемым компонентам ПДБ может быть найдена приближенно как произведение 0,01 площади, ограничиваемой кривой снижения ХПК и осями координат, на показатель ХПК исходной бражки. Для нахождения искомой площади результаты экспериментов в каждой серии аппроксимировали функцией вида $y = ae^{bx}$ по методу наименьших квадратов (точность аппрок-

* В опытах использовали лигнин Архангельского гидролизного завода, просеянный через сито 3 мм и отмытый от сахаров. Диаметр колонки 32 мм, высота слоя лигнина 150—200 мм.

Рис. 1.

1 и 3 — снижение ХПК по Кубелю во фракциях бражки (серии 1 и 5 соответственно); 2 — снижение ХПК полное во фракциях бражки (серия 10); 4 и 5 — снижение ХПК по Кубелю во всем объеме пропущенной бражки (4 — по экспериментальным данным серии 1); 5 — по расчетным данным.



симирирования характеризуется коэффициентом вариации, который в проводимых сериях находился в пределах 0,09—0,19); затем решали интеграл найденных уравнений в пределах гидромодуля от нуля до значений, соответствующих «насыщению» лигнина (графа 4 в табл. 1). Уравнения для каждой из 11 серий, а также найденные величины интегралов приведены в табл. 1. Здесь же даны рассчитанные значения сорбционной емкости лигнина по ХПК.

Таблица 1

№ серии	Показатель ХПК исходной бражки, мг O ₂ /л	Дебит, час ⁻¹	Гидромодуль подачи бражки до насыщения лигнина, %	Вид уравнения	Численное значение интеграла	Сорбционная емкость лигнина, г O ₂ /кг
1	3720	2,35	175	$y = 85e^{-0,016x}$	5020	187
2	3720	2,35	190	$y = 86e^{-0,0154x}$	5310	197
3	2700	2,5	200	$y = 86e^{-0,0105x}$	7030	190
4	2820	3,0	185	$y = 90,5e^{-0,0124x}$	6700	189
5	3800	6,0	185	$y = 74e^{-0,0159x}$	5000	190
6	2700	8,0	260	$y = 59e^{-0,00615x}$	7650	206
7	2700	6,0	220	$y = 66e^{-0,00645x}$	7390	200
8	4120	8,05	205	$y = 56e^{-0,011x}$	4970	205
9	4800	8,05	190	$y = 60e^{-0,0138x}$	4050	194
10	8000	6,0	260	$y = 80e^{-0,00659x}$	9940	795
11	10100	3,0	240	$y = 94e^{-0,0095x}$	8100	810

Как видно из данных табл. 1, величины сорбционной емкости лигнина по легкоокисляемым компонентам (серии 1—9) варьируют, не смотря на различия в условиях опытов, в сравнительно небольших пределах; среднее значение из 9 серий — 195 г O₂/кг; общая сорбционная емкость лигнина по легко- и трудноокисляемым компонентам изменяется от 795 (серия 10) до 810 (серия 11) г O₂/кг. Следовательно, сорбционная емкость лигнина по трудноокисляемым компонентам ПДБ, определяемая как разность, составляет около 600 г O₂/кг, то есть почти в три раза больше, чем по легкоокисляемым. Это обстоятельство

очень важно в практическом отношении, так как применяемый в гидролизной промышленности биохимический метод очистки стоков не обеспечивает достаточно высокой степени очистки по трудноокисляемым компонентам. В связи с этим очистка ПДБ лигнином могла бы явиться эффективным дополнением к биохимической очистке не только в том отношении, что она снизила бы нагрузку очистных сооружений по БПК₅, но также значительно уменьшила бы показатель полной окисляемости очищенных стоков.

Полученные данные позволяют легко рассчитать степень очистки ПДБ для любых конкретных условий, а именно: величины ХПК исходной бражки, дебита (Д) бражки и гидромодуля. Для этого нужно по таблице выбрать уравнение, ближе всего подходящее к заданным условиям (ХПК и Д), взять интеграл функции в пределах от нуля до заданного значения гидромодуля и отнести найденную величину к величине гидромодуля. Сравнение расчетных данных для серии 1 и экспериментальных данных по общей (интегральной) степени очистки бражки при различных гидромодулях свидетельствует о хорошей схожести результатов (кривые 4 и 5 на рис. 1).

В целом, представленный материал показывает высокую эффективность лигнина как средства для очистки бражки, но при этом следует учитывать, что конечные результаты могут быть завышены, так как опыты проводили с натуральной нефилтрованной (хотя и отстоявшейся) ПДБ, в которой могли содержаться очень мелкодисперсные взвешенные вещества.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Ю. Ю. Лурье, А. И. Рыбников. Химический анализ производственных сточных вод. Изд-во «Химия», М., 1966.

Поступила 28 января 1974 г.

УДК 665.654 : 634.086

ДЕСТРУКТИВНАЯ ГИДРОГЕНИЗАЦИЯ ТАЛЛОВОГО ПЕКА СОСТАВ И СВОЙСТВА ПРОДУКТОВ РЕАКЦИИ

С. М. РЕПЯХ, Э. Д. ЛЕВИН

Сибирский технологический институт

Изучены состав и свойства фракции катализата, выкипающей до 280°C. Установлено, что катализат состоит из ароматических углеводородов (64%) и парафино-нафтеновых (36%). Газообразные продукты содержат водорода 85,7% об.; углеводородов C₁—C₅—8,5% об.; окиси углерода 4,1% об. Непредельные отсутствуют.

При переработке таллового масла путем ректификации в качестве нелетучей части получается до 30% таллового пека [3]. Анализ показал, что пек путем гидрокрекинга может перерабатываться в низкокипящие углеводороды, потребность в которых постоянно растет и не удовлетворяется существующим производством [4], [8].

Гидрокрекинг проводили на установке проточного типа [5] с использованием алюмокобальтмолибденового катализатора по разработанному нами оптимальному режиму [7], который характеризуется следующими значениями технологических параметров: температура в зоне реакции 490°C; объемная скорость подачи сырья 1,1 час; давление водорода в системе 45 атм; отношение сырье : разбавитель как 4 : 1.

Жидкие продукты, полученные в оптимальных условиях, накапливали в необходимых для исследования количествах с целью получения усредненной пробы. Состав и свойства катализатора изучали как по стандартным методикам, применяемым в нефтехимической промышленности, так и с помощью адсорбционной и газожидкостной, аналитической и препаративной хроматографии и ИК-спектроскопии.

Общие физико-химические характеристики катализата:

Плотность	0,869 г/см ³
Показатель преломления n_D^{20}	1,5125
Кислотное число	0,0 мг/г
Йодное число	0,0 мг/г
Молекулярная масса	123,0
Элементный состав	
О	91,07%
Н	8,92%
С	—

Групповой состав

ароматические углеводороды	64,0% вес
парафино-нафтеновые углеводороды	36,0% вес.

Как видно из этих результатов, в катализате отсутствуют непредельные соединения, что объясняется полнотой гидрирования в ходе деструктивной гидрогенизации. Величины показателя преломления и молекулярной массы свидетельствуют о том, что в жидких продуктах преобладают ароматические углеводороды. Отсутствие кислот (по кислотному числу) дает основание утверждать, что все они подвергались восстановлению и, возможно, декарбоксилации. Это подтверждается также и элементным составом.

Поскольку исходное сырье содержит лишь кислородные соединения и углеводороды [6], то можно утверждать, что полученный катализат целиком состоит из ароматических и парафино-нафтенных углеводородов.

Для определения вещественного состава катализат разгоняли на колонке четкой ректификации. Катализат имел следующий фракционный состав, %:

н. к.— 95°C	10,60
95—125°C	8,20
125—150°C	7,60
150—170°C	7,86
170—230°C	18,85
230—280°C	19,60
Остаток выше 280°C	24,74
Потери	1,55

Состав первых трех фракций изучали методом газожидкостной хроматографии на хроматографе «Хром-2» с пламенноионизационным детектором на капиллярной колонке длиной 50 м. Методика разработана в СредазНИИНе [1], [2]. Количественное содержание компонентов определяли методом внутренней нормализации.

Фракции с температурой кипения выше 150°C исследовали по разработанной нами методике [7]. Каждую фракцию предварительно разделяли на парафино-нафтенные и ароматические углеводороды с помощью адсорбционной, колоночной хроматографии. Элюентами в этом случае служили н-гептан для алифатических углеводородов и бензол для ароматических. Разделение проводили на силикагеле марки АСМ.

Состав ароматических углеводородов изучали методом газожидкостной хроматографии на хроматографе ЛХМ-7а с детектором по

теплопроводности. Количественный состав определяли методом внутреннего стандарта.

Результаты определения вещественного состава фракции катализатора, выкипающей до 280°C, сведены в табл. 1.

Таблица 1

Соединения	Содержание соединений в отгоне до 280°C, % вес	Соединения	Содержание соединений в отгоне до 280°C, % вес
Бензол	5,20	1-метилнафталин . .	5,76
Толуол	3,59	Пентаметилбензол . .	2,33
Этилбензол	1,33	Дифенил	1,95
Ксилолы	3,84	Диметилнафталин . .	
Пропилбензол	0,79	2,6-+2,7	2,72
Кумол	1,67	1,3-+1,6	2,54
m+p-этилтолуол	1,37	1,5-+2,3	1,28
o-этилтолуол	0,58	1-пропилнафталин . .	1,76
Псевдокумол	0,77	Аценафен	1,42
Втор-бутилбензол	0,97	Дифениленоксид	1,29
Мезитилен	0,16	Флуорен	0,27
Дурол	0,72	Парафино-нафтено- вые углеводороды	36,0
Изодурол	1,07	Неидентифицирован- ные ароматические углеводороды	11,05
Пренитол	1,05		
Тетралин	2,04		
Нафталин	2,81		
2-метилнафталин	3,54		

Из результатов определения выходов и состава отдельных фракций катализатора видно, что в отгоне до 280°C содержится ряд ценных веществ (бензол, толуол, ксилолы, нафталин и др.). Алифатические углеводороды содержатся преимущественно во фракциях с температурой кипения ниже 150°C.

Катализат, выкипающий выше 280°C, в процессе гидрокрекинга может быть переработан полностью в легкокипящие соединения. Эту фракцию целесообразно использовать в качестве рисайкла с целью безостаточной переработки таллового пека и получения дополнительного количества ценных химических продуктов.

В реакционных газах содержится (% об.) водорода 85,7, парафиновых углеводородов C₁—C₅ — 8,5, окиси углерода 4,10, двуокиси углерода 0,83. Непредельные углеводороды отсутствуют. Высокая концентрация водорода позволяет вести гидрокрекинг с рециркулирующей газом, что обеспечит уменьшение соотношения водород—сырье и удешевит процесс.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. С. И. Белополюская, А. Т. Мусабеков, Г. Х. Ходжаев, М. С. Вигдергауз. Каталитическая переработка углеводородного сырья. ЦНИИНефтехим, вып. 2, М., 1968, стр. 205. [2]. С. И. Белополюская, Г. Х. Ходжаев, М. С. Вигдергауз, З. Х. Абидова. Тезисы докладов по нефтехимии и химической переработке углеводородов. Изд-во «Бльм», 1968, стр. 21. [3]. Б. Д. Богомолов, А. А. Соколова. Побочные продукты сульфатно-целлюлозного производства. Гослесбумиздат, М., 1962. [4]. М. С. Литвиненко, А. К. Шелков. «Кокс и химия» № 11, 1968. [5]. А. В. Рачинский, С. М. Репях. «Лесохимия и подсочка» № 11, 1971. [6]. С. М. Репях. Сб. «Материалы конференции по итогам научно-исследовательских работ», Красноярск, 1971, стр. 60. [7]. С. М. Репях. Кандидатская диссертация, Красноярск, 1972. [8]. Э. М. Эльберт, В. А. Титушкин. Переработка твердого топлива. Вып. 2, Новокузнецк, 1970, стр. 253—265.

УДК 634.0.813.13

ПОТЕРИ НАПОРА НА ТРЕНИЕ ПРИ СМЕШАННОМ ТЕЧЕНИИ ВОЛОКНИСТОЙ СУСПЕНЗИИ В ТРУБЕ

В. А. БАБКИН

Петрозаводский государственный университет

На основе экспериментальных результатов получена формула для определения коэффициента сопротивления трубы при смешанном течении волокнистой суспензии.

При движении волокнистой суспензии в трубе различают три вида течения [3], [5]: стержневое (ламинарное), турбулентное и смешанное. При стержневом течении вся масса волокон движется как твердый стержень. Если величина касательного напряжения τ на поверхности стержня достигает предельного значения τ_* , то стержень волокон начинает разрушаться и стержневое течение переходит в смешанное. В смешанном течении масса волокон распределена на две части: одна часть волокон образует стержень радиуса $r_p < R$ (R — радиус трубы); другая же часть волокон, друг с другом жестко не связанных, движется в пространстве между стержнем и стенкой трубы $r_p < r < R$ (где r — расстояние от оси трубы).

Наиболее детально смешанное течение было изучено Михом и Паркером [6]. Путем непосредственных измерений они нашли, что в области $r_p < r < R$ распределение скорости хорошо описывается формулой

$$\frac{u}{u_*} = A \ln \left(1 - \frac{r}{R} \right) + C; \quad u_* = \sqrt{\frac{\tau_w}{\rho}}, \quad (1)$$

где u — местная скорость в суспензии;

u_* — динамическая скорость [1];

τ_w — касательное напряжение на стенке трубы;

ρ — плотность суспензии;

A — константа, определяемая сортом волокон и концентрацией суспензии;

C — постоянная, требующая дополнительного определения.

Используя полуэмпирическую теорию турбулентности [1], Мих и Паркер определили постоянную C , а также получили ряд формул для установления коэффициента сопротивления трубы f . Однако сами авторы к полученным формулам относятся весьма критически, так как, с одной стороны, эти формулы не учитывают наблюдаемую зависимость f от числа Рейнольдса, а с другой, в них входят эмпирические параметры, физический смысл которых неясен.

Определим величины C и f на базе иных, нежели в работе [6], исходных положений.

Течение суспензии считаем одномерным, так что касательные напряжения τ по сечению трубы распределены линейно

$$\tau = \frac{Pr}{2}; \quad P = -\frac{dp}{dx}, \quad (2)$$

где p — давление;
 x — координата по оси трубы.
 В кольце $r_p < r < R$

$$\tau = -\eta_e \frac{du}{dr}, \quad (3)$$

где η_e — эффективная вязкость суспензии.

Из формул (1) — (3) получим

$$\eta_e = \frac{PR^2 \zeta (1 - \zeta)}{2u_* A}; \quad \zeta = \frac{r}{R}. \quad (4)$$

Отличие эффективной вязкости суспензии η_e от вязкости жидкой фазы суспензии η вызвано, очевидно, присутствием волокон.

При $r = R$ формула (1) теряет физический смысл. Это объясняется тем, что, согласно опытам [4], [7], вблизи стенки движущаяся суспензия не может рассматриваться как однородная среда. Действительно, волокна при движении суспензии не останавливаются у стенки трубы, напротив, они скользят вдоль нее, стремясь расположиться по линиям тока. Очевидно, движение волокон у стенки возможно только в том случае, если между стенкой трубы и ядром течения имеется пристеночный слой чистой жидкости. Тогда ядро течения — это область радиуса $r_0 < R$, в которой находятся все волокна.

По определению смешанного течения в трубе [3], [5], течение суспензии в области между стержнем и пристеночным слоем $r_p < r < r_0$ турбулентно. Измерения [7] показывают, что для суспензий малой концентрации при неразвитом турбулентном течении, каким является рассматриваемое течение, локальная концентрация убывает по мере приближения к стенке трубы, причем на границе с пристеночным слоем концентрация близка к нулю. Ограничиваясь рассмотрением суспензий, на границе раздела фаз $r = r_0$ эффективную вязкость суспензии примем равной вязкости жидкой фазы, то есть $\eta_e = \eta$. Подставляя в это равенство формулу (4), получим уравнение для определения координаты r_0

$$\eta = \frac{PR^2 \zeta_0 (1 - \zeta_0)}{2u_* A}; \quad \zeta_0 = \frac{r_0}{R}. \quad (5)$$

С учетом того, что $P = \frac{2\rho u_*^2}{R}$, а разность $(1 - \zeta_0)$ мала, решаем это уравнение

$$\delta = \frac{\nu A}{u_* R}; \quad \delta = 1 - \zeta_0; \quad \nu = \frac{\eta}{\rho}, \quad (6)$$

где δ — безразмерная толщина пристеночного слоя.

Толщина пристеночного слоя обычно мала [4], [7], поэтому так же как в ламинарном подслое турбулентного потока ([1], стр. 664) течение в нем можно считать ламинарным, а распределение скорости по сечению линейным

$$u = \frac{PR^2 (1 - \zeta)}{2\eta}; \quad \zeta_0 < \zeta \leq 1. \quad (7)$$

Найдем константу C . На границе раздела фаз $r = r_0$ за счет ориентирования волокон вдоль линий тока скорость суспензии не равна скорости чистой жидкости пристеночного слоя (пристеночное скольжение суспензии [2]). Предполагая, что указанная разность скоростей $s = u_s - u_f$ (где u_s и u_f — соответственно скорости суспензии и жид-

кости при $r = r_0$) пропорциональна градиенту давления P , с помощью формул (1) и (7) получим уравнение для определения C

$$Au_* \ln \left(1 - \frac{r_0}{R}\right) + Cu_* = \frac{\delta PR^2}{2\eta} + \frac{P}{a}, \quad (8)$$

где a^{-1} — коэффициент пропорциональности в равенстве $s = \frac{P}{a}$, константа, зависящая от сорта волокон и концентрации суспензии c .

Определяя C из уравнения (8) и подставляя его в формулу (1), найдем распределение скорости по сечению трубы

$$\begin{aligned} \frac{u}{u_*} &= A \left[1 - \ln \frac{\sqrt{A}}{u_* R} + \ln \left(1 - \frac{r}{R}\right) \right] + \frac{P}{au_*}; & r_p < r \leq r_0; \\ \frac{u}{u_*} &= A \left[1 - \ln \frac{\sqrt{A}}{u_* R} + \ln \left(1 - \frac{r_p}{R}\right) \right] + \frac{P}{au_*}; & 0 \leq r \leq r_p. \end{aligned} \quad (9)$$

Интегрируя функции (7) и (9) по сечению трубы и деля на площадь сечения πR^2 , получим среднюю скорость суспензии

$$\frac{v}{u_*} = A \left[\ln(1 - \zeta_p) - \ln \frac{\sqrt{A}}{u_* R} + \frac{(1 - \zeta_p)^2}{2} - 1 \right] + \frac{P}{au_*}, \quad (10)$$

где $\zeta_p = \frac{r_p}{R}$.

Введем безразмерные величины

$$f = \frac{2PR}{\rho v^2} = \frac{8u_*^2}{v^2}; \quad \text{Re} = \frac{2vR}{\nu}; \quad \alpha = \frac{\eta}{aR^2}, \quad (11)$$

здесь f — коэффициент сопротивления трубы;

Re — число Рейнольдса.

Подстановка величин (11) в равенство (10) дает формулу для определения коэффициента f

$$\frac{\sqrt{8}}{A\sqrt{f}} = 2,30 \lg \frac{(1 - \zeta_p) \text{Re} \sqrt{f}}{A} + \frac{\alpha}{\sqrt{8}} \cdot \frac{\text{Re} \sqrt{f}}{A} + \frac{(1 - \zeta_p)^2}{2} - 2,73. \quad (12)$$

Безразмерный радиус стержня ζ_p определяем с помощью формул (2) и (11)

$$\zeta_p = \frac{\tau_*}{\tau_w} = \frac{8T}{f \text{Re}^2}; \quad T = \frac{4\tau_* R^2}{\rho v^2}. \quad (13)$$

В формулах (13) принято, что напряжение на поверхности стержня τ_p равно предельному напряжению сдвига τ_* , определяющему конец стержневого течения. Равенство $\tau_p = \tau_*$ следует из того факта, что и в начале, и в ходе смешанного течения изменение радиуса стержня носит один и тот же характер: разрушение и отделение от стержня его поверхностных слоев.

Из формул (11) — (13) следует, что коэффициент сопротивления зависит от безразмерных комплексов Re, T , A , α , которые определяются следующими характерными параметрами смешанного течения: ρ , ν , τ_* , a , c , v , R . Число Рейнольдса Re учитывает влияние вязкости жидкой фазы суспензии, число T — прочность сети волокон в стержне, число A — толщину пристеночного слоя (см. формулу [6]), число α — пристеночное скольжение. Так как f не есть функция одного числа Re, то графики f — Re, построенные для одинаковых суспензий, движущих-

ся в трубах разного диаметра, очевидно, не должны совпадать, что и подтверждается опытами [6]. Точно также не совпадают графики $f - Re$, построенные для суспензий разной концентрации, текущих в трубах одного диаметра [5], [6].

Результаты расчетов по формулам (10) — (13) сравниваем с результатами опытов Миха и Паркера [6]. Рассматриваем суспензии белой лиственной крафт-целлюлозы. Средние концентрации $c = 0,5$; $1,0\%$. Степень помола массы 630 мл CSF. Расчетные данные: $\nu = 0,91 \cdot 10^{-2} \text{ см}^2/\text{сек}$; $A = 3,28$ при $c = 0,5\%$; $A = 4,02$ при $c = 1,0\%$.

В качестве значений τ_* нами из работы [6] взяты величины напряжения на стенке трубы в момент перехода стержневого течения в смешанное. В соответствии с результатами опытов [5] величины τ_* для труб рассматриваемых диаметров оказались близкими. В расчетах принято: $\tau_* = 0,545 \text{ н/м}^2$ при $c = 0,5\%$; $\tau_* = 2,11 \text{ н/м}^2$ при $c = 1\%$. Данные значения τ_* не совпадают с τ_p , которые вычислены по измерениям ζ_p [6]. Причина расхождений заключается в том, что, по признанию самих авторов ([6], стр. 242), величина ζ_p была определена ими довольно грубо.

Из опытных данных [6], следует, что независимо от диаметра трубы $a = 640 \text{ н} \cdot \text{сек/м}^4$ при $c = 0,5\%$; при $c = 1\%$ расчет проведен без учета пристеночного скольжения.

Результаты расчета и опытные данные [6] приведены в табл. 1. Совпадение результатов хорошее. Поскольку формула (12) — это записанная в безразмерном виде формула (10), то, очевидно, зависимость $f - Re$, определяемая уравнением (12), также хорошо согласуется с экспериментальными графиками $f - Re$.

Таблица 1

$c, \%$	$D, \text{ мм}$	$u_*, \frac{\text{м}}{\text{сек}}$	$\tau_w, \frac{\text{н}}{\text{м}^2}$	ζ_p	$v_0, \frac{\text{м}}{\text{сек}}$	$v, \frac{\text{м}}{\text{сек}}$
0,5	50,8	0,030	0,93	0,59	0,61	0,60
0,5	50,8	0,038	1,41	0,39	0,80	0,81
0,5	50,8	0,047	2,18	0,25	1,08	1,05
0,5	101,6	0,033	1,06	0,51	0,71	0,71
0,5	101,6	0,057	3,19	0,17	1,41	1,39
1,0	50,8	0,090	8,00	0,26	2,08	2,11
1,0	50,8	0,10	10,4	0,20	2,55	2,50
1,0	50,8	0,115	13,2	0,16	2,99	2,89
1,0	50,8	0,13	16,9	0,13	3,42	3,30
1,0	101,6	0,08	6,6	0,32	2,08	2,12

Примечание. D — диаметр трубы; v_0 — средняя скорость в эксперименте; v — средняя скорость, вычисленная по формуле (10).

Хорошее совпадение экспериментальных и расчетных скоростей при $c = 1\%$, вычисленных без учета скольжения, показывает, что учет скольжения важен лишь для суспензий малой концентрации.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Л. Г. Лойцянский. Механика жидкости и газа. Изд-во «Наука», М., 1973.
- [2]. У. Л. Уилкинсон. Ньютоновские жидкости. Изд-во «Мир», М., 1964. [3]. О. Л. Форгес, А. А. Робертсон, С. Г. Мэзон. Гидродинамическое поведение волокон, применяемых для выработки бумаги. Сб. «Основные представления о волокнах, применяемых в бумажной промышленности». Гослесбумиздат, М., 1962. [4]. W. D. Baines, C. J. H. Nicholl. «Pulp and Paper», Mag. of Canada, 57, № 6, 1956, 119. [5]. G. Bugliarello, J. Daily. «Tappi», 44, № 12, 1961, 881. [6]. W. Mih, J. Parker. «Tappi», 50, № 5, 1967, 237. [7]. H. T. Sanders, jr., H. Meyer. «Tappi», 54, № 5; 1971, 722.

Поступила 29 апреля 1974 г.

УДК 634.0.865

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ОБРАЗОВАНИЯ ПОЛИМЕРДРЕВЕСНОГО МАТЕРИАЛА

И. А. ГАМОВА, Т. С. КОРОМЫСЛОВА,
Л. Н. НАТКИНА

Ленинградская лесотехническая академия

Изложены результаты исследования полимердревесного материала на основе синтетического полимера поликонденсационного типа и измельченной древесины. Применена методика количественного определения формальдегида, входящего в различные группы готового материала, и показана зависимость физико-механических показателей от глубины процессов, протекающих при получении анализируемого полимердревесного материала.

Изучение механизма образования полимердревесины имеет большое значение при разработке наиболее рациональной технологии ее изготовления.

Цель проведенных исследований — изучение условий образования синтетического полимера и глубины его взаимодействия с компонентами древесины при обработке измельченной древесины мочевиной и формальдегидом и осуществлений поликонденсации совместно с древесным наполнителем. Получаемые из композиции древесные пластики имеют высокую механическую прочность и гидрофобность [5]. Появление азота в веществах, выделяемых из пластиков как лигнин и холоцеллюлоза, указывает на образование химической связи между мочевино-формальдегидным полимером и древесиной [1]. Мы обнаружили в веществах, определяемых как лигнин, около половины введенного в композицию с мочевиной азота, а в веществах, определяемых как холоцеллюлоза, значительно меньшее количество азота (пластик содержит 13,0% азота, лигнин, выделенный из пластика, — 6,6%, холоцеллюлоза — 0,58%).

В табл. 1 приведен химический анализ пластиков; при этом в пластиках со связующим обнаружен значительный привес веществ, определяемых как лигнин, и уменьшение количества холоцеллюлозы (суммарный привес основных компонентов составляет 12,1%). Отвержденная карбамидная смола растворяется в 72%-ной серной кислоте и 10%-ной перуксусной кислоте.

Таблица 1

Вещества	Количество веществ, %, в пластиках	
	без связующего	со связующим
Растворимые в спирто-бензоле	4,8	3,8
Определяемые как лигнин	21,5	36,9
Определяемые как холоцеллюлоза	60,3	57,0

Представленные данные, указывая на взаимодействие применяемых реагентов с лигнином древесного наполнителя, не дают основания

отрицать участие углеводной части в образовании полимердревесного материала, так как продукт взаимодействия углеводов с применяемыми реагентами мог быть разрушен при выделении холоцеллюлозы. Свидетельство образования растворимых в перуксусной кислоте продуктов — снижение выхода холоцеллюлозы (табл. 1).

Глубокий анализ материала, полученного с применением полимеров поликонденсационного типа, затруднен в связи с невозможностью применять селективную экстракцию полимера.

Методика анализа

Чтобы количественно оценить глубину взаимодействия применяемых реагентов с компонентами древесного наполнителя, мы составили специальную методику анализа, которая заключалась в том, что определяли количество формальдегида, находящегося в той или иной группировке и выделяемого при соответствующих гидролитических обработках образца.

Согласно существующим в настоящее время представлениям, в отвержденной мочевино-формальдегидной смоле формальдегид находится в виде метиленовых ($>N-CH_2-N<$), метиленэфирных ($-CH_2O-$) и метилольных групп ($-CH_2OH-$) и, возможно, в свободном состоянии. Можно предположить, что при получении анализируемого полимердревесного материала образуется полимер диметилолмочевины, который взаимодействует по группам метилольного производного мочевины и гидроксильным группам древесины.

В основу методики подсчета образовавшихся связей положены следующие рассуждения [6], [9]. Число связей полимера с компонентами древесины, очевидно, определяется количеством эфирных групп ($D-OCH_2-R$), которые дают при гидролизе эквимолярное количество формальдегида; если количество связей полимера с древесиной обозначить через ДС, то формулу для подсчета можно представить следующим образом:

$$ДС = [CH_2O]_{D-OCH_2-R}$$

Рассуждения справедливы в случае, если все метилольные группы метилольных производных мочевины прореагировали с гидроксилами древесины. Но поскольку наряду с этой реакцией идет сшивка полимерных цепей метилольных производных мочевины за счет взаимодействия метилольных групп между собой, то количество формальдегида, выделившееся при гидролизе по этим группам, следует вычесть из общего количества формальдегида

$$ДС = [CH_2O]_{общ} - [CH_2O]_{>N-CH_2-N<}$$

Необходимо ввести поправку и на количество свободных метилольных групп и свободного формальдегида. Скорректирована концентрация формальдегида, участвующего в образовании связи полимера с древесиной; тогда формула выглядит так:

$$ДС = [CH_2O]_{общ} - [CH_2O]_{>N-CH_2-N<} - [CH_2O]_{CH_2OH} - [CH_2O]_{своб.}$$

Общее содержание формальдегида определяем путем гидролиза образца 45%-ной H_3PO_4 и перегонки с паром [4]. Количество формальдегида, входящего в свободные метилольные группы, находим гидролизом образца раствором 0,5 н. едкого натра [9]. Формальдегид, находящийся в виде группировок $>N-CH_2-N<$, рассчитывали по разнице, полученной после гидролиза 0,1 н. HCl и 2 н. $NaOH$ [7]. При действии на образец 0,1 н. HCl происходит полный гидролиз смо-

лы. При этом, как установлено, метиленэфирные мостики между древесиной и полимером не разрушаются [8]. Обработка раствором 2 н. NaOH гидролизует метиленэфирные группы полимера и отщепляет формальдегид, входящий в свободные метилольные группы.

В табл. 2 представлены результаты анализа отвержденной смолы, пресскомпозиции и пластика.

Таблица 2

Формальдегид	Количество формальдегида, %, в		
	отвержденной МФС	пресскомпозиции*	пластике*
Общее содержание	49,2	44,06	43,36
В виде метилольных групп	10,15	8,34	1,00
В виде метиленовых групп	40,31	15,22	22,32
Свободный	0,5	7,00	0,3
Участвующий в образовании связи полимера с древесиной	0	13,5	19,72

* Определяемые количества формальдегида отнесены к количеству полимера в композиции.

Полученные данные свидетельствуют о том, что образование полимера при поликонденсации мочевины и формальдегида и взаимодействие полимера с компонентами древесины происходят при переработке материала на его отдельных стадиях. Сравнение данных анализа пресскомпозиции и отвержденной мочевино-формальдегидной смолы (табл. 2) показывает, что поликонденсация протекает с различной скоростью и по разным законам в зависимости от того, есть наполнитель или нет его. Этот вывод согласуется с данными, полученными при изучении реологических свойств реактопластов пластометрическим способом [3].

Завершенность реакции P , подсчитанная как отношение вступившего в реакцию количества формальдегида, к общему количеству исходного формальдегида, наиболее высокая, когда отверждение поликонденсационного полимера происходит в присутствии древесины (для отвержденной смолы, пресскомпозиции и пластика величина P равна соответственно 0,795, 0,645 и 0,940) [2].

Характеристика когезионно-адгезионной прочности полимердревесного материала

Как известно, основные механические свойства большинства искусственных полимерных материалов (двух- или многокомпонентных) обусловлены силами внутреннего сцепления компонентов, составляющих систему, и прочностью склеивания разнородных тел между собой.

Существуют мнения, что силы когезии, определяемые химическими связями, достаточно высоки, в то время как адгезия — поверхностное явление, в результате которого возникает молекулярная связь на поверхности двух фаз. Наиболее надежный путь повышения адгезии, безусловно, — разумное использование функциональных групп адгезива и субстрата и образование химических связей.

Имеющиеся методики определения адгезии рассчитаны, в основном, на строгое разграничение фаз: адгезив — субстрат, что неприемлемо для вычисления когезионно-адгезионной прочности композиционного материала. Тем более, что в готовом монолитном материале труд-

но разграничить действие когезионных и адгезионных сил. В данной работе сделана попытка охарактеризовать роль этих сил в создании свойств полимердревесного материала косвенным путем, по определению химических групп, ответственных за создание когезионной или адгезионной прочности.

С этой целью мы приняли описанную выше методику и проследили за изменением количества образовавшихся групп в зависимости от содержания связующего в композиции. Хотя силы когезии разных молекулярных групп и связей различны, когезионная прочность полимердревесного материала, очевидно, пропорциональна количеству поперечных сшивок (метиленовых и метиленэфирных связей) в образовавшемся полимере, а адгезионная прочность пропорциональна количеству метиленэфирных групп, образовавшихся в результате взаимодействия полимера с древесиной.

Таблица 3

Формальдегид	Количество формальдегида, % к весу абс. сухой композиции, при содержании связующего, %			
	40	50	60	70
Общее содержание	24,2	27,03	30,37	33,53
В виде метилольных групп	0,69	0,87	1,22	1,70
Выделенный полным гидролизом смолы	15,19	19,58	23,10	28,96
Входящий в метиленэфирные группы смолы	3,63	4,83	5,67	7,08
В виде метиленовых групп	11,36	14,75	17,43	21,88
Свободный	0,33	0,34	0,60	0,75
Участвующий в образовании связей полимера с древесиной	11,62	11,07	11,06	9,20

Данные о количестве формальдегида, находящегося в различных группах, в зависимости от содержания связующего приведены в табл. 3. Из показателей видно, что общее содержание формальдегида, метилольных, метиленэфирных групп полимера и свободного формальдегида увеличивается с повышением количества связующего, а количество связей, образовавшихся между полимером и древесиной, уменьшается. При этом прочность материала и его гидрофобные свойства (табл. 4, рис. 1) возрастают с накоплением метиленовых связей, а затем падают с уменьшением количества наполнителя. Прочностные свойства определяются увеличивающейся когезионной прочностью до тех пор, пока непрерывно уменьшающаяся адгезионная прочность не будет отрицательно влиять на всю систему.

Таблица 4

Наполнитель (березовые опилки), вес. частей	Связующее, вес. частей	Физико-механические показатели пластиков		
		объемный вес, г/см ³	предел прочности при статическом изгибе, кгс/см ²	водопоглощение за 24 часа, %
70	30	1,26	325	16,10
50	50	1,39	780	1,00
45	55	1,41	840	0,68
40	60	1,41	745	0,65
35	65	1,42	700	0,63
30	70	1,40	645	0,70

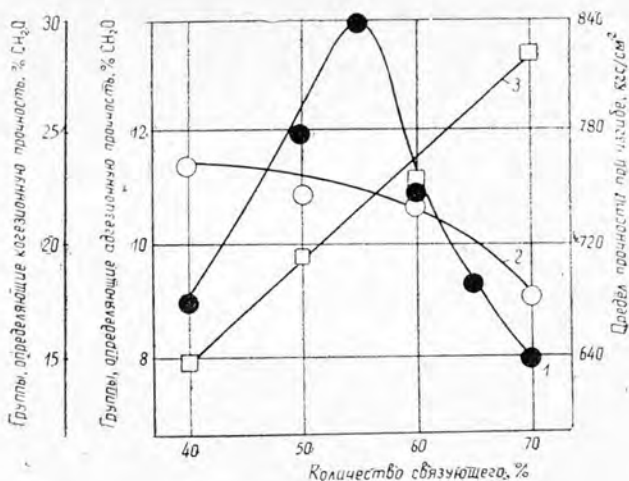


Рис. 1. Изменение предела прочности при изгибе 1 количества групп, определяющих адгезионную 2 и когезионную 3 прочность полимердревесного материала в зависимости от содержания связующего.

Таким образом, нами охарактеризована роль когезионно-адгезионной прочности в создании физико-механических свойств полимердревесного материала. Показано, что прочностные свойства определяются соотношением полимера и древесины в композиции и зависят от соотношения связей, определяющих когезионную и адгезионную прочность материала.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. И. А. Гамова и др. Материалы научно-технической конференции. ЛТА, 1973. [2]. В. Н. Горбунов, В. З. Яшина. «Пластические массы», 7, 1968. [3]. А. А. Данилкин, И. Ф. Канавец. Сб. «Автоматизация химических производств». изд. НИИТЭХИМ, М., 1970, 76—83. [4]. Т. Н. Калинина, Л. С. Кастерина. Химические методы исследования синтетических смол и пластических масс. Госхимиздат, М., 1963. [5]. Т. С. Коромылова и др. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1971. [6]. Е. А. Осмилин, Б. А. Мельников. Труды Ивановского химико-технологического института, № 11, 1909. [7]. P. C. Mehta, J. R. Mody. Textile research Journal, 30, 1960, 582. [8]. I. C. Morath, J. M. Woods. Analit. chem., 30, 1958, 14371. [9]. R. Steele. Textile research Journal, 25, 1955, 545.

Поступила 21 августа 1973 г.

КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ
И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВМАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА
КАНИФОЛЬНОЙ ПРОКЛЕЙКИ БУМАГИ В МАССЕ

В. Л. КОЛЕСНИКОВ, Н. Е. ЦЫБАКОВ

Белорусский технологический институт

Построена адекватная математическая модель процесса канифольной проклейки бумаги в массе от пяти технологических факторов. Определены влияние выбранных факторов на степень проклейки с помощью двухмерных сечений, а также экстремальное значение степени проклейки.

Основной материал для проклейки бумаги — канифоль. Намечающаяся тенденция к удорожанию канифоли [7], а также все возрастающий выпуск клееных видов бумаги остро ставят вопрос о получении высококачественной бумаги при оптимальных расходах канифоли и сопутствующих ей проклеивающих веществ. Регулирование степени проклейки резинатом натрия [1] позволяет сократить расход канифоли.

Используя методологию планирования эксперимента с количественными факторами, уровням которых соответствует числовая шкала, построим математическую модель процесса канифольной проклейки и определим влияние основных факторов на степень проклейки.

Исходя из априорной информации [5], [9] для анализа были выделены пять факторов: расход белого канифольного клея X_1 ; расход резината натрия X_2 ; расход сульфата алюминия на 1 т абс. сухого волокна X_5 ; степень помола массы X_3 и концентрация массы X_4 .

Имеющаяся информация позволила сразу провести факторный эксперимент второго порядка. Выбранные уровни и интервалы варьирования переменных приведены в табл. 1 (числитель). Эксперимент реализован по плану Хартли-5 [2] и включает небольшое число опытов; по величине максимальной дисперсии этот план незначительно уступает Д-оптимальному.

Для исследования использовали сульфитную беленую целлюлозу Советского ЦБК, сосновую живичную канифоль марки А (ГОСТ 797—64), сульфат алюминия (ГОСТ 12966—67). Целлюлозу размалывали в стандартном лабораторном роле до заданной степени размола при 2% -ной концентрации. Рабочая концентрация белого канифольного клея, содержащего 29,6% свободной смолы, равнялась 20 г/л, а концентрация натрия — 21,5 г/л.

При проведении эксперимента был использован принцип рандомизации; в каждой точке матрицы проводили пять параллельных опытов. В качестве параметра оптимизации взята величина степени проклейки бумаги, определяемая по методу Кобба (TAPPI 441—60).

Экспериментальные данные обрабатывали на ЭЦВМ «Проминь-М». Вычислительный алгоритм включает в себя расчет коэффициентов уравнения регрессии [3] и проверки статистических гипотез: об однородности оценок дисперсий, о значимости коэффициентов уравнения регрессии и об адекватности полученного уравнения экспериментальным данным [6], [8].

Таблица 1

Факторы	Расход клея*, кг/Т	Расход резината натрия, кг/Т	Степень размола, ОШР	Концентрация, %	Расход сульфата алюминия, кг/Т
Основной уровень	15	10	32,5	3	40
	18	5	32	3	40
Верхний "	20	15	37	3,5	60
	28	10	41	5,5	70
Нижний "	10	5	27	2,5	20
	8	0	24	0,5	10
Шаг варьирования	5	5	5	0,5	20
	10	5	8	2,5	30

* В числителе данные для клея, содержащего 29,6% свободной смолы; в знаменателе — 21,2% свободной смолы.

Реализация указанного алгоритма позволила получить адекватное уравнение регрессии процесса канифольной проклейки бумаги в нормированном виде

$$\hat{y} = 27,14 + 0,965X_3 + 0,36X_1^2 - 1,35X_3^2 + 1,0X_5^2 + 0,799X_1X_2; \quad (1)$$

$$F_{0,05}(24,120)_{\text{табл}} = 1,6; \quad s^2\{\hat{y}\} = 6,03; \quad F_{\text{экср}} < 1.$$

Фактор X_4 оказался статистически незначимым вследствие малости выбранного шага варьирования.

Используя классический метод (приравнивая к нулю частные производные по каждой переменной), получили следующие значения.

$$X_2 = -0,9X_1;$$

$$X_3 = 0,36(33,12^\circ \text{ ШР});$$

$$X_5 = 0 \text{ (40 кг/Т)}.$$

Так как эти значения не представлялись ясными, то уравнение регрессии (1) преобразовывали к каноническому виду [4]

$$0,36\tilde{X}_1^2 - 1,35\tilde{X}_3^2 + 1,0\tilde{X}_5^2 = H, \quad (2)$$

где $H = -27,32 + 0,44(3)X_2 + \hat{y};$

$$\tilde{X}_1 = X_1 + 1,11X_2;$$

$$\tilde{X}_3 = X_3 - 0,36;$$

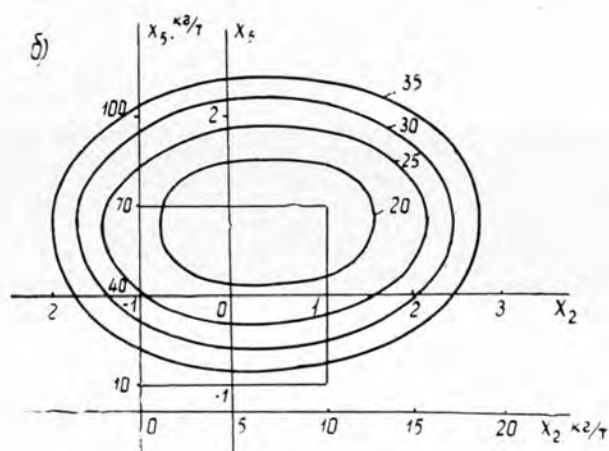
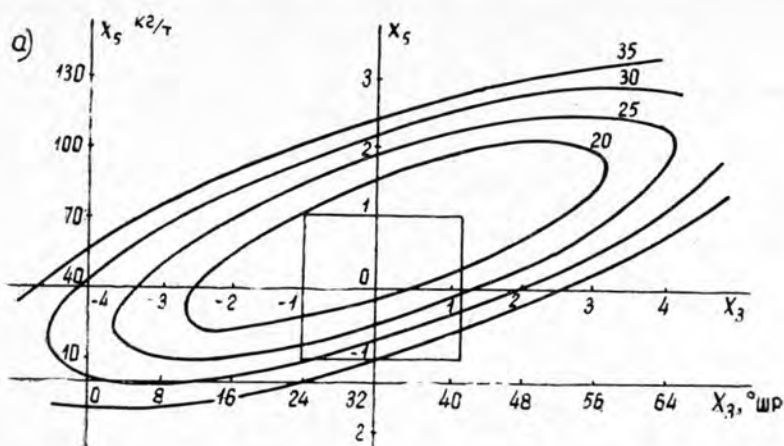
$$\tilde{X}_5 = X_5.$$

В зависимости от требуемой степени проклейки вычисляли разные поверхности:

1) $\hat{y} > -27,32 + 0,44(3)X_2^2$ — однополостный гиперболоид;

2) $\hat{y} < -27,32 + 0,44(3)X_2^2$ — двухполостный гиперболоид;

3) $\hat{y} = -27,32 + 0,44(3)X_2^2$ — конус.



Каждой точке поверхностей соответствует набор координат (факторов) $\tilde{X}_1, \tilde{X}_3, \tilde{X}_5$ (следовательно, исходных координат X_1, X_2, X_3, X_5), при которых проклейка \hat{y} имеет одно и то же значение.

На основании анализа полученных данных нами были изменены условия эксперимента (знаменатель табл. 1), что позволило найти по такой же методике адекватную квадратичную модель, в которую вошли все пять выбранных факторов.

$$\begin{aligned} \hat{y} = & 21,402 - 2,39X_1 - 1,82X_2 + 4,34X_3 - 5,66X_4 - 11,56X_5 + \\ & + 1,71X_1^2 + 3,26X_2^2 + 1,31X_3^2 + 1,86X_4^2 + 6,81X_5^2 + 5,91X_1X_2 - \\ & - 5,85X_1X_3 + 3,77X_1X_4 + 1,33X_1X_5 - 3,27X_2X_3 + 6,1X_2X_4 - \\ & - 5,32X_3X_4 - 4,59X_3X_5 + 5,28X_4X_5; \end{aligned} \quad (3)$$

$$F_{0,05}(7,108)_{\text{табл}} = 2,08; \quad F_{\text{экс}} = 0,6107; \quad s^2 \{\bar{y}\} = 36,88.$$

Исследование полученного уравнения регрессии показало, что рассматриваемая поверхность отклика является поверхностью типа минимакса.

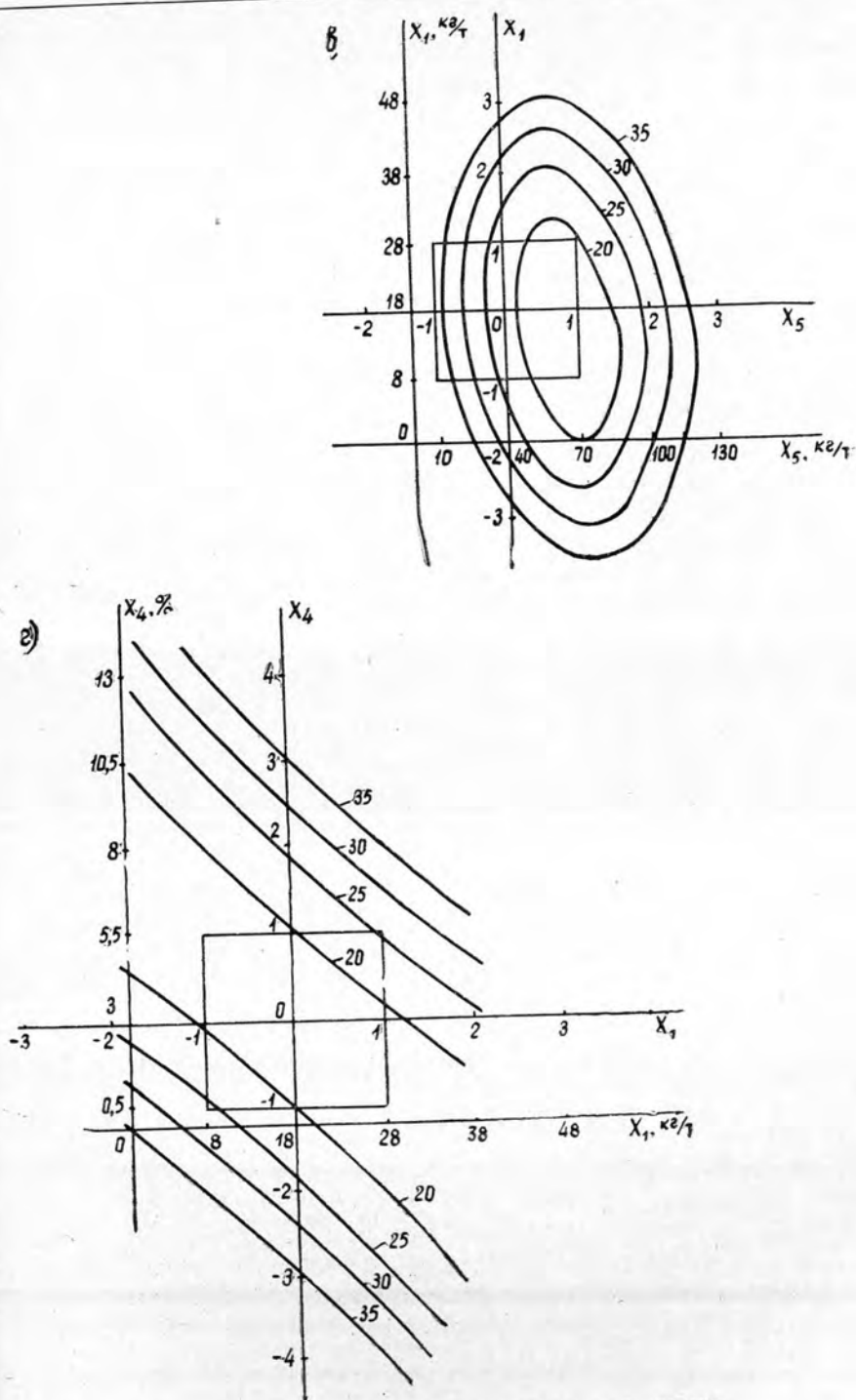


Рис. 1. Двухмерные сечения поверхности отклика для степеней проклейку $y = \hat{\Delta}$ в координатах:
 а — расход сернистого глинозема X_5 — степень размола X_1 ;
 б — расход сернистого глинозема X_5 — расход резината натрия X_4 ;
 в — расход белого клея X_1 — расход сернистого глинозема X_5 ;
 г — концентрация массы X_4 — расход белого клея X_1 .

Значения факторов в «седловой» точке находятся в области эксперимента и в нашем случае обеспечивают минимум привеса воды единицей поверхности бумаги, то есть являются экстремальными для степени проклейки в исследуемом фактором пространстве

$$X_{1s} = -0,27948 (15,2052 \text{ кг/т});$$

$$X_{2s} = 0,3515 (6,7575 \text{ кг/т});$$

$$X_{3s} = 0,14396 (33,15^\circ \text{ШР});$$

$$X_{4s} = 0,27061 (3,67 \%);$$

$$X_{5s} = 0,81981 (64,5943 \text{ кг/т}).$$

Расчетная величина степени проклейки, вычисленная по уравнению (3), в седловой точке равнялась $16,23 \text{ г/м}^2$. Опытная величина степени проклейки $\bar{y} = 17,4 \text{ г/м}^2$, что находится в пределах ошибки опыта.

Влияние каждой пары факторов, с учетом их взаимодействия, на степень проклейки представлено на рис. 1, а, б, в, г, где по осям отложены нормированные и действительные значения факторов и над каждой изолинией указаны значения впитываемости воды единицей поверхности бумаги. Каждое двумерное сечение имеет центр, координаты которого являются координатами седловой точки. Область эксперимента на каждом рисунке выделена квадратом.

Как видно из рис. 1 и уравнения (3), расход сульфата алюминия существенно влияет на впитываемость воды поверхностью бумаги. При увеличении степени размола (рис. 1, а) расход сульфата алюминия повышается, что связано с возрастанием адсорбционной поверхности целлюлозных волокон. Увеличение расхода белого клея и резината натрия (рис. 1, б, в) требует повышения расхода сульфата алюминия для обеспечения более низкой впитываемости воды поверхностью бумаги. Наилучшая концентрация массы — около 3%, что обеспечивает низкую впитываемость воды единицей поверхности бумаги при различных расходах белого клея (рис. 1, г). При малых расходах белого клея предпочтительнее для проклейки применять концентрации массы не ниже трех. Остальные факторы так же влияют на впитываемость воды поверхностью бумаги и здесь не рассматриваются.

Следовательно, нами получены адекватные уравнения регрессии процесса канифольной проклейки бумаги в массе и определены значения факторов, обеспечивающие минимум привеса воды единицей поверхности бумаги.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Авторское свидетельство № 306217 от 23. 03. 71 г., опубликовано 11. 06. 71 г. Бюллетень № 9, авторы Колесников В. Л., Малыгин В. С. [2]. П. Ф. Андрукович, Т. И. Голикова, С. Г. Костина. Планы второго порядка на гиперкубе, близкие по свойствам к Д-оптимальным. В сб. «Новые идеи в планировании эксперимента», изд-во «Наука», М., 1969, стр. 140—153. [3]. В. Г. Горский, В. З. Бродский. О регрессионном анализе при планировании второго порядка. Журн. «Заводская лаборатория» № 1, 1972, стр. 61—66. [4]. Н. В. Ефимов, Квадратичные формы и матрицы. Физматгиз, 1963, стр. 35—74. [5]. С. Н. Иванов. Технология бумаги. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1970, стр. 146—197. [6]. В. В. Налимов, Н. А. Чернова. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. Изд-во «Наука», М., 1965, стр. 12—101. [7]. Оптовые цены на продукцию лесохимической и гидролизной промышленности. Прейскурант № 05-18, 1967; преЙскурант № 05-18, 1971. [8]. Л. П. Рузинов. Статистические методы оптимизации химических процессов. Изд-во «Химия» М., 1972, стр. 34, 62—65. [9]. Сборник рефератов НИР, 1971, сер. 20, № 4, стр. 15; № 3, стр. 23 и 31; сер. 03, № 13—14, стр. 15; сер. 20, № 3, стр. 24, 1970, сер. 20, № 7, стр. 13—14.

УДК 65.011.56

АППРОКСИМАЦИЯ ПЕРЕДАТОЧНОЙ ФУНКЦИИ ВТОРОЙ СТЕПЕНИ ФУНКЦИЕЙ ПЕРВОЙ СТЕПЕНИ С ЗАПАЗДЫВАНИЕМ

Н. Г. ШТОЛЬЦЕР

Ленинградская лесотехническая академия

Выведены уравнения перехода при кратных корнях от параметров передаточной функции второго порядка к параметрам аппроксимирующей функции первого порядка с запаздыванием и определены величины ошибок, получающихся при аппроксимации. Доказана ограниченная возможность такой аппроксимации.

Применение метода получения передаточной функции звена по экспериментальной кривой переходного процесса путем аппроксимации этой функции асимптотической кривой с запаздыванием τ и постоянной времени T_Φ (рис. 1) наводит некоторых специалистов на мысль о целесообразности аппроксимации передаточной функции второй степени функцией первой степени с запаздыванием

$$\frac{k}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)} \rightarrow \frac{k e^{-\tau p}}{T_\Phi p + 1}$$

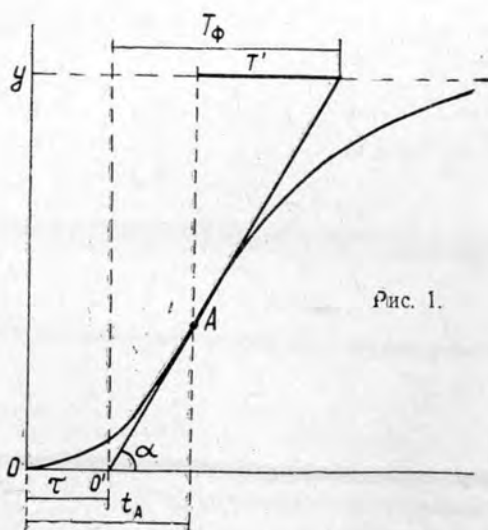


Рис. 1.

Известно [1], [2], что если кривая $y(t)$ соответствует передаточной функции второго порядка, то из рис. 1: расстояние по оси абсцисс (время) до точки перегиба A

$$t_A = \frac{T_1 T_2}{T_2 - T_1} \ln \frac{T_2}{T_1};$$

постоянная времени

$$T_{\Phi} = \frac{T_2 - T_1}{\left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{\frac{-T_1}{T_2 - T_1}} - \left(\frac{T_3}{T_1}\right)^{\frac{-T_2}{T_2 - T_1}}} = T_1 \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{\frac{T_2}{T_2 - T_1}}$$

и отрезок

$$T' = T_1 + T_2.$$

Следовательно, запаздывание

$$\tau = t_A - (T_{\Phi} - T_1 - T_2).$$

Однако такая аппроксимация может вызвать значительную ошибку и тем большую, чем меньше соотношение постоянных T_1 и T_2 . Наиболее неблагоприятным вариантом является случай равенства

$$T_1 = T_2 = T.$$

Уравнение переходного процесса при кратных корнях

$$y = y_{уст} \left[1 - \left(1 + \frac{t}{T} \right) e^{-\frac{t}{T}} \right];$$

время до точки перегиба A (рис. 1)

$$t_A = T;$$

тангенс угла наклона касательной

$$\operatorname{tg} \alpha = y'_A = \frac{y_{уст}}{Te} = \frac{y_{уст}}{T_{\Phi}};$$

фиктивная постоянная времени

$$T_{\Phi} = Te;$$

значение ординаты в точке A

$$y_A = y_{уст} \frac{e-2}{e};$$

время от точки $0'$ до точки A

$$(T_{\Phi} - T') = \frac{y_A}{\operatorname{tg} \alpha} = T(e-2);$$

время запаздывания

$$\tau = t_A - (T_{\Phi} - T') = T(3-e).$$

Величину ошибки удобно определять, сравнивая амплитудно-фазовые характеристики звена: фактическую и фиктивную; последняя соответствует аппроксимированной кривой y_{Φ} при значениях модулей кривых, равных единице.

Для исходной функции критическое значение $(T\omega_1)_{кр}$ определяют из условия

$$M = \frac{k}{1 + (T\omega_1)_{кр}^2} = 1,$$

отсюда

$$(T\omega_1)_{кр} = \sqrt{k-1}.$$

и критическое значение фазового угла

$$\varphi_{кр} = -2 \operatorname{arctg} \sqrt{k-1}.$$

Аналогично для аппроксимирующей функции критическое значение $(T\omega_2)_{кр}$ определяют из условия

$$M = \frac{k}{\sqrt{1 + (T\omega_2)_{кр}^2}} = 1,$$

отсюда

$$(T\omega_2)_{кр} = \sqrt{k^2-1}$$

и

$$\varphi_{кр} = -\operatorname{arctg} \sqrt{k^2-1} - 57(\omega_2\tau)_{кр};$$

так как

$$\omega_{2кр} = \frac{\sqrt{k^2-1}}{T\phi} = \frac{\sqrt{k^2-1}}{Te},$$

а

$$\tau = T(3-e),$$

то

$$\begin{aligned} \varphi_{кр} &= -\operatorname{arctg} \sqrt{k^2-1} - 57 \frac{3-e}{e} \sqrt{k^2-1} \approx \\ &\approx -\operatorname{arctg} \sqrt{k^2-1} - 5,7 \sqrt{k^2-1} \varphi'_{кр} - \varphi''_{кр}. \end{aligned}$$

В табл. 1 сведены результаты расчетов ошибки $\Delta\varphi$ при различных значениях передаточного коэффициента k .

Таблица 1

k	- $\varphi_{кр}$ исходной функции	Фиктивная функция			$\Delta\varphi$
		- $\varphi'_{кр}$	- $\varphi''_{кр}$	- $\varphi'''_{кр}$	
1	0	0	0	0	0
2	90	60	98	69,8	20,2
3	109	70,5	16	86,5	22,5
4	120	75,5	22	97,5	22,5
5	127	78,5	27,5	106	21
6	132	80,5	35	115,5	16,5
8	138	85	45,5	128,5	9,5
10	143	84	57	141	2
13	147	85,5	74	159,5	-12,5
16	151	86,5	91,5	178	-27
20	154	87	114	201	-47

Из данных этой таблицы видно, что при $k > 16$ структурно-устойчивое звено выглядит по аппроксимирующей функции неустойчивым ($\varphi_{кр} < -180^\circ$); большая ошибка может наблюдаться и при малом значении передаточного коэффициента звена, так как она определя-

ется передаточным коэффициентом всей системы, обычно значительным по величине.

В заключение следует отметить, что такую аппроксимацию кривой второго порядка через кривую первого порядка с запаздыванием нельзя допускать при близких друг к другу значениях постоянных времени звена и при больших или, наоборот, малых коэффициентах системы.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. М. В. Мееров, В. Г. Дианов. Теория автоматического регулирования и авторегуляторы. Гостехиздат, 1963. [2]. Р. Ольденбург, Г. Сарториус. Динамика автоматического регулирования, ГЭИ, 1949.

Поступила 15 февраля 1971 г.

УДК 65.011.56

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ЛИНИЙ РАЗВЕТВЛЕННОЙ ВЗАИМОСВЯЗАННОЙ СТРУКТУРЫ

Д. Л. ДУДЮК

Львовский лесотехнический институт

Разветвленная автоматизированная линия с гибкими взаимными связями технологических агрегатов представлена как многофазная многолинейная система массового обслуживания без потерь с простейшим входящим потоком и экспоненциальным временем обслуживания. Исходя из этой модели определены аналитические зависимости возможной загрузки технологических агрегатов и линий в целом от параметров агрегатов, их количества на каждой операции и среднего межоперационного запаса заготовок.

Разветвленные автоматизированные поточные линии с гибкими взаимными связями технологических агрегатов по своей структуре сложны. На отдельных технологических операциях этих линий используется несколько агрегатов; между агрегатами смежных операций могут быть установлены буферные устройства, обеспечивающие, кроме накопления определенных запасов заготовок, их передачу от любого агрегата предыдущей операции к любому агрегату последующей операции. В связи с этим рассматриваемые автоматизированные поточные линии наиболее надежны [1].

В условиях лесопромышленных предприятий для оценки эффективности линий такой структуры необходимо раскрыть основные закономерности их функционирования. Процесс работы разветвленных автоматизированных линий с гибкими взаимными связями технологических агрегатов по первичной переработке древесины соответствует процессу функционирования многофазных многоканальных систем массового обслуживания без потерь с простейшими входящими потоками требований и экспоненциальным временем обслуживания [3].

Рассмотрим поточную линию, состоящую из k последовательных фаз обработки заготовок. Каждая фаза может состоять из одного или нескольких r параллельно работающих агрегатов; i -тая фаза состоит из r_i агрегатов. Состояние линии как многофазной системы массового обслуживания определяется в произвольный момент времени числом заготовок n в каждой фазе.

Стационарное состояние автоматизированной линии разветвленной взаимосвязанной структуры описывается системой уравнений

$$\left[\lambda + \sum_{i=1}^k \delta(n_i) \alpha(n_i) \mu_i \right] p(n_1, \dots, n_k) = \sum_{i=1}^k \delta(n_i + 1) \alpha(n_i + 1) \mu_i p(n_1, \dots, n_i + 1, n_{i+1} - 1, n_{i+2}, \dots, n_k) + \lambda p(n_1 - 1, n_2, \dots, n_k), \quad (1)$$

где λ — интенсивность входящего потока заготовок;
 μ_i — интенсивность обработки заготовок на i -том агрегате;

$$\alpha(n_i) = \begin{cases} n_i, & n_i < r_i; \\ r_i, & n_i \geq r_i; \end{cases}$$

$$\delta(n_i) = \begin{cases} 1, & n_i \neq 0; \\ 0, & n_i = 0. \end{cases}$$

Решая эти уравнения [4], получим вероятность того, что в i -той фазе линии находится n_i заготовок,

$$p(n_1, \dots, n_k) = p(0, \dots, 0) \prod_{i=1}^k b(n_i), \quad (2)$$

$$\text{где } b(n_i) = \begin{cases} \frac{r_i^{n_i}}{n_i!} \rho^{n_i}, & n_i < r_i; \\ \frac{r_i^{r_i}}{r_i!} \rho^{n_i}, & n_i \geq r_i. \end{cases}$$

Сумма вероятностей всех возможных состояний автоматизированной линии равна единице. Поэтому из уравнения (2) можно найти вероятность того, что во всех фазах поточной линии нет ни одной заготовки, то есть все агрегаты линии простаивают,

$$p(0, \dots, 0) = \frac{1}{\prod_{i=1}^k \sum_{n_i=0}^{\infty} b(n_i)}. \quad (3)$$

Распределение вероятностей числа заготовок для любой фазы или агрегата линии получим из уравнения (2) суммированием по числу заготовок, которые могут находиться во всех остальных фазах. Отсюда вероятность того, что в i -той фазе имеется n_i заготовок,

$$p(n_i) = \frac{b(n_i)}{\sum_{n_i=0}^{\infty} b(n_i)}. \quad (4)$$

Из уравнения (4) определяем вероятность того, что на i -той операции одновременно находится n_i заготовок для случая двух параллельно работающих агрегатов,

$$p_2(n_i) = (2\rho_i)^{n_i} \frac{1 - \rho_i}{1 + \rho_i}, \quad n_i \leq 1;$$

$$p_2(n_i) = 2\rho_i^{n_i} \frac{1 - \rho_i}{1 + \rho_i}, \quad n_i \geq 2 \quad (5)$$

и для трех агрегатов

$$p_3(n_i) = \begin{cases} \frac{1}{n_i!} (3\rho_i)^{n_i} \frac{1 - \rho_i}{1 + 2\rho_i + 1,5\rho_i^2}, & n_i \leq 2; \\ 4,5\rho_i^{n_i} \frac{1 - \rho_i}{1 + 2\rho_i + 1,5\rho_i^2}, & n_i \geq 3. \end{cases} \quad (6)$$

Аналогично получены выражения для четырех и пяти параллельно работающих агрегатов. Из анализа следует, что распределение вероятностей числа объектов труда (заготовок) на какой-либо операции определяется, во-первых, величиной загрузки технологических агрегатов по времени и, во-вторых, числом агрегатов на этой операции. Вероятность того, что на каком-либо участке линии находится n_i объектов труда (заготовок), определяется, как и в случае последовательного соединения агрегатов [2], этим числом n_i , коэффициентом загрузки агрегатов участка и, кроме того, числом параллельно работающих агрегатов на участке.

Исходя из распределения вероятностей числа заготовок в фазе получаем среднее число заготовок, находящихся в зоне агрегатов этой фазы,

$$L_i = \sum_{n_i=0}^{\infty} \frac{n_i b(n_i)}{\sum_{n_i=0}^{\infty} b(n_i)} \quad (7)$$

В частности, для двух параллельно работающих агрегатов среднее число заготовок в фазе

$$L_{i2} = 2 \frac{\rho_i}{1 - \rho_i^2} \quad (8)$$

и соответственно для трех агрегатов в фазе

$$L_{i3} = 3 \frac{1 + \rho_i - 0,5\rho_i^2}{1 + \rho_i - 0,5\rho_i^2 - 1,5\rho_i^3} \quad (9)$$

Среднее число заготовок, обрабатываемых агрегатами i -той фазы,

$$L_{i0} = r_i \rho_i \quad (10)$$

Среднее число заготовок, накапливаемых в буферных устройствах перед агрегатами i -той фазы,

$$L_{i \text{ ок}} = \sum_{n_i=r_i+1}^{\infty} \frac{(n_i - r_i) b(n_i)}{\sum_{n_i=0}^{\infty} b(n_i)} \quad (11)$$

В случае двух параллельно работающих агрегатов число заготовок, накапливаемых в буферном устройстве перед ними,

$$L_{2 \text{ ок}} = 2 \frac{\rho_i^2}{1 - \rho_i^2} \quad (12)$$

и соответственно для трех агрегатов в фазе

$$L_{3 \text{ ок}} = \frac{4,5\rho_i^4}{1 + \rho_i - 0,5\rho_i^2 - 1,5\rho_i^3} \quad (13)$$

Полученные здесь теоретические зависимости между основными показателями качества использования оборудования в разветвленных линиях довольно промоздки (особенно при увеличении числа параллельно работающих агрегатов) и пользоваться ими не совсем удобно. Для практических расчетов были найдены упрощенные эмпирические соотношения.

Общее среднее число заготовок, находящихся в зоне агрегатов i -той операции,

$$L_i = L_p C_p^{r_i - 1}, \quad (14)$$

где

$$L_1 = \frac{\rho_i}{1 - \rho_i};$$

$$C_p = 1 + \frac{5}{9}(1 - \rho_i).$$

Общее среднее число заготовок, накапливаемых перед агрегатами i -той операции и ожидающих начала обработки.

$$L_{\text{ож}} = L_1 C_p^{r_i - 1} - r_i \rho_i. \quad (15)$$

Как показали расчеты показателей качества использования технологических агрегатов в линиях разветвленной взаимосвязанной структуры, отклонение результатов, полученных по этим эмпирическим формулам, от теоретических не превышает 5% в диапазоне от одного до пяти параллельно работающих агрегатов при их средней загрузке по времени от 0,20 до 100.

С увеличением числа параллельно работающих агрегатов возрастает и общее число заготовок на соответствующем участке линии (14). Этот рост обусловлен увеличением числа одновременно обрабатываемых заготовок (10). Общее количество заготовок, накапливаемых в буферных устройствах перед агрегатами в соответствующей фазе, при этой же загрузке агрегатов уменьшается. Еще более интенсивно снижается среднее число заготовок, накапливаемых в буферных устройствах перед каждым агрегатом. Это означает, что при увеличении числа параллельно работающих агрегатов в линии возрастают коэффициент использования агрегатов и производительность линии.

Полная или частичная взаимозаменяемость технологических агрегатов, общее использование межоперационных запасов заготовок дают возможность наиболее полно использовать технологические агрегаты и буферные устройства. Поэтому разветвленные автоматизированные линии с гибкими взаимными связями агрегатов обладают наиболее высокой надежностью и максимальной производительностью.

Полученные нами аналитические зависимости возможной загрузки технологических агрегатов и линий в целом от параметров агрегатов, их количества на каждой операции и числа заготовок, которые могут накапливаться перед каждым агрегатом или группой агрегатов, позволяют определить оптимальные параметры агрегатов, буферных устройств и выбрать оптимальную структуру автоматизированных линий.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Г. А. Бильке. Автоматизация производственных процессов лесопромышленных предприятий. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1972. [2]. Д. Л. Дудюк. Математическое описание процесса работы автоматизированных поточных линий. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 1972. [3]. Д. Л. Дудюк. Математичне моделювання автоматизованих ліній змішаного агрегативання. Сб. «Лесная и деревообрабатывающая промышленность», вып. 9, изд-во «Будівельник», Киев, 1973. [4]. Т. С а а т и. Элементы теории массового обслуживания и ее приложения. Изд-во «Советское радио», М., 1965.

Поступила 18 июля 1973 г.

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 634.0.652

К ВОПРОСУ О СТОИМОСТНОЙ ОЦЕНКЕ ЛЕСНЫХ РЕСУРСОВ

Т. А. КИСЛОВА

Львовский лесотехнический институт

Рассматриваются факторы, которые следует учитывать при стоимостной оценке лесных ресурсов; устанавливается объект и основа этой оценки. Приводятся результаты расчетов по определению цены конкретных участков леса. Анализируется роль отдельных элементов цены лесных угодий в различных условиях местопроизрастания.

В последнее время все чаще появляются высказывания о необходимости стоимостной оценки всех видов природных ресурсов, в том числе лесных. При изучении проблемы стоимостной оценки лесов возникают два основных вопроса: что следует принять в качестве объекта оценки — лес как угодье или древесный запас; что должно лежать в основе стоимостной оценки.

Как справедливо отмечал П. В. Васильев [1], нельзя говорить об экономической оценке лесов без учета того, что дают растущие леса сверх древесного сырья. Следовательно, правильная экономическая оценка лесов возможна лишь в том случае, если ее объектом явится лес как угодье, а не только его древесный запас. К такому мнению приходят многие исследователи. Поскольку удаление древостоя ведет к исчезновению лесного биогеоценоза, при рубке насаждения на его запас переносится стоимость всего лесного угодья. Чем выше полезность и соответственно потребительная стоимость лесного угодья, тем дороже должен оцениваться его древесный запас.

По вопросу об основе стоимостной оценки лесов, как и природных ресурсов вообще, существуют различные мнения. Мы считаем, что этот вопрос следует решать дифференцированно в зависимости от вида ресурсов — воспроизводимых или невозпроизводимых. Если в отношении невозпроизводимых природных ресурсов — земли, полезных ископаемых и т. п. — еще возможны споры о включении в их цену «себестоимости освоения», то при оценке воспроизводимых ресурсов — леса, охотничьей фауны и др. — должны учитываться затраты на их воспроизводство, независимо от происхождения ресурсов — искусственного или естественного. Эти затраты по экономической природе ничем не отличаются от издержек производства, то есть имеют характер себестоимости [1]. Однако оценка лесов только по восстановительной себестоимости не отражает качества древостоя и его местоположения, то есть искажает представление о действительной ценности лесных ресурсов. Следовательно, при оценке лесов необходимо учитывать дифференциальную ренту. Это обстоятельство отмечают П. В. Васильев [2], И. В. Воронин [3], Т. С. Лобовиков [4] и др. В то же время оценка лесов по дифференциальной ренте может характеризовать лишь их сравнительную ценность, но не стоимость. При таком методе леса, находящиеся в худших условиях, получили бы нулевую оценку, как если бы оказались ни к чему не пригодными и совершенно бесполез-

ными. Но, как известно, все леса выполняют важные гидроклиматические функции, служат местом обитания полезной охотничьей фауны и т. п., в связи с чем подобная их оценка была бы неверной.

Таким образом, схематически стоимостная оценка лесов должна слагаться из трех элементов: себестоимости 1 га леса, средней прибыли на затраченные лесным хозяйством средства и дифференциальной лесной ренты. При этом необходимо учитывать не только ренту, образующуюся в лесовыращивании и лесозаготовительной (для краткости назовем ее соответственно лесохозяйственной и лесозаготовительной), но и ренту, которая создается в тех отраслях, где производство испытывает мелiorативное влияние леса (лесомелiorативную ренту — в сельском, водном хозяйстве и на транспорте).

В соответствии с изложенным, мы произвели денежную оценку 1 га соснового леса Iа и V классов бонитета, произрастающего в условиях Радеховского лесхозага Львовской области. Затраты на выращивание 1 га леса вычислены по данным отчетов лесхозага (форма № 10-лх) как средние за три года. Необходимые таксационные показатели определены по таблицам хода роста (всеобщим) сосновых насаждений А. В. Тюрина. Для возраста 5 и 10 лет эти данные исчислены нами методом экстраполяции. Возраст главной рубки древостоев сосны в лесхозаге установлен в 110 лет. Принято, что древостой непосредственно примыкает к пахотным землям, занятым сельскохозяйственными культурами; через лесные участки проходит железная дорога.

Таблица 1

Возраст, лет	Запас на 1 га, м ³ , для классов бонитета		Себестоимость выращивания, руб.				Рента на 1 га	
	Iа	V	1 га	1 м ³			руб.	% к максимальной
				Iа класс бонитета	V класс бонитета	разность		
5	28	4	314	11,21	78,50	67,29	1884	77,0
10	58	9	366	6,31	40,66	34,35	1992	81,4
20	112	18	468	4,17	26,00	21,83	2445	100,0
30	224	43	443	1,97	10,30	8,33	1866	76,3
40	339	77	418	1,23	5,43	4,20	1424	58,2
50	447	109	430	0,96	3,94	2,98	1332	54,4
60	538	141	442	0,82	3,13	2,31	1243	50,8
70	616	168	454	0,73	2,70	1,97	1214	49,6
80	680	191	433	0,63	2,26	1,63	1108	45,3
90	736	207	412	0,54	1,99	1,45	1067	43,6
100	785	221	391	0,49	1,76	1,27	997	40,7
110	825	231	370	0,44	1,60	1,16	957	39,1

Лесохозяйственная рента (табл. 1) определена как разность в затратах на выращивание 1 м³ древесины в различных условиях местопроизрастания, отнесенная на 1 га леса, выращиваемого в лучших условиях. Полученная таким образом величина показывает, насколько дешевле обходится выращивание одного и того же объема древесины в благоприятных условиях.

Как видно из таблицы, величина лесохозяйственной ренты с возрастом древостоя изменяется неоднозначно.

При расчетах лесозаготовительной ренты принято, что эксплуатация древостоя начинается только при среднем объеме хлыста не ниже 0,10 м³. Эта рента, образующаяся в результате различий в объеме хлыста, добротности и запаса древесины на 1 га, исчислена на основе поправочных коэффициентов Гипролестранса, отражающих изменение себестоимости заготовки и вывозки древесины от указанных факторов,

Таблица 2

Возраст, лет	Средние		Запас древесины, м ³	Рента на 1 га, руб.							по добротности на 1 га	итого
	диаметр, см	объем хлыста, м ³		на заготовке			на вывозке					
				Себестоимость 1 м ³	Рента		Себестоимость 1 м ³	Рента				
				на 1 м ³	на 1 га		на 1 м ³	на 1 га				
30	14,5	0,10	224	3,08	—	—	2,73	—	—	—	—	
40	19,0	0,23	339	2,80	0,28	95	2,38	0,35	119	190	404	
50	23,3	0,42	447	2,28	0,80	358	2,32	0,41	183	250	791	
60	27,2	0,65	538	2,17	0,91	490	2,27	0,46	247	301	1038	
70	30,8	0,92	616	1,96	1,12	690	2,24	0,49	302	345	1337	
80	34,1	1,21	680	1,92	1,16	789	2,24	0,49	333	381	1503	
90	37,2	1,52	736	1,87	1,21	891	2,21	0,52	383	412	1686	
100	40,0	1,85	785	1,87	1,21	950	2,21	0,52	408	440	1798	
110	42,4	2,14	825	1,82	1,26	1040	2,21	0,52	429	462	1931	

Ia класс бонитета

80	13,7	0,10	191	3,08	—	—	2,73	—	—	—	—
90	15,1	0,13	207	3,34	-0,26	-54	2,50	0,23	48	—	-6
100	16,4	0,16	221	3,08	0	0	2,48	0,25	55	—	55
110	17,5	0,19	231	3,08	0	0	2,48	0,25	58	—	58

V класс бонитета

80	13,7	0,10	191	3,08	—	—	2,73	—	—	—	—
90	15,1	0,13	207	3,34	-0,26	-54	2,50	0,23	48	—	-6
100	16,4	0,16	221	3,08	0	0	2,48	0,25	55	—	55
110	17,5	0,19	231	3,08	0	0	2,48	0,25	58	—	58

Таблица 3

Возраст, лет	Высота, м	Зона полезного влияния		Рента на 1 га, руб.						
				в сельском хозяйстве				на транспорте		
		м	га	за год	за период	с начала выращивания	теряемая	за период	с начала выращивания	теряемая
5	2,3	32	0,3	20	20	20	1580	130	130	910
10	4,6	64	0,6	40	150	170	2995	130	260	1040
20	9,6	134	1,3	86	630	800	5400	260	520	780
30	14,3	200	2,0	132	1090	1890	7230	—	—	520
40	18,4	258	2,6	172	1520	3410	8380	—	—	520
50	22,2	311	3,1	205	1885	5292	8938	—	—	520
60	25,3	354	3,5	231	2180	7475	8938	—	—	520
70	27,9	391	3,9	257	2440	9915	8380	—	—	520
80	30,0	420	4,2	277	2670	12585	7230	—	—	520
90	31,9	447	4,5	297	2920	15505	5400	260	780	520
100	33,6	470	4,7	310	3035	18540	2995	260	1040	260
110	34,8	487	4,9	323	3165	21705	0	—	—	0

Ia класс бонитета

5	2,3	32	0,3	20	20	20	1580	130	130	910
10	4,6	64	0,6	40	150	170	2995	130	260	1040
20	9,6	134	1,3	86	630	800	5400	260	520	780
30	14,3	200	2,0	132	1090	1890	7230	—	—	520
40	18,4	258	2,6	172	1520	3410	8380	—	—	520
50	22,2	311	3,1	205	1885	5292	8938	—	—	520
60	25,3	354	3,5	231	2180	7475	8938	—	—	520
70	27,9	391	3,9	257	2440	9915	8380	—	—	520
80	30,0	420	4,2	277	2670	12585	7230	—	—	520
90	31,9	447	4,5	297	2920	15505	5400	260	780	520
100	33,6	470	4,7	310	3035	18540	2995	260	1040	260
110	34,8	487	4,9	323	3165	21705	0	—	—	0

V класс бонитета

5	0,9	13	0,1	7	7	7	703	130	130	910
10	1,8	25	0,2	13	50	57	1363	130	260	1040
20	3,5	49	0,5	33	230	287	2488	260	520	780
30	5,4	76	0,8	53	430	717	3343	—	—	520
40	7,4	104	1,0	66	595	1312	3933	—	—	520
50	9,2	129	1,3	86	760	2072	4228	—	—	520
60	10,8	151	1,5	99	925	2997	4228	—	—	520
70	12,3	172	1,7	112	1055	4052	3933	—	—	520
80	13,4	188	1,9	125	1185	5237	3343	—	—	520
90	14,3	200	2,0	132	1285	6522	2488	260	780	520
100	15,1	211	2,1	139	1355	7877	1363	260	1040	260
110	15,6	218	2,2	145	1420	9297	0	—	—	0

а также с учетом данных В. К. Шкатова [5] *. Как следует из табл. 2, лесозаготовительная рента повышается с возрастом древостоя.

Лесомелиоративная рента (табл. 3) исчислена следующим образом: в сельском хозяйстве — по величине дополнительного дохода от земледелия в зоне полезащитного влияния опушечной стены леса с учетом севооборотов, практикуемых колхозами Львовской области; на транспорте — как экономия на затратах, необходимых для создания снегозащитных полос при отсутствии насаждений гослесфонда. По данным Львовской дистанции защитных насаждений Львовской железной дороги, эти затраты на 1 га полосы составляют в среднем 26 руб. в год. Такую сумму Львовская железная дорога ежегодно экономит на каждых 100 м пути, проходящего через лесной массив. Водохозяйственная рента здесь не учтена.

Лесомелиоративная рента включена в цену леса в той части, которая теряется при досрочной вырубке древостоя. Размер теряемой ренты сначала растет с увеличением возраста древостоя, а затем снижается.

Таблица 4

Возраст, лет	Себестоимость 1 га леса		Накопления		Рента на 1 га леса						Цена 1 га леса		
					лесозаготовительная		лесомелиоративная		руб.	%	% к максимальной		
	руб.	%	руб.	%	руб.	%	руб.	%					

Ia класс бонитета

5	314	6,6	31	0,7	1884	39,9	—	—	2490	52,8	4719	100	39
10	366	5,7	37	0,6	1992	31,0	—	—	4035	62,7	6430	100	53
20	468	5,1	47	0,5	2445	26,8	—	—	6180	67,6	9140	100	75
30	443	4,4	44	0,4	1866	18,5	—	—	7750	76,7	10103	100	83
40	418	3,8	42	0,4	1424	12,7	404	3,6	8900	79,5	11188	100	92
50	430	3,6	43	0,4	1332	11,0	791	6,5	9458	78,5	12054	100	99
60	442	3,6	44	0,4	1243	10,2	1038	8,5	9458	77,3	12225	100	100
70	454	3,8	45	0,4	1214	10,1	1337	11,2	8900	74,5	11950	100	98
80	433	4,0	43	0,4	1108	10,2	1503	13,9	7750	71,5	10837	100	89
90	412	4,5	41	0,4	1067	11,7	1686	18,4	5920	70,0	9126	100	75
100	391	6,0	39	0,6	997	15,4	1798	27,8	3255	50,2	6380	100	53
110	370	11,2	37	1,1	957	29,0	1931	58,7	—	—	3295	100	27

V класс бонитета

5	314	16,0	31	1,6	—	—	—	—	1613	82,4	1958	100	38
10	366	13,0	37	1,3	—	—	—	—	2403	85,7	2806	100	54
20	468	13,3	47	1,3	—	—	—	—	3008	85,4	3523	100	67
30	443	10,2	44	1,0	—	—	—	—	3863	88,8	4350	100	83
40	418	8,5	42	0,8	—	—	—	—	4453	94,7	4913	100	94
50	430	8,3	43	0,8	—	—	—	—	4748	90,9	5221	100	99
60	442	8,5	44	0,8	—	—	—	—	4748	90,7	5234	100	100
70	454	9,2	45	0,9	—	—	—	—	4453	89,9	4952	100	95
80	433	10,0	43	1,0	—	—	—	—	3863	89,0	4339	100	83
90	412	11,9	41	1,2	—	—	-6	-0,1	3008	87,0	3455	100	66
100	391	18,7	39	2,0	—	—	55	2,6	1603	76,7	2088	100	40
110	370	79,5	37	8,0	—	—	58	12,5	—	—	465	100	9

В табл. 4 показан расчет цены 1 га соснового леса в Радеховском лесхоззаге. Как видно, значительная роль в цене леса принадлежит лесной дифференциальной ренте. При этом в лучших участках большое значение имеют все виды лесной ренты, а в худших — лишь мелiorативная. В зависимости от района размещения оцениваемых лесных мас-

* Расстояние вывозки принято неизменным.

сивов, их продуктивности и других факторов соотношение между составными частями цены леса, очевидно, будет значительно варьировать.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. П. В. Васильев. Экономика использования и воспроизводства лесных ресурсов. Изд. АН СССР, М., 1963. [2]. П. В. Васильев. Вопросы оценки лесных ресурсов. Журн. «Плановое хозяйство» № 8, 1968. [3]. И. В. Воронин. К вопросу о стоимостном учете лесных ресурсов в СССР. Материалы совещания по стоимостной оценке лесов. СОПС Госплана СССР, М., 1965. [4]. Т. С. Лобовиков. Лес как экономическое явление. Сб. «Вопросы экономики лесного хозяйства», Центрально-Черноземное книжное изд-во, Воронеж, 1968. [5]. В. К. Шкатов. Попенная плата в СССР. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1965.

Поступила 15 января 1974 г.

УДК 634.0.792

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМБИНИРОВАНИЯ ЛЕСОЗАГОТОВОК С ПЕРЕРАБОТКОЙ ДРЕВЕСИНЫ

А. П. ПЕТРОВ, Л. П. АНДРЕЕВА

Ленинградская лесотехническая академия

Для оценки эффективности комбинирования лесозаготовок с деревопереработкой в леспромхозах рекомендуется использовать показатель предельной цены сырья. Установлением предельной цены сырья решается вопрос о целесообразности комбинирования того или иного производства по переработке древесины с лесозаготовками и выборе наиболее целесообразной формы организации переработки древесного сырья с точки зрения народного хозяйства.

Экономическими предпосылками для развития комбинирования лесозаготовок с переработкой древесины являются: снижение транспортных расходов за счет сокращения перевозок древесины в необработанном виде; сокращение потребности в транспортных средствах путем замены поставки из многолесных районов круглых лесоматериалов продуктами их переработки (пиломатериалы вместо пиловочника и т. д.); создание эффективных условий для развития производств по использованию низкосортной древесины и отходов в леспромхозах, поскольку организация перерабатывающих цехов в значительной мере увеличивает концентрацию ресурсов низкосортного сырья; уменьшение производственного цикла при получении конечной продукции переработки за счет исключения целого ряда складских и биржевых операций; рост объема реализации леспромхозов даже в условиях стабилизации или сокращения лесозаготовок; обеспечение занятости всего трудоспособного населения, главным образом женщин и подростков, труд которых не может быть использован в лесозаготовительном производстве.

С другой стороны, существуют факторы, объективно снижающие эффект комбинирования лесозаготовок с переработкой. Основным фактором выступает здесь ограничение по концентрации перерабатывающих производств, накладываемое существующими грузооборотами нижних складов и удельным весом заготавливаемых сортиментов, направляемых в переработку. Кроме этого, при оценке эффективности комбинирования необходимо учитывать существующий в лесной промышленности (особенно в многолесных районах) дефицит в рабочей силе.

Экономическая оценка процесса комбинирования лесозаготовок с переработкой древесины предполагает: установление показателей, ха-

рактически характеризующих уровень комбинирования производств; создание показателей, определяющих эффективность комбинирования и выбор вариантов организации перерабатывающих производств.

Уровень комбинирования может быть установлен по соотношению достигаемых результатов и по соотношению затрат производственных ресурсов. Для оценки достигаемых результатов могут быть использованы показатели товарной и чистой продукции и прибыли от реализации. Соотношение затрат производственных ресурсов оценивается по следующим показателям: основные фонды, трудозатраты, фонд заработной платы, себестоимость товарной продукции. Например, уровень комбинирования лесозаготовок с переработкой выражается удельным весом перерабатывающих производств в товарной продукции, прибыли, стоимости основных фондов, трудозатратах и т. д.

Для оценки эффективности комбинирования мы рекомендуем использовать показатель предельной цены сырья, которая обеспечивает рентабельное производство конечных продуктов и их доставку в пункт потребления.

При определении предельной цены сырья надо исходить из того, что потребители, получая конечную продукцию переработки древесины (пиломатериалы, тару и т. д.), оплачивают ее по существующим ценам франко-станция назначения, независимо от того, при каких формах организации производства эта продукция получена (в леспромхозах при комбинировании с лесозаготовками, на специализированных предприятиях или в пунктах потребления).

Установлению предельных цен на сырье должно предшествовать: расчленение процесса, связанного с переработкой сырья в конечную продукцию, на ряд «переделов» работ; установление для каждого передела работ затрат на их осуществление; обоснование нормативной величины прибыли по переделам работ, исходя из фондоемкости рассматриваемых производств; определение затрат на транспортировку сырья и конечной продукции; установление норм выхода конечной продукции.

Естественно, при влиянии ряда факторов экономические показатели затрат на производство и транспортировку не могут быть оценены однозначно; поэтому возникает необходимость в установлении функциональных зависимостей показателей затрат от факторов, их определяющих. Так, при оценке затрат на переработку сырья последние функционально связаны с концентрацией производства конечных продуктов: рост концентрации обуславливает снижение эксплуатационных затрат за счет внедрения более производительной техники и снижения условно постоянных расходов. Транспортные расходы по доставке сырья или готовой продукции, в свою очередь, зависят от расстояния перевозки и вида применяемых транспортных средств.

В оценке эффективности комбинирования лесозаготовок с переработкой особое место занимает вопрос о рациональном комплексном использовании сырья, прежде всего, отходов, образующихся в процессе переработки. Этот момент может быть учтен введением в расчеты предельной цены сырья корректирующей поправки, определяющей стоимость реализуемых отходов.

С учетом сказанного формула для расчета предельной цены a в общем виде может быть представлена выражением

$$a = \frac{Z - Q - P - T - t + \Delta S}{n}, \quad (1)$$

где Z — оптовая цена конечных продуктов франко-место потребления;

- Q — затраты на производство конечных продуктов без стоимости сырья;
 P — нормативная прибыль в производстве конечного продукта;
 l — транспортные расходы по доставке готовой продукции;
 T — транспортные расходы по доставке сырья;
 ΔS — стоимость реализуемых отходов, образующихся при переработке древесины в конечные продукты;
 n — расход сырья на единицу конечного продукта.

Установлением предельной цены сырья решается вопрос о целесообразности комбинирования переработки древесины с лесозаготовками: если предельная цена сырья выше существующей цены или равна ей, то для данного конкретного случая комбинирование производств целесообразно; если предельная цена меньше существующей, организация перерабатывающих цехов в леспромпхозах неэффективна.

Однако для установления целесообразности развития комбинирования лесозаготовок с переработкой древесины в народнохозяйственном плане следует определить предельную цену сырья при различных формах организации перерабатывающих производств. Это следующие формы переработки сырья: непосредственно в леспромпхозах (комбинирование с лесозаготовками); на специализированных предприятиях (лесозаводы, тарные комбинаты и т. д.); в пунктах потребления.

Оценим влияние различных факторов на формирование затрат и установление предельной цены сырья при различных формах организации лесоперерабатывающих производств.

При комбинировании деревопереработки с лесозаготовками можно выделить следующие передельные работы: биржевые работы по подготовке и подаче сырья в цехи переработки; переработка сырья с получением конечных продуктов; транспортировка конечной продукции потребителям.

Для названного комплекса работ предельная цена сырья может быть установлена по формуле

$$a_1 = \frac{Z - Q_1(M_1) \alpha_1 - rK_1(M_1) \beta_1 - t(L_1) - \Delta S_1}{n_1}, \quad (2)$$

где $Q_1(M_1)$ — эксплуатационные затраты на производство конечного продукта в зависимости от его концентрации M_1 ;

$K_1(M_1)$ — удельные капитальные вложения как функция концентрации производства конечного продукта;

r — отраслевой норматив рентабельности производственных фондов;

$t(L_1)$ — транспортные расходы на доставку готовой продукции в зависимости от дальности перевозок L_1 ;

α_1, β_1 — районные коэффициенты к себестоимости и капитальным вложениям;

ΔS_1 — стоимость реализуемых отходов при их переработке в леспромпхозах;

n_1 — расход сырья на единицу конечного продукта при его производстве в леспромпхозах.

Переработка сырья на специализированных предприятиях включает следующие передельные работы: транспортировка сырья к местам его переработки; биржевые работы по приемке, выгрузке, хранению, подготовке и подаче сырья в производство; переработка сырья в конечные продукты; доставка конечной продукции потребителям.

Названные условия позволяют для расчета предельной цены сырья применить формулу

$$a_2 = \frac{Z - Q_2(M_2)\alpha_2 - rK_2(M_2)\beta_2 - T(L_2) - t(L_2) + \Delta S_2}{n_2}, \quad (3)$$

где $T(L_2)$ — транспортные расходы на доставку сырья к перерабатывающим предприятиям.

Остальные параметры в формуле (3) идентичны параметрам в формуле (2), они помечены индексом «2».

Производство продукции в местах ее потребления характеризуется следующими переделами работ: транспортировка сырья потребителям; переработка сырья в пунктах потребления.

Для указанной формы организации переработки древесины предельная цена сырья может быть установлена по формуле

$$a_3 = \frac{Z - Q_3(M_3)\alpha_3 - rK_3(M_3)\beta_3 - T(L_3) + \Delta S_3}{n_3}, \quad (4)$$

где $T(L_3)$ — транспортные расходы на доставку сырья потребителям конечной продукции в зависимости от расстояния перевозки l_3 .

Остальные параметры в формуле (4) идентичны параметрам в формулах (2) и (3).

Анализ содержания формул (2)—(4) позволяет оценить влияние различных факторов на условия эффективной организации деревоперерабатывающих производств в леспромхозах

$$a_1 > a_2; \quad a_1 > a_3; \quad a_1 \geq c. \quad (5)$$

Смысл этих неравенств заключается в том, что комбинирование деревопереработки с лесозаготовками экономически целесообразно лишь в том случае, когда предельная цена сырья a_1 , установленная по условиям его переработки в леспромхозах, выше предельной цены сырья a_2 и a_3 , рассчитанной по условиям его переработки на специализированных предприятиях или в пунктах потребления; в то же время для обеспечения материальной заинтересованности предприятий в организации перерабатывающих производств предельная цена сырья должна превышать существующую цену сырья или быть равной ей ($a_1 \geq c$).

Как видно из содержания формул (2)—(4), установлению условий эффективного комбинирования лесозаготовок с переработкой должны предшествовать исследования по оценке влияния концентрации деревоперерабатывающих производств при различных видах технологии на их экономические показатели (себестоимость, капитальные вложения), по определению транспортных расходов на доставку сырья и готовой продукции, по установлению эффекта от комплексного использования древесины.

УДК 674.093.003.1

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ БАЛАНСА ДРЕВЕСИНЫ ПРИ ВТОРИЧНОМ РАСКРОЕ СЫРЬЯ

М. А. ЯСИНСКАЯ

Ленинградская лесотехническая академия

Приведены теоретические предпосылки комплексного использования баланса древесины при вторичном раскросе сырья и его экономический анализ, показана зависимость выхода заготовок на общий выпуск пилопродукции при раскросе пиломатериалов. Данные исследования позволяют определить экономическую эффективность комплексного использования древесины при вторичном раскросе сырья.

Основным показателем в использовании сырья при раскросе пиломатериалов считается процент выхода заготовок с учетом планирования спецификации и их назначения. Поэтому очень важно определить эффективность количественного и качественного выхода всех видов пилопродукции. Коэффициент выхода заготовок при вторичном раскросе сырья $K_{\text{вых}}$ и обратная ему величина — коэффициент расхода сырья на единицу продукции $K_{\text{расх}}$ могут быть найдены по формулам

$$K_{\text{вых}} = \frac{V_3}{V_{\text{п}}};$$

$$K_{\text{расх}} = \frac{1}{K_{\text{вых}}},$$

где V_3 — объем заготовок, м^3 ;

$V_{\text{п}}$ — объем пиломатериалов, м^3 .

Выход зависит от ряда факторов, из которых главным является соотношение размеров и качества исходного сырья — пиломатериалов и продукции — заготовок. Правильный выбор сырья в соответствии с требованиями на заготовки и планирование раскроя могут существенно улучшить использование древесины. Целесообразность применения того или иного вида и качества пиломатериалов (обрезные или необрезные доски) при раскросе их на заготовки определяется исходя из коэффициента расхода сырья на 1 м^3 заготовок, стоимости сырья и затрат на производство заготовок.

Таблица 1

Виды пилопродукции	Стоимость пиломатериалов, руб./ м^3 по сортам			
	I	II	III	IV
Заготовки	79,30	76,50	70,70	60,90
Обрезные пиломатериалы	52,10	43,00	33,80	24,70
Необрезные пиломатериалы	42,30	35,00	27,70	20,40

Анализируя стоимость (оптовые цены) обрезных и необрезных пиломатериалов и заготовок по сортам и категориям качества (табл. 1, 2), видим, что отношение стоимости необрезных и обрезных досок показывает примерный процент потерь в рейку при обрезке досок

Таблица 2

Сравниваемые виды пилопродукции	Соотношение стоимости по сортам			
	I	II	III	IV
Доски необрезные — доски обрезные	0,81	0,81	0,82	0,82
Доски обрезные — заготовки	0,66	0,56	0,48	0,406
Доски необрезные — заготовки	0,53	0,46	0,39	0,335

Примечание. Для сравнения приняты: а) хвойные заготовки досковые длиной 1 м и выше, шириной 80—150 мм, толщиной 25—32 мм; б) хвойные пиломатериалы обрезные и необрезные длиной 2,0—6,5 м, толщиной 25—32 мм.

(18—19%). Отношение стоимости пиломатериалов к стоимости заготовок примерно соответствует проценту выхода заготовок из досок с учетом затрат на их изготовление.

Если за единицу принять выход заготовок из обрезных досок, то при раскросе необрезных досок эффективное отношение выхода необрезных досок к обрезным для I сорта должно быть не менее 0,80, для II — 0,82, для III — 0,81, для IV — 0,82. Средний выход, равный 80% означает, что если при раскросе необрезных досок выход заготовок получается на 20% меньше, чем при раскросе обрезных, то переход на необрезные пиломатериалы эффективен.

Прибыль Π от производства заготовок можно определить по формуле

$$\Pi = C - \left(\frac{a}{K_{\text{вых}}} + O + e \right) \text{ руб.},$$

где C — стоимость заготовок в оптовых ценах;

a — стоимость пиломатериалов;

O — стоимость обработки заготовок;

e — прочие затраты.

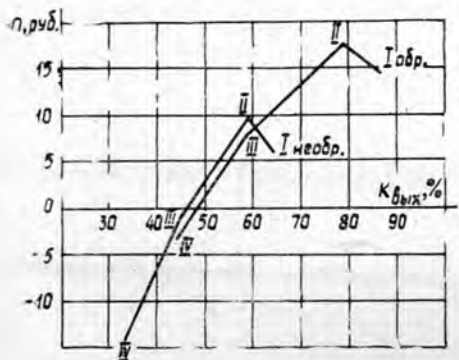


Рис. 1.

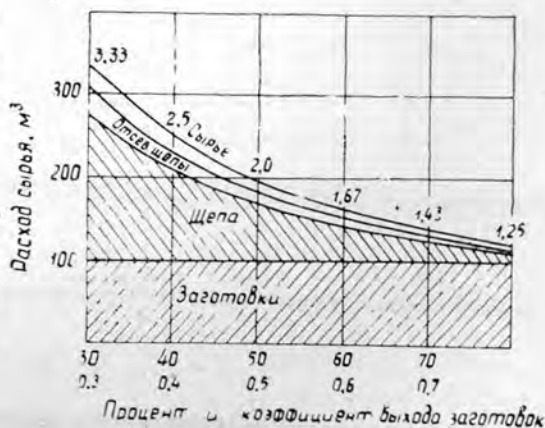


Рис. 2. Баланс древесины на 100 м³ выпуска заготовок.

Если величина Π положительна, то производство заготовок экономически выгодно для предприятия. Наихудшим будет вариант, когда отходы от сырья не используются. Если же отходы будут использоваться, то величина Π должна быть увеличена на сумму их стоимости. Зависимость прибыли от процента выхода заготовок и качества досок показана на рис. 1, из которого видно, что прибыль от производства

заготовок находится в прямой зависимости от процента выхода заготовок и качества сырья и что производство заготовок из обрезных пиломатериалов более экономично, чем из необрезных.

Из рис. 2 видно, что повышение выхода пилопродукции от 30 до 40% уменьшает расход сырья на единицу продукции значительно (на 32%), чем повышение выхода от 60 до 70% (на 21,4%). Следовательно, особое внимание следует обращать на повышение выхода в зоне низких выходов заготовок, например, при раскросе низкосортных пиломатериалов (III—IV сортов). Исчисление баланса древесины при вторичном раскросе производится при условии, что количество опилок, зависящее от способа раскроса и формирования сечения заготовок, не изменяется с выходом последних, так как для сравнения принят один и тот же способ раскроса и одинаковые средние размеры заготовок.

Отходы (рейка, кусковые отходы), полученные при раскросе пиломатериалов, предусматривается использовать на выработку технологической щепы.

Баланс древесины на 100 м³ объема пиломатериалов показан в табл. 3 и на 100 м³ выпуска заготовок — в табл. 4.

Таблица 3

Показатели	Баланс древесины, %, на 100 м ³ объема сырья при выходе заготовок, %					
	30	40	50	60	70	80
Заготовки	30	40	50	60	70	80
Щепа	53	45	36	28	19	11
Опилки	7	7	7	7	7	7
Отсев щепы	10	8	7	5	4	2
Всего продукции, %	100	100	100	100	100	100

Таблица 4

Показатели	Баланс древесины, м ³ , на 100 м ³ выпуска заготовок при выходе заготовок, %					
	30	40	50	60	70	80
Расход пиломатериалов	333	250	200	167	143	125
Продукция:						
заготовки	100	100	100	100	100	100
щепы	177	112	72	47	27	13
опилки	23	18	14	12	10	9
отсев щепы	33	20	14	8	6	3
Всего продукции	333	250	200	167	143	125

Таблица 5

Вид продукции	Стоимость 1 м ³ , руб., по сортам и категориям качества			
	I	II	III	IV
Пиломатериалы (50% обрезных и 50% необрезных)	47,20	39,00	30,70	22,50
Заготовки	79,30	76,50	70,70	60,90

Переведем баланс древесины на 100 м³ выпуска заготовок в ценностное выражение. Цены принимаются средние по преискуранту 07—03 (табл. 5, для II пояса).

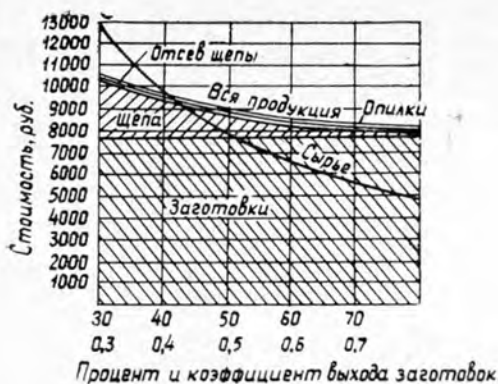
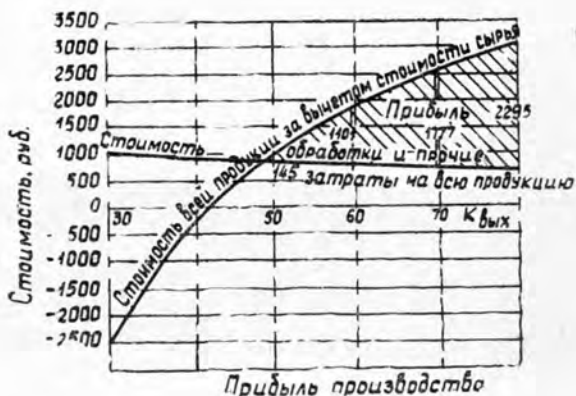


Рис. 3. Стоимость всех видов продукции при выпуске 100 м³ заготовок из пиломатериалов II сорта.

Рис. 4. Прибыль производства на 100 м³ заготовок из пиломатериалов II сорта.



Прибыль производство

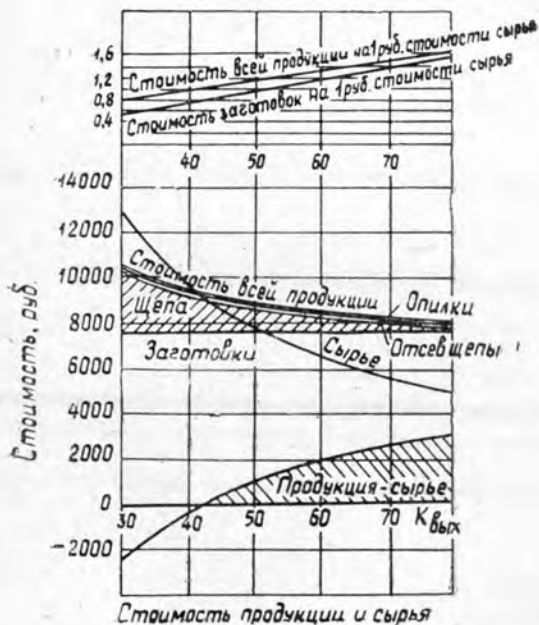


Рис. 5. Стоимость продукции и сырья на 100 м³ заготовок из пиломатериалов II сорта.

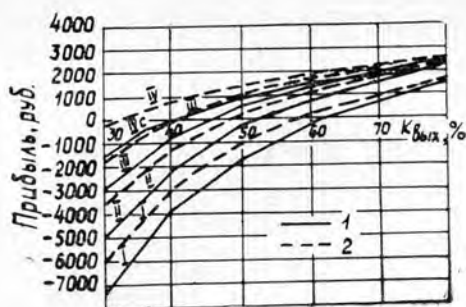


Рис. 6. Зависимость прибыли от процента выхода заготовок и сорта пиломатериалов.

1 — прибыль от производства 100 м³ заготовок;
2 — прибыль от всей продукции.

Оптовая цена на целлюлозную сульфатную щепу принимается 15,0 руб. за 1 м³, опилки и отсев щепы оцениваются по 2 руб. за 1 м³. Стоимость продукции, входящей в состав баланса древесины, показана в табл. 6 и на рис. 3—6.

Из анализа этих данных можно сделать следующие выводы.

1. Понижение выхода заготовок до 30—40% делает выпуск их убыточным для всех сортов пиломатериалов. В этих пределах выхода убытки от производства заготовок уменьшаются с понижением сорта пиломатериалов.

В случае использования полученных отходов положение несколько меняется. Производство заготовок становится прибыльным при 40% выхода из IV сорта пиломатериалов и выпуске из отходов комплекса продуктов (щепы, опилки, отсев щепы). Производство заготовок из пиломатериалов I, II и III сортов при этих же условиях экономически нецелесообразно. Производство заготовок при 30% выхода и использовании отходов на щепу экономически неэффективно для всех сортов пиломатериалов.

2. Повышение процента выхода заготовок вызывает уменьшение расхода сырья, а вместе с тем снижает затраты на производство заготовок и всей продукции.

3. С увеличением процента выхода заготовок снижается процент стоимости сырья в общей стоимости продукции. Для III сорта пиломатериалов при 40% выхода он составит 86,9 а при 70% выхода — 58,5%. Средний процент стоимости сырья в стоимости продукции находится в пределах 60—80.

4. Стоимость всей продукции за вычетом стоимости сырья при неизменном количестве заготовок (100 м³) растет по мере увеличения процента выхода их из пиломатериалов. Если при 30% выхода заготовок стоимость всей продукции была меньше стоимости сырья, то с увеличением процента выхода эта разница становится величиной положительной и растет по мере повышения выхода заготовок.

УДК 658.58.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ ОБОРОТНЫХ И ОБМЕННЫХ ФОНДОВ АГРЕГАТОВ

Ю. П. КОНОНОВ

СевНИИП

Рассматривается процесс организации агрегатного ремонта лесозаготовительной техники на ремонтном предприятии как система массового обслуживания с ожиданием. Приведено описание метода расчета оптимальных размеров обменного и оборотных фондов агрегатов. Дан пример расчета.

Необходимое условие внедрения агрегатного метода ремонта — создание оборотных и обменных фондов агрегатов и узлов на лесозаготовительных и ремонтных предприятиях. При этом большое значение приобретают вопросы определения оптимальных размеров этих фондов, так как их комплектование связано со значительными материальными затратами, а заниженная величина фондов приводит к увеличению простоя машин в ремонте.

Необходимое количество резервных агрегатов на ремонтном и лесозаготовительных предприятиях может быть определено при рассмотрении всей замкнутой схемы движения агрегатов как единой системы массового обслуживания. Только в этом случае можно установить время оборота агрегата, оптимальный фонд резервных агрегатов в целом для всей системы ремонта и наиболее выгодный режим работы.

Поток отказов агрегатов, а следовательно и поступления их в ремонт, имеет случайный характер. Поэтому, на ремонтном предприятии в некоторые промежутки времени создается очередь, длина которой определяет время ожидания ремонта. Значит, время оборота агрегата, включающее в себя продолжительность транспортировки в ремонт, ожидания в очереди, время самого ремонта и время транспортировки отремонтированного агрегата, — также случайная величина. Рассмотрим процесс организации ремонта агрегатов как систему массового обслуживания с ожиданием.

Согласно исследованиям [3], поток отказов агрегатов основных видов лесозаготовительной техники является стационарным и ординарным без последствия и соответствует простейшему (пуассоновскому).

Для системы массового обслуживания с ожиданием вероятность того, что время ожидания обслуживания не превысит величины t , в данном случае равна [1]:

$$P_t = 1 - \frac{\rho^s}{(s-1)!(s-\rho)} \cdot \frac{1}{\frac{\rho^s}{(s-1)!(s-\rho)} + \sum_{K=0}^{s-1} \frac{\rho^K}{K!}} \cdot e^{-\mu_1 t, (s-\rho)}, \quad (1)$$

где s — число потоков (ремонтных бригад) по ремонту данного вида агрегатов;

ρ — коэффициент загрузки потока, определяемый по формуле

$$\rho = \frac{\lambda_1}{\mu_1}, \quad (2)$$

где λ_i — среднее число агрегатов i -того наименования, поступающих в ремонт в единицу времени;
 μ_i — количество агрегатов i -того наименования, ремонтируемых в единицу времени.

Время ожидания ремонта с заданной вероятностью P_t из формулы (1) равно

$$t_{\text{ож}} = \frac{\ln \frac{(1 - P_t) \left[\rho^s + (s + 1)! (s - \rho) \sum_{K=0}^{s-1} \frac{\rho^K}{K!} \right]}{\rho^s}}{\mu_i (\rho - s)}. \quad (3)$$

Продолжительность ремонта агрегата определится по формуле

$$t_{\text{рем}} = \frac{1}{\mu_i}. \quad (4)$$

Время обслуживания одного агрегата

$$t_{\text{обсл}} = t_{\text{ож}} + t_{\text{рем}}. \quad (5)$$

Так как число потоков равно s , то за время $t_{\text{рем}}$ будет отремонтировано s агрегатов. Отсюда число агрегатов, находящихся одновременно в обслуживании, с заданной вероятностью P_t не превысит величины l , которая определится из формулы

$$l = \frac{t_{\text{ож}} + t_{\text{рем}}}{t_{\text{рем}}} \cdot s. \quad (6)$$

Подставляя значение $t_{\text{ож}}$ и $t_{\text{рем}}$ из выражений (3) и (4) в уравнение (6), получим

$$l = s \left\{ \frac{\ln \frac{(1 - P_t) \left[\rho^s + (s - 1)! (s - \rho) \sum_{K=0}^{s-1} \frac{\rho^K}{K!} \right]}{\rho^s}}{\rho - s} \right\}. \quad (7)$$

Рассчитанное по формуле (7) количество агрегатов, находящихся одновременно в обслуживании, соответствует необходимой величине обменного фонда на ремонтном предприятии. При этом величину обменного фонда устанавливают по максимальному времени ожидания обслуживания с вероятностью P_t .

Выражение (7) позволяет определить обменный фонд агрегатов на ремонтном предприятии, который необходимо иметь для того, чтобы время нахождения агрегата в обслуживании было равно нулю, то есть до прибытия на ремонтное предприятие неисправный агрегат немедленно заменяется исправным. Из формулы (7) видно, что величина обменного фонда на ремонтном предприятии зависит только от коэффициента загрузки потоков по ремонту агрегатов и принятой вероятности времени ожидания обслуживания.

При $s = 1$ формула (7) принимает более простой вид

$$l = \frac{\ln \frac{1 - P_t}{\rho}}{\rho - 1} + 1. \quad (8)$$

Среднее число агрегатов i -того наименования, поступающих в ремонт в единицу времени, определяется по следующей формуле:

$$\lambda_i = \frac{N_i T_{pi}}{t_{cpi}}, \quad (9)$$

где N_i — число агрегатов i -того наименования, находящихся в эксплуатации;

T_{pi} — наработка агрегата i -того наименования в рассматриваемом периоде, м/час или км пробега;

t_{cpi} — средний межремонтный период агрегата i -того наименования, м/час или км пробега.

Наличие одного резервного агрегата на ремонтном предприятии уменьшает время обслуживания на $\frac{1}{\mu_i s}$ единиц времени. Следовательно, время оборота агрегата для j -того предприятия, при наличии на ремонтном предприятии l' резервных агрегатов, определится по формуле

$$t_{obj} = t_{tpj} + t_{ж} + t_{рем} - \frac{1}{\mu_i s} \cdot l' \geq t_{tpj}, \quad (10)$$

где t_{tpj} — время транспортировки агрегата в ремонт и из ремонта для j -того лесозаготовительного предприятия.

При $l' = l$ имеем $t_{obj} = t_{tpj}$.

На рис. 1 приведены рассчитанные по формуле (7) графики зависимости величины обменного фонда на ремонтном предприятии от коэффициента запружки при различном числе потоков для $P_i = 0,9$.

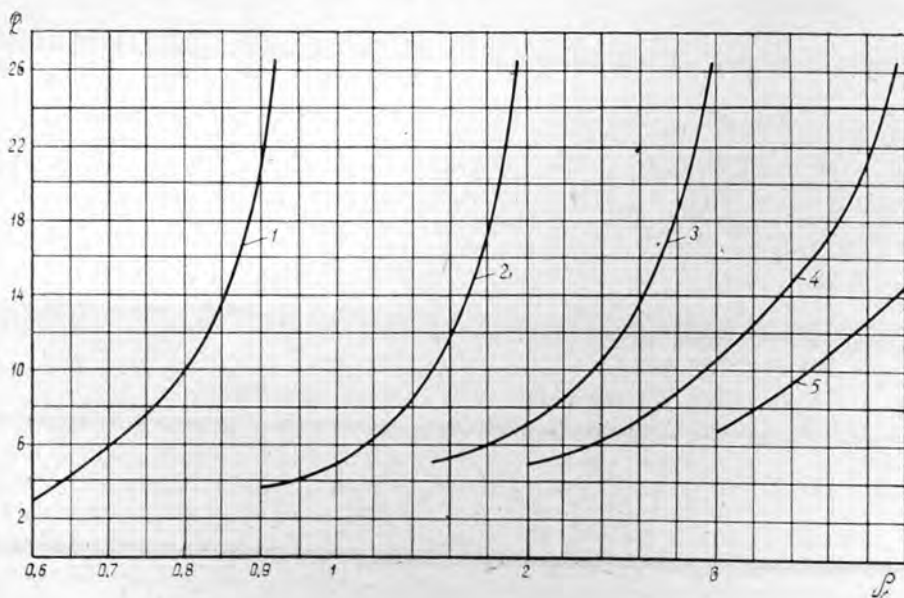


Рис. 1.

1 — $s = 1$; 2 — $s = 2$; 3 — $s = 3$; 4 — $s = 4$; 5 — $s = 5$.

Величина оборотного фонда на лесозаготовительном предприятии при известном времени оборота агрегата может быть определена по формуле Эрланга [2]

$$P_k = 1 - \frac{\frac{\alpha^n}{n!}}{\sum_{K=0}^n \frac{\alpha^K}{K!}}, \quad (11)$$

где P_k — вероятность безотказной работы системы ремонта;
 K — количество агрегатов i -того наименования в оборотном фонде лесозаготовительного предприятия ($0 \leq K \leq n$);
 α — приведенная плотность потока отказов агрегатов i -того наименования, определяемая по формуле

$$\alpha = \lambda_i = t_{об} j.$$

Таким образом, количество агрегатов в обменном фонде на ремонтном предприятии, время оборота и оборотный фонд на лесозаготовительном предприятии зависят от коэффициента загрузки потока ρ . С уменьшением этой величины снижаются необходимые размеры обменного и оборотного фондов агрегатов. В то же время с уменьшением ρ увеличиваются потери ремонтного предприятия из-за простоя потоков по ремонту агрегатов. При этом возникает задача выбора наилучшего экономического решения для системы в целом. Она сводится к отысканию такого значения ρ , при котором функция, отображающая принятый экономический критерий, достигает минимального значения.

В качестве экономического критерия принимаем суммарные потери системы, включающие потери от уменьшения ρ и от ожидания обслуживания. Последние состоят из потерь на создание неспасаемых резервных фондов агрегатов. В общем виде выражение для нахождения величины суммарных потерь системы имеет следующий вид:

$$a = \frac{\left(1 + \sum_{j=1}^m K_j\right) C_{1i}}{T_{арп i}} + \lambda_i \left(\frac{s}{\rho} - 1\right) C_{2i}, \quad (12)$$

где a — суммарные потери системы ремонта, руб./ед. времени;
 K_j — количество агрегатов в оборотном фонде на j -том предприятии, определяемое по формуле (11);
 C_{1i} — стоимость агрегата i -того наименования, руб.;
 C_{2i} — потери ремонтного предприятия из-за простоя потоков по ремонту агрегатов, приведенные к одному агрегату, руб.;
 $T_{арп i}$ — средний срок службы агрегатов i -того наименования, ед. времени;
 m — количество лесозаготовительных предприятий.

Оптимальное значение коэффициента загрузки потоков ремонтного предприятия определится по минимальной величине суммарных потерь a при изменении ρ от 0 до 1. При этом для каждого значения ρ устанавливаются: необходимую величину обменного фонда на ремонтном предприятии — по формуле (7), требуемое среднее число агрегатов, поступающих в ремонт, или количество агрегатов, ремонтируемых одним потоком в единицу времени, — по формуле (2) и оборотные фонды агрегатов на лесозаготовительных предприятиях, — по формуле (11).

Таким образом, по найденному коэффициенту загрузки потока при заданном числе машин, ремонтируемых агрегатным способом, определится необходимая мощность ремонтного предприятия по ремонту данного вида агрегатов или при известной мощности ремонтного предприятия оптимальное количество ремонтируемых агрегатным способом машин.

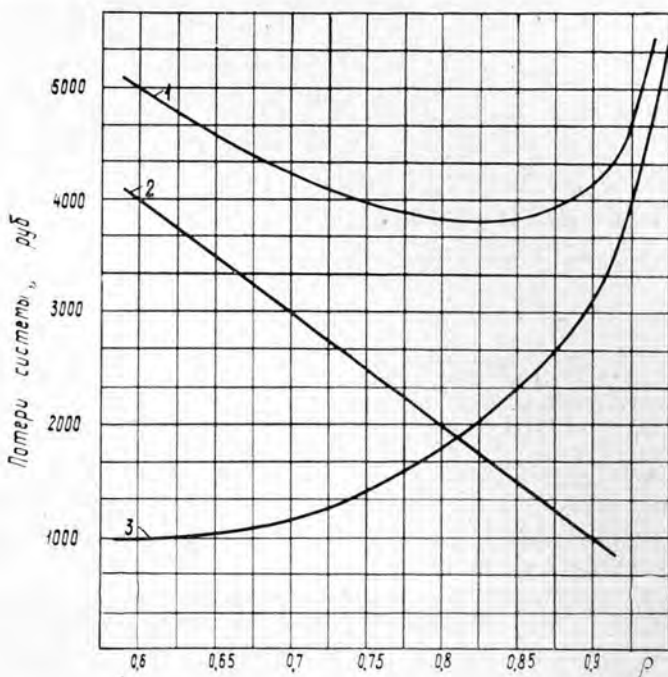


Рис. 2.

1 — суммарные потери системы ремонта; 2 — потери ремонтного предприятия из-за простоя потоков по ремонту агрегатов; 3 — потери на создание резервных фондов агрегатов.

Описанный алгоритм расчета запрограммирован на ЭВМ «Наири-С». Получены конкретные результаты расчета.

На рис. 2 показана зависимость потерь системы ремонта от коэффициента загрузки потока по ремонту данного вида агрегатов для следующих исходных данных: $m = 3$; $T_p = 2000$ м/час; $t_{cp} = 1000$ м/час; $T_{agr} = 4$ ед. времени; $C_1 = 400$ руб.; $C_2 = 50$ руб.; $t_{tr1} = t_{tr2} = t_{tr3} = 0,01$ ед. времени; $s = 1$; $\mu = 200$ агрегатов/ед. времени; $P_k P_t = 0,9$.

Из графиков видно, что данная система имеет наименьшие суммарные потери при коэффициенте загрузки потока $\rho = 0,85$. Оптимальные величины обменного фонда на ремонтном предприятии и оборотного фонда для каждого лесозаготовительного предприятия при этом значении ρ по формулам (8), (2) и (11) составят: $l = 14$ агрегатов; $K_1 = K_2 = K_3 = 3$ агрегата. При этом оптимальное количество ремонтируемых агрегатным способом машин $N_1 = N_2 = N_3 = 28$. Здесь число машин принимаем равным числу эксплуатируемых агрегатов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. Кофман. Методы и модели исследования операций. Изд-во «Мир», М., 1966. [2]. Ф. П. Попов. Использование ЭЦВМ для расчета оптимального количества оборотных агрегатов. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 6, 1969. [3]. Ф. П. Попов. Исследование потока отказов лесотранспортных машин. Тезисы докладов III научно-технической конференции аспирантов и молодых специалистов лесной промышленности, ЦНИИМЭ, Химки, 1971.

Поступила 16 августа 1973 г.

УДК 634.0.6

МЕТОДЫ ПЕРСПЕКТИВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ПОТРЕБНОСТИ ЛЕСХОЗОВ В ТРАКТОРНОМ ПАРКЕ

В. Д. ЩЕРБАЧЕНКО

Воронежский лесотехнический институт

Методами тренда и функциональной зависимости рассчитана потребность Бобровского опытного лесокомбината Воронежской области в тракторном парке на перспективный период до 1980 г. и долгосрочный период.

На XXIV съезде КПСС указывалось, что одним из важных путей совершенствования системы управления экономикой является совершенствование планирования. Особое значение придается перспективному долгосрочному планированию. На некоторых предприятиях лесного хозяйства за последние годы наметилась тенденция к снижению рентабельности и увеличению фондоемкости выпускаемой продукции. Эти обстоятельства во многом вызваны применением традиционных методов планирования от достигнутого, а не на основе научно обоснованных методов планирования.

В данной статье на примере Бобровского опытного лесокомбината Воронежской области ставится задача путем прогнозирования и перспективного планирования дать расчет потребности лесокомбината в тракторном парке на перспективный период до 1980 г. и на долгосрочный период.

При разработке долгосрочных планов прежде всего необходимо опираться на прогнозирование. В самом кратком смысле прогнозирование означает предвидение. Прогнозирование можно сравнить со стратегией деятельности предприятия, а перспективное планирование — с его тактикой.

В данном конкретном примере под прогнозированием следует понимать выявление закономерностей экономических и технических процессов деятельности лесокомбината. Не вдаваясь в подробности прогнозирования деятельности Бобровского опытного лесокомбината, отметим, что он располагает достаточными ресурсами и возможностями для удовлетворения потребностей народного хозяйства в древесине. Производственная деятельность лесокомбината, несомненно, будет расширяться. На этом основании можно предположить, что будет расти и потребность в тракторном парке.

Для того чтобы планировать суммы капиталовложений на строительство РММ, пунктов, постов техобслуживания и т. д., руководству лесокомбината необходимо знать, какое количество тракторов будет в определенном году, например, к концу следующей пятилетки. Этот вопрос можно решить перспективным планированием. Если прогноз имеет рекомендательный характер, то перспективный план должен иметь точную направленность.

Разработку перспективного плана начинают с установления, на каких работах использовался тракторный парк в прошлом. В 1965—1973 гг. (взятый нами период исследований) тракторный парк Бобров-

ского опытного лесокомбината был занят: на трелевке древесины от рубок ухода и лесовосстановительных рубок, на различных работах, связанных с посадкой леса и переработкой древесины, а также на заготовке сена, на различных транспортных работах и т. д. Основное влияние на потребность в тракторном парке в будущем будут оказывать первые три вида работ, так как они наиболее динамичны в количественном отношении. Объемы этих работ и их увеличение наглядно показаны в табл. 1.

Таблица 1

Показатели	Объем работ по годам								
	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973
Товарная продукция, тыс. руб.	680	780	944	1160	1340	1654	2223	2290	2322
Посев и посадка леса, га	525	407	441	454	392	593	377	386	473
Трелевка древесины, тыс м ³	3,0	4,0	4,2	4,3	5,6	5,8	11,2	13,0	13,8
Количество тракторов	16	17	19	21	25	28	36	39	33

Из таблицы видно, что объемы работ y растут с увеличением времени x , частичное уменьшение наблюдается только на посевах и посадке леса. Если по этим показателям построить график, то отчетливо прослеживается прямолинейная зависимость

$$y = A + Bx,$$

где y — число тракторов в планируемом году;

A — число тракторов в базисном году;

B — среднее увеличение количества тракторов в год;

x — число лет от базисного до планируемого.

Среднее увеличение тракторного парка в год можно рассчитать по формуле

$$H_{с.у} = \frac{K_n - K_6}{T_n - T_6},$$

где $H_{с.у}$ — среднее увеличение наличия тракторного парка в год;

K_n — количество тракторов в последнем году исследуемого периода;

K_6 — количество тракторов в базисном году;

T_n, T_6 — год планируемый и год базисный.

В нашем примере

$$H_{с.у} = \frac{33 - 16}{1973 - 1965} = 2,12.$$

Используя метод тренда, то есть экстраполяции или продолжения сложившихся тенденций в будущем, и применяя формулу линейной зависимости, можно рассчитать возможное количество тракторов в конкретном планируемом году. Так, в 1980 г. в Бобровском опытном лесокомбинате ожидается следующее количество тракторов:

$$y = 16 + 2,12 \cdot 15 = 47,8 \approx 48;$$

в планируемом долгосрочном периоде наличие 90 тракторов.

Проверим сделанные нами расчеты методом функциональной зависимости, то есть методом анализа причинной связи. Формула простой функциональной зависимости имеет вид

$$y = \Phi x,$$

где y — число тракторов в искомом году;
 Φ — число тракторов в базисном году;
 x — коэффициент функциональной зависимости.

Тракторный парк был занят на выполнении различных видов работ, поэтому коэффициент x должен быть средним.

Коэффициент роста товарной продукции равен 5,5. На трелевке древесины — 7,7, а на посадке леса — 0,8. Средний по всем видам работ коэффициент 4,6.

По формуле простой функциональной зависимости возможное количество тракторов в лесокомбинате в 1980 г. будет:

$$y = 16 \cdot 4,6 = 73,6 \approx 74.$$

Следовательно, фактическое увеличение количества тракторов отставало от увеличения объема трелевки и товарной продукции. Очевидно, здесь сказались такие дополнительные факторы, как возможность приобретения тракторов, увеличение их мощности, уменьшение числа тракторов в 1973 г. и т. д.

Применяя научные методы перспективного долгосрочного планирования потребности в тракторном парке, руководство лесхоза сможет обоснованно проектировать капиталовложения на строительство РММ, пунктов и постов техобслуживания машинно-тракторного парка, своевременно делать заявку на дополнительную подготовку трактористов и т. д., более квалифицированно управлять производством.

Поступила 28 июня 1974 г.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 634.0.5

ОПЫТ СРАВНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ПО МЕТОДАМ СОСТАВЛЕНИЯ ЭСКИЗОВ ТАБЛИЦ ХОДА РОСТА МОДАЛЬНЫХ БЕРЕЗОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ

В. А. ШКУНОВ
ВНИИЛМ

Исследованы таблицы хода роста березовых насаждений, составленные двумя методами. Выявлены недостатки методики ЦНИИЛХа, использование которой ведет к фактическому занижению таксационных показателей. На основании анализа хода роста березняков, выполненного математико-статистическим методом, получены действительно средние таксационные показатели.

Цель настоящей работы — сравнить эскизы таблиц хода роста модальных березовых насаждений, составленные двумя методами: комбинированным (сочетающим методы графический — ЦНИИЛХ и указательных насаждений) и математико-статистическим.

Экспериментальные работы проводили в Загорском лесхозе Московской области в полевой сезон 1971 г. При составлении эскизов таблиц хода роста, кроме временных пробных площадей, заложенных в восьми наиболее представленных для района классах возраста, дополнительно использованы материалы глазомерной таксации.

По результатам анализа материалов глазомерной таксации пробные площади (не менее, чем в трехкратной повторности) закладывали в березовых насаждениях, характеризующихся следующими таксационными показателями: тип леса — березняк злаково-разнотравный; класс бонитета — II; средняя относительная полнота — 0,65; состав — 7Б1Ос1О1Е. При подборе пробных площадей принадлежность их к одному естественному ряду определяли первоначально по типу леса и классу бонитета. Общий объем экспериментального материала — 24 пробные площади с рубкой и обмером 576 модельных деревьев, в том числе 469 деревьев березы и 107 деревьев других пород.

Исследовательский материал, полученный математико-статистическим методом, включает в себя 187 круговых пробных площадок; заложенных в березовых древостоях II класса бонитета, различных типах условий местопроеизрастания. Точность таксационных показателей рассчитана исходя из коэффициентов вариации, взятых из отчетов исследовательских работ лаборатории таксации ВНИИЛМа (табл. 1). Поскольку математико-статистический метод обеспечивает гарантированную точность результатов, о чем говорят многочисленные работы отечественных и зарубежных авторов, он принят нами за основу.

Результаты сравнения показали, что в 95 случаях из 100 в исследуемых типах таблиц наблюдается существенная разница в показателях хода роста по диаметру, числу стволов, сумме площадей сечений и запасу. Выполненные позднее с помощью ковариационного анализа сравнения рядов динамики названных показателей подтвердили наши выводы.

На основании анализа модельных деревьев, срубленных на пробных площадях, березовые древостои отнесены к условно разновозрастным, так как отклонения от среднего возраста деревьев, как правило, находятся в пределах одного класса. Средние возрасты березы и ели (предварительного возобновления) имеют разницу в 5—10 лет и лишь в отдельных случаях до 15 лет. Для некоторых пород, составляющих насаждения, отклонения от среднего возраста — 3—5 лет.

В состав смешанных березовых насаждений входят в основном три древесные породы: береза, осина, ель. Доля участия березы в древостоях высока (6—7 единиц) и мало изменяется с возрастом. Участие ели в составе березняков увеличивается с возрастом, осины и других пород — уменьшается. Изменения в породном составе в обоих типах таблиц незначительны.

Возраст насаждений, лет	Число наблюдений	Средний диаметр			Сумма площадей	
		$M \pm m$, см	v , %	$\pm P$, %	$M \pm m$, м ²	V_1 , %
35	40	$\frac{14,7 \pm 0,8}{14,8}$	26	5,8	$\frac{15,8 \pm 1,6}{15,0}$	47
45	33	$\frac{17,1 \pm 0,9}{18,2}$	21	5,2	$\frac{17,6 \pm 1,7}{15,8}$	41
55	49	$\frac{19,4 \pm 0,6}{21,2}$	16	3,2	$\frac{19,0 \pm 2,1}{16,7}$	56
65	15	$\frac{21,6 \pm 1,7}{24,0}$	22	3,0	$\frac{20,3 \pm 2,5}{17,3}$	34
75	9	$\frac{23,9 \pm 2,0}{26,7}$	18	8,5	$\frac{21,5 \pm 3,0}{17,8}$	30

Примечание. В числителе данные, полученные математико-статистическим ме-

Различия в ходе роста по высоте у березы и сопутствующих пород, представленные в таблицах, мало существенны. Осина и береза близки по высоте. Ель отстает от березы по росту в высоту в течение всего рассматриваемого периода в среднем на 17%. Это лишнее подтверждает выводы Н. П. Георгиевского [1], Л. А. Кайрюкштиса [3] и др., что березовый ярус сдерживает рост ели. Расхождения по диаметру с тенденцией к увеличению в таблицах, составленных по методу ЦНИИЛХа, наблюдаются у всех пород с 30—35-летнего возраста. Средние расхождения по диаметру составили +10% у березы (они оказались существенны при $P = 0,05$), +12,6% у осины и +9,2% у ели.

Количество деревьев в составе смешанных березовых насаждений с возрастом резко уменьшается. Это вызвано интенсивным выпадением сухостоя. Наиболее сильное изреживание наблюдается в возрасте 10—30 лет. Общее число стволов в сравниваемых типах таблиц практически одинаково лишь до 35—40 лет, затем картина меняется, и по результатам математико-статистического метода число стволов оказывается значительно выше.

Эти различия объясняются более высокими и стабильными по характеру распределения относительными полнотами, полученными по результатам статистического метода, так как он учитывает все разнообразие почвенно-типологических условий, встречающихся в объекте. Полнота же, по исследованиям Г. С. Разина [4], В. В. Загребеева [2] и др., тесно связана с условиями местопроизрастания.

Для березовых древостоев исследуемого района средней по результатам математико-статистического метода оказалась относительная полнота 0,75, то есть расхождения с относительными полнотами, которые использовались автором в качестве средних, составили +15%. Расхождения по сумме площадей сечений (примерно с 35 лет), как следствие, влекут за собой аналогичные изменения в запасе и общей производительности.

Столь значительные различия практически во всех приведенных показателях можно объяснить недостатками методических указаний, предлагающих закладывать временные пробные площади в «типичных» местах, не учитывая ошибок репрезентативности. Это приводит к изучению динамики таксационных показателей по разнородным и зачастую разнополнотным древостоям. В результате не представляется возможным сделать правильные выводы на ограниченном экспериментальном материале.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. П. Георгиевский. Рубки ухода за лесом. Гослесбумиздат, М.—Л., 1957.
 [2]. В. В. Загребеев. Методика составления уточненной стандартной таблицы сумм площадей сечений и запасов при полноте 1,0. Исследования по лесной таксации и лесоустройству, изд-во «Лесная промышленность», М., 1968. [3]. Л. А. Кайрюкштис. Научные основы формирования высокопродуктивных елово-лиственных насаждений. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1969. [4]. Г. С. Разин. Метод составления таблиц хода роста древостоев. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1967.

Таблица 1

сечений	Число стволов на 1 га			Запас		
	$M \mp m$, шт.	Y , %	P , %	$M \pm m$, м ³	V , %	P , %
10,5	$\frac{973 \pm 132}{923}$	61	13,6	$\frac{114 \pm 12}{105}$	49	10,9
10,0	$\frac{789 \pm 109}{642}$	56	13,8	$\frac{141 \pm 18}{121}$	54	13,3
11,3	$\frac{663 \pm 56}{493}$	42	8,5	$\frac{170 \pm 24}{144}$	72	14,5
12,4	$\frac{571 \pm 83}{397}$	40	14,6	$\frac{197 \pm 32}{158}$	44	16,1
14,1	$\frac{489 \pm 85}{330}$	37	17,4	$\frac{225 \pm 44}{170}$	42	19,8

тодом; в знаменателе — методом ЦНИИЛХа.

УДК 634.0.812

УПРУГИЕ ДЕФОРМАЦИИ ДРЕВЕСИНЫ СУЧКОВ СОСНЫ

В. П. ЛЕВЧЕНКО

Украинская сельскохозяйственная академия

Излагаются результаты экспериментальных исследований модулей упругости, сдвига и коэффициентов поперечной деформации тяговой и креновой древесины сучков сосны.

Упругие деформации определяли на клееных образцах, изготовленных из тяговой (растянутой) и креновой (сжатой) зон сучков. Общая высота образцов 110 мм, расстояние между клейевыми швами 40 мм, поперечное сечение для определения модуля упругости при сжатии вдоль волокон E_a и поперек волокон в радиальном и тангентальном направлениях E_r и E_t 20×20 мм, а для определения модулей сдвига G_{ra} , G_{ta} , G_{rt} — 30×20 мм, W — 15%. Испытания проводили на разрывных машинах марки ЗМ с применением шкал 100, 500 и 1000 кгс. Для нагружения в соответствии со стандартной методикой использовали ручной привод, деформации измеряли рычажными тензодатчиками типа Гугенбергера с базой 20 мм. Результаты исследования сопоставляли с данными Н. Л. Леонтьева* для древесины ствола (табл. 1).

Таблица 1

Место взятия образцов	Модуль упругости		Модуль сдвига	
	n	$\frac{M \pm m}{\text{тыс. кгс/см}^2}$	n	$\frac{M \pm m}{\text{тыс. кгс/см}^2}$
		E_a		G_{ra}
Тяговая	20	$337,7 \pm 15,88$	19	$20,1 \pm 1,76$
Креновая	20	$417,3 \pm 16,07$	21	$21,9 \pm 1,48$
Ствол	—	131	—	11,4
		E_r		G_{ta}
Тяговая	20	$11,9 \pm 0,70$	22	$15,3 \pm 1,25$
Креновая	20	$14,9 \pm 0,72$	22	$14,4 \pm 1,23$
Ствол	—	6,6	—	7,1
		E_t		G_{rt}
Тяговая	22	$8,6 \pm 0,40$	15	$1,15 \pm 0,123$
Креновая	21	$9,9 \pm 0,49$	15	$0,95 \pm 0,126$
Ствол	—	3,9	—	—

* Н. Л. Леонтьев. Упругие деформации древесины. Гослесбумиздат, М.—Л., 1952.

Модули упругости древесины сучков сосны при сжатии вдоль волокон в среднем в 2,9 раза больше модулей упругости древесины ствола, при сжатии поперек волокон в радиальном направлении — в 2,0 раза и в тангентальном — в 2,4 раза. Модули упругости креновой древесины выше модулей упругости тяговой, при этом особенно ощутима разница в численных значениях E_r , для которых различие вполне достоверно и составляет $11,21 > 3,38$, различие между E_r близко к достоверному — $3,0 < 3,38$, между E_t — $2,03 < 3,35$, в креновой древесине достоверность разницы между E_r и E_t — $5,74 > 3,38$, в тяговой — $4,09 > 3,38$.

Большое значение модулей упругости древесины сучков объясняется особенностями строения. Древесина сучков состоит из узких годичных слоев с повышенной (по сравнению с древесиной ствола) долей поздней древесины, количество которой в растянутой зоне достигает 36%, а в сжатой 60%. Подробные исследования микроскопического строения древесины 24—25-годичных слоев десяти сучков и ствола показали большие различия в параметрах составляющих их клеток. Стенки ранних трахеид сучков имели среднюю толщину 2,98 мк, стенки поздних трахеид растянутой зоны — 4,16 мк, сжатой — 4,97 мк, а годичных слоев ствола — 6,66 мк.

Механическая прочность древесины определяется также поверхностной сплошностью, под которой следует понимать отношение площади стенок клеток на поперечном срезе к площади всего микроскопического среза, выражаемое в процентах или долях единицы. Для ранней зоны тяговой древесины сплошность оказалась равной 32,9%, креновой — 43,4%, для поздней зоны соответственно 65,2 и 69,2%. В годичных слоях ствола сплошность ранней древесины была 21,2%, поздней — 74,5%.

Таблица 2

Коэффициенты	Величина коэффициентов поперечной деформации для древесины				
	тягиной		креновой		ствола
	<i>n</i>	$M \pm m$	<i>n</i>	$M \pm m$	<i>M</i>
μ_{ar}	20	0,016 ± 0,002	20	0,016 ± 0,003	0,030
μ_{at}	22	0,018 ± 0,003	21	0,019 ± 0,003	0,030
μ_{ra}	20	0,270 ± 0,015	19	0,258 ± 0,013	0,42
μ_{tr}	22	0,305 ± 0,023	21	0,291 ± 0,026	0,62
μ_{ta}	20	0,224 ± 0,017	19	0,212 ± 0,015	0,25
μ_{tr}	20	0,384 ± 0,017	20	0,300 ± 0,021	0,85

Особенности строения древесины сучков отразились и на величине коэффициентов поперечной деформации. (табл. 2, для древесины стволов приведены данные Н. Л. Леонтьева). Численные значения упругих деформаций древесины сучков и ствола значительно различаются.

Результаты исследования могут быть использованы при определении влияния сучков на механические свойства древесины.

УДК 634.0.266

НЕКОТОРЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СОЗДАНИЮ УСТОЙЧИВЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА ПЕСКАХ СТЕПИ И ПОЛУПУСТЫНИ

И. С. МАТЮК

Москва

Рассматривается вопрос комплексного освоения песчаных территорий под защитой лесных насаждений. Приводится ассортимент ведущих древесных пород для облесения песков. Изложены принципы целесообразности выращивания на участках песчаных массивов смешанных лесных сообществ.

В течение многих лет мы изучали защитные лесные насаждения в песчаных массивах: Чирском и Придонецком Ростовской области; Арчедино-Донском и Приволжском правобережном Волгоградской области и Терско-Кумском Ставропольского края и Дагестанской АССР. Установлено, что в состав песчаных массивов входят бугристые пески различных типов, песчаные, супесчаные и суглинистые почвы, хозяйственное использование которых может быть неодинаковым. Учитывая опыт хозяйственного

использования таких земель, песчаные территории или их части необходимо использовать комплексно, отдавая предпочтение сельскому хозяйству: одни участки освоить под пастбища и сенокосы, другие — под зерновые культуры, третьи — под виноградные, плодовые и другие растения с учетом условий местопроизрастания и хозяйственной целесообразности. В этом комплексе различных видов освоения песчаных территорий видное место должны занимать защитные лесные насаждения: полевые насаждения на пастбищах, вдоль каналов и дорог, для защиты плодовых садов и виноградников, зеленые насаждения вокруг населенных пунктов, лесные культуры вокруг хозяйственных объектов, участки хозяйственного значения (массивные и куртинные насаждения), которые одновременно являются и защитными. К важным условиям, определяющим успешность выращивания защитных лесных насаждений на песчаных территориях степи и полупустыни европейской части РСФСР, относится правильный подбор древесных и кустарниковых пород. Для облесения песков рекомендуются следующие древесные породы (ведущие).

Сосна обыкновенная относится к числу основных древесных пород для лесоразведения на песчаных территориях степной зоны. Эффективность роста ее находится в тесной зависимости от условий произрастания. Это можно видеть из приводимых ниже данных.

Песчаные и супесчаные почвы

1. На серых песчаных и черноземовидных супесчаных почвах с наличием суглинистых прослоек на глубине 50—100 см, при уровне грунтовых вод до 5—8 м, насаждения сосны растут по I классу бонитета.

2. На серых песчаных почвах, где супесчано-суглинистые прослойки расположены на глубине около 100 см, при залегании грунтовых вод на 7—10 м, сосна растет по II—III классам бонитета.

Бугристые пески

1. В межбугровых понижениях, почвогрунты которых состоят из золотого песка мощностью 100—150 см в верхней части и песка ненарушенного строения в нижней, при мелкозернистом механическом их составе (диаметр частиц 0,25—0,05 мм) и залегании грунтовых вод на глубине 1,5—4,0 м, сосна образует насаждения I класса бонитета.

2. На мелкобугристых песках (бугры высотой до 3 м) с погребенными супесчаными почвами, на глубине 50—80 см, при уровне грунтовых вод 4—5 м (до 9—10 м), сосновые насаждения растут по II классу бонитета.

3. В понижениях между средними (высота бугров от 3 до 7 м) и мелкими буграми, почвогрунты которых имеют ненарушенное строение и состоят из чередующихся песчаных и супесчаных или суглинистых слоев, при залегании грунтовых вод на глубине 5—7 м, сосна растет по II—III классам бонитета.

4. На вершинах и склонах средних песчаных бугров с погребенными супесчаными почвами на глубине 100—225 см, при залегании грунтовых вод, не доступных для корневых систем деревьев (глубже 10—14 м), продуктивность сосновых культур — III—IV классы бонитета.

5. На вершинах средних и крупных (высота бугров свыше 7 м) песчаных бугров, у которых до глубины 200—250 см отсутствуют супесчаные или суглинистые прослойки, при залегании грунтовых вод, не доступных для корней деревьев (глубже 10—14 м), производительность культур сосны — IV—Va классы бонитета.

6. В межбугровых понижениях со среднезернистым песком (диаметр частиц 1,00—0,25 мм) ненарушенного строения (однофазные пески) при залегании грунтовых вод на глубине 3—6 м, не доступных для корневых систем деревьев, сосна растет по IV—Va классам бонитета.

7. В понижениях между буграми, где почвогрунты в верхней части (100—150 см) — золотые мелкозернистые пески, а глубже погребены пески ненарушенного строения с аналогичным механическим составом, при уровне грунтовых вод, не доступных для корней деревьев, сосновые посадки растут по IV—Va классам бонитета.

Приведенные материалы о росте сосновых культур могут служить некоторым ориентиром при размещении этой породы на песках.

Сосна крымская может быть использована для создания лесных насаждений в степной зоне европейской части СССР (кроме Заволжья) на черноземовидных супесчаных участках при наличии суглинистых прослоек на глубине в среднем около 100 см, при залегании грунтовых вод до 7—10 м. На Притерских песках (Терско-Кумская полупустыня) она более устойчива, чем сосна обыкновенная, при глубине залегания пресных грунтовых вод до 4—5 м.

Дуб черешчатый рекомендуется для выращивания в степной зоне на черноземовидных супесчаных почвах, имеющих суглинистые прослойки на глубине примерно 100 см (50—150 см). В районах Терско-Кумской полупустыни дуб можно использовать для облесения мелкобугристых песков с погребенными супесчаными или суглинистыми почвами на глубине 100—150 см, при уровне пресных грунтовых вод до 6—7 м.

Акация белая в степной зоне пригодна для выращивания лесных насаждений на черноземовидных супесчаных почвах, при уровне грунтовых вод до 7—10 м. С успехом может быть использована для лесоразведения на мелкобугристых песках с погребенными супесчаными или суглинистыми почвами Терско-Кумской полупустыни, где пресные или слабоминерализованные грунтовые воды расположены на глубине 5—6 м (до 9 м), а также для создания насаждений на песках Астраханской полупустыни, при залегании пресных или слабоминерализованных грунтовых вод на глубине до 3—5 м.

Березу бородавчатую можно использовать для успешного разведения в степной зоне на черноземовидных супесчаных почвах при залегании грунтовых вод на глубине 3—4 м. Кроме того, выращивание березовых насаждений в степи возможно на черноземовидных супесчаных почвах понижений между буграми, холмами и грядами, при глубоком залегании грунтовых вод (глубже 10—12 м), не доступных для корневых систем деревьев.

Вяз мелколистный в степной зоне пригоден для создания насаждений на черноземовидных супесчаных почвах с залеганием суглинистых прослоек на глубине 100—150 см. При этом участки, прилегающие к защитным лесным полосам из этой породы, на расстоянии до 20—25 м с каждой стороны насаждений нельзя использовать под виноградные и сельскохозяйственные культуры, так как они здесь сильно угнетаются корнями вяза.

Тополя черный (осокорь) и канадский пригодны для создания насаждений:

а) в степной зоне на песчаных и супесчаных почвах при наличии суглинистых прослоек на глубине около 100 см и уровне грунтовых вод до 5—7 м;

б) на мелкобугристых песках Терско-Кумской полупустыни с погребенными супесчаными почвами на глубине 100—200 см и при расположении грунтовых пресных вод до 6—7 м;

в) на песках Астраханской полупустыни, где пресные грунтовые воды залегают на глубине 1,5—2,0 м.

Приведенный ассортимент древесных пород для облесения песков, безусловно, может быть пополнен, исходя из местного опыта и хозяйственной целесообразности.

При создании защитных лесных сообществ на песках в районах степной зоны европейской части СССР нужно твердо помнить, что смешанные насаждения имеют много преимуществ перед чистыми. Известны случаи, когда чистые сосновые культуры погибали на десятках и сотнях гектаров от лесных пожаров, снеговала и других причин. Почвенно-грунтовые условия песчаных территорий различны. Немало площадей пригодно для успешного произрастания дуба черешчатого, березы бородавчатой и других лиственных древесных пород. Смешанные древостой лучше используют производительные свойства почвогрунтов и повышают их плодородие. В противопожарном отношении смешанные лесные сообщества более устойчивы, чем чистые. Поэтому на территориях песчаных массивов в основном должны преобладать смешанные сосново-лиственные лесные насаждения. Например, черноземовидные супесчаные почвы понижений целесообразно использовать для выращивания дуба черешчатого (70—80%) и березы бородавчатой (20—30%), а склоны и вершины бугров, холмов и гряд, пригодных для лесоразведения, — под посадки сосны обыкновенной, почвоулучшающих и почвозащитных кустарников.

Почвогрунты высокого и среднего плодородия на песчаных территориях, где лесонасаждения могут расти по I, II и III классам бонитета, являются лучшей основой для создания жизнестойких и долговечных смешанных лесных сообществ.

УДК 678.815-41

ПРОЧНОСТЬ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ ПРИ НЕПОЛНОМ КОНТАКТЕ ЧАСТИЦ

В. В. ГАМОВ

Брянский технологический институт

Приведены теоретические и экспериментальные исследования зависимости предела прочности плит на растяжение вдоль плоскости при неполном контакте древесных частиц.

Выведенные нами ранее формулы для определения предела прочности древесностружечных плит плоского прессования на растяжение вдоль плоскости $\sigma_{пл}''$ [1]—[4] позволяют с точностью до 6—10% учитывать все основные факторы, влияющие на прочность плит при $i \geq 1$: размеры, форму, породу, прочность, степень шероховатости древесных частиц, плотность плит, содержание и объемный вес связующего

и его клеящую способность. Кроме того, упомянутые формулы дают возможность учитывать влияние каждого фактора в отдельности и устанавливать экономически целесообразные размеры древесных частиц и оптимальное содержание связующего для любых случаев. Указанная здесь степень укладки древесных частиц

$$i = \frac{(1+p)\gamma_{пл} - p\gamma_{к}}{\gamma_{ч}}, \quad (1)$$

где p — содержание клея в стружке в пересчете на сухие продукты (в относительных единицах);

$\gamma_{пл}$, $\gamma_{к}$, $\gamma_{ч}$ — соответственно плотность плит, клея и древесных частиц при влажности 8% г/см³.

Если $i < 1$, то частицы неполностью прилегают друг к другу; при $i \geq 1$ прилегание полное. В случае неполного контакта между частицами невозможно определить площадь поверхности их склеивания и предел прочности склеивания частиц на скалывание $\sigma_{ск}$, значение которого входит в расчетные формулы для определения $\sigma''_{пл}$. Исходя из допущения, что зависимость между плотностью плит $\gamma_{пл}$ и $\sigma''_{пл}$ при $i < 1$ также весьма близка к функциональной, как и при $t \geq 1$ [1]—[4], можно найти значение $\sigma''_{пл}$ для $i < 1$.

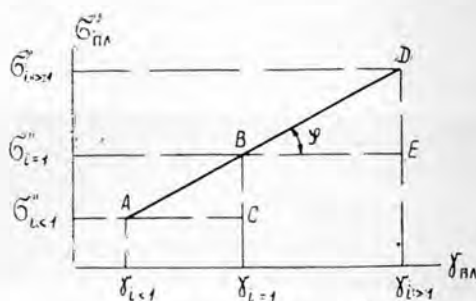


Рис. 1.

Рассчитывать величину $\sigma''_{пл}$ при $i < 1$ целесообразнее на основе использования двух известных точек, например, с помощью заданных теоретических значений $\sigma''_{пл}$ при $i = 1$ и при $i < 1$. С этой целью обратимся к рис. 1, на котором представлена зависимость $\sigma''_{пл}$. Задача сводится к нахождению ординаты $\sigma''_{i < 1}$ для некоторой точки A при известной абсциссе $\gamma_{i > 1}$ по координатам точек B и D. Величина $\sigma''_{i > 1}$ есть предел прочности плит плоского прессования на растяжение вдоль плоскости при $i < 1$. Рассматривая треугольники BDE и ABC, находим

$$\sigma''_{i < 1} = \sigma''_{i = 1} - \frac{(\sigma''_{i < 1} - \sigma''_{i = 1})(\gamma_{i = 1} - \gamma_{i < 1})}{\gamma_{i > 1} - \gamma_{i = 1}}. \quad (2)$$

Формула (2) наиболее применима для плит из тяжелых пород древесины.

На рис. 2 штриховыми линиями представлены теоретические значения $\sigma''_{пл}$ при $1 > i \geq 1$, сплошными — экспериментальные данные. Характеристика плит: 1 — из березовых частиц $35 \times 3 \times 0,15$ мм; 2 — из сосновых частиц $20 \times 3 \times 0,2$ мм; 3 — из еловых частиц $20 \times 3 \times 0,3$ мм; класс шероховатости древесных частиц $\Delta\delta = 3 \div 7$; содержание смолы (марки М19—62) в плитах $p = 8\%$; концентрация смолы 50%; толщина плит $H = 16$ мм. В целях лучшей ориентации на графике даны значения i для плит из указанных пород древесины. Значения $\sigma''_{пл}$ при $i < 1$ вычисляли по формуле (2).

Для плит из березовых частиц при $i \geq 1$

$$\sigma''_{пл} = 0,54 \cdot \left(1 - \frac{S}{Hi}\right) \sigma''_{др}, \quad (3)$$

так как в этом случае выполнимо граничное условие [1], [4]

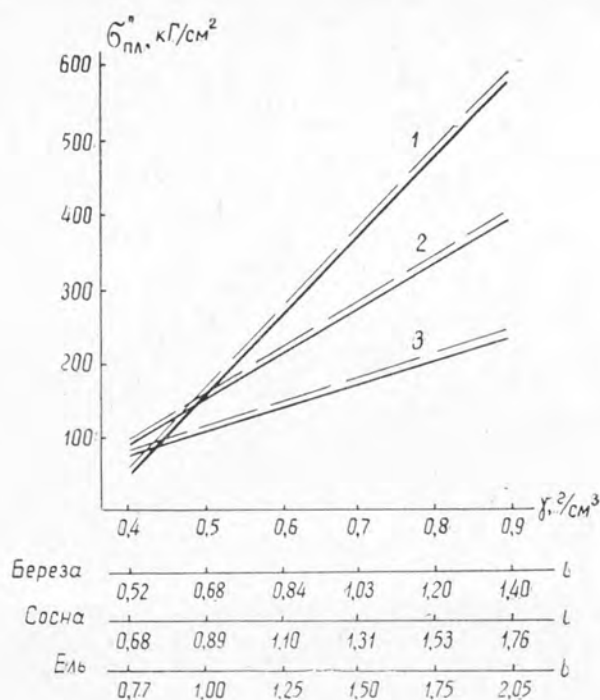


Рис. 2.

$$l \geq \frac{5,7 \cdot \sigma''_{др} \cdot S}{\sigma_{ск} \cdot i} \quad (4)$$

При расчете прочности плит из частиц сосны и ели для $i \geq 1$ использовали формулу

$$\sigma'_{пл} = 0,095 \cdot \left(\frac{i}{S} - \frac{1}{H} \right) \sigma_{ск} l, \quad (5)$$

так как эти плиты удовлетворяют граничному условию [1], [4].

$$l < \frac{5,7 \cdot \sigma'_{др} \cdot S}{\sigma_{ск} \cdot i} \quad (6)$$

Таким образом, кривые рис. 2 подтверждают, что значения $\sigma''_{пл}$ при $i < 1$ достаточно точно описываются уравнением (2).

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. В. Гамов. Экспериментально-теоретические исследования зависимости прочности древесностружечных плит от их толщины. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1969. [2]. В. В. Гамов. Структурно-механические свойства древесностружечных плит. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1973. [3]. В. В. Гамов. Анизотропия механических свойств древесностружечных плит с ориентированными частицами. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 6, 1971. [4]. В. В. Гамов. Факторы, обуславливающие влияние породы древесины на прочность древесностружечных плит. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1972.

УДК 634.0.864.9 : 632.934.1

ГЕРБИЦИДНАЯ ТОКСИЧНОСТЬ МАСЛА, ПОЛУЧЕННОГО НА ОСНОВЕ ОТСТОЙНОЙ ЛИГНИНОВОЙ СМОЛЫ

Л. П. АЖАР, Э. Д. ЛЕВИН

Сибирский технологический институт

Г. А. ТАСКИНА

Хакасская сельскохозяйственная опытная станция

Приведены результаты лабораторных и полевых испытаний гербицидных свойств масла, полученного на основе отстойной лигнинной смолы. Показано, что масло можно использовать в качестве контактного гербицида сплошного действия для уничтожения сорной растительности.

На кафедре химической технологии древесины Сибирского технологического института разработан способ получения гербицидного масла путем пиролиза смеси отстойной лигнинной смолы с корой лиственницы сибирской. Сущность и экономическая оценка этого способа, выход и качественный состав продуктов пиролиза описаны ранее [1], [2]. В данном сообщении приведены результаты испытаний токсичности гербицидного масла.

Первичную оценку гербицидных свойств масла производили по всхожести семян путем проведения лабораторных испытаний по методике НИУИФа [5]. В опытах использовали сухие семена шести видов растений; 30 или 50 шт. семян (в зависимости от их крупности) высеивали в чашках Петри и опрыскивали 5 мл 1%-ной водной эмульсии масла. Повторность для каждого вида семян и контроля четырехкратная. После 7—11 суток учитывали всхожесть семян в опытных и контрольных чашках.

В табл. 1 приведены результаты опытов, которые показывают, что масло обладает токсичностью, оказывая тормозящее и губительное действие на всхожесть семян. Эффективность масла в борьбе с сорной растительностью проверяли проведением полевых опытов в течение трех лет на Хакасской сельскохозяйственной опытной станции МСХ РСФСР. Опытные и контрольные делянки закладывали на полях, отведенных под черный пар, на которых произрастали однолетние яровые и зимующие сорные растения, а также многолетние корнеотпрысковые и корневищные сорняки. Размер делянок 100 м². Повторность опытов трехкратная.

Таблица 1

Семена	Всхожесть семян, % к контролю	Семена	Всхожесть семян, % к контролю
Кукурузы	85	Помидоров	0
Пшеницы	64	Капусты	1
Огурцов	53	Овсюга	0
		Контроль (семена, не обработанные маслом)	100

Опыты проводили по следующей схеме. Растительность обрабатывали следующими дозами масла на 1 га: 1) 25 кг; 2) 50 кг; 3) 100 кг; 4) 250 кг; 5) без обработки маслом (контроль). Сорные растения обрабатывали опрыскиванием масляными эмульсиями, которые готовили путем эмульгирования гербицидного масла в надсмольной воде, образующейся в процессе получения масла. Концентрация масла в эмульсиях составляла 2,5; 5; 10 и 25%. При средней норме расхода эмульсии 1000 л на 1 га обрабатываемой площади указанные концентрации обеспечивали опрыскивание растений дозами масла, принятыми в схеме полевых опытов. Для стабилизации эмульсии, улучшения прилипаемости и удерживаемости ее на поверхности растений в эмуль-

сию добавляли поверхностно-активное вещество ОП-7 в количестве до 3% к объему жидкости.

Учет сорной растительности и определение веса ее массы проводили на учетных площадках (размером 1 м²), которые размещали в шахматном порядке по 5 шт. на каждой делянке. Влияние различных доз масла на сорные растения определяли путем фенологических наблюдений и учета количества растений перед обработкой и через 14 дней после обработки маслом. Гибель сорняков определяли по разности показаний первого и второго учета и выражали в процентах к исходной засоренности (табл. 2).

Таблица 2

Вариант	Доза масла, кг на 1 га	Гибель сорняков, % к исходной засоренности	Вес массы сорняков, % к контролю
Обработка маслом	25	17,0	79,5
" "	50	56,0	52,5
" "	100	76,7	20,6
" "	250	97,0	—
Контроль	0	0	100

Достоверность результатов полевых опытов оценивали методом дисперсионного анализа [3], [4] путем проверки нулевой гипотезы по критерию Фишера и наименьшей существенной разности (НСР) между вариантами опытов по *t*-критерию Стьюдента. Разность между средними значениями количества сорняков по вариантам опыта при дозе масла 25 кг на 1 га меньше, чем НСР для 5%-ного уровня значимости. Следовательно, варьирование засоренности на опытных делянках случайно и не обусловлено действием изучаемого гербицидного масла из-за его низкой дозы. Для всех других опытов разности между средними значениями существенны, значит, гибель сорняков была вызвана влиянием на них масла.

Полевыми опытами установлено, что масло повреждает те органы растений, с которыми непосредственно соприкасается. Это проявлялось в следующем. Через несколько часов после опрыскивания растительности происходит сильная деформация листьев; на листьях и стеблях появляются ожоги, приостанавливается рост растений, затем они начинают постепенно отмирать. Испытуемое масло, как и все известные гербициды контактного действия, не обладает способностью распространяться по сосудистой системе растений, поэтому уничтожает только их надземную часть. Ввиду этого у многолетних корневищных и корнеотпрысковых сорняков остается неповрежденная корневая система. Вскоре после обработки подавляющая часть этих сорных растений вновь отрастает.

Для определения остаточной токсичности масла в почве, куда оно может попасть при опрыскивании сорных растений, на опытных делянках через месяц после обработки сорняков (при дозе 250 кг масла на 1 га) была посеяна пшеница Милтурм-553. Наблюдения показали, что развитие и рост растений пшеницы на опытных и контрольных делянках протекали одинаково. Из этого следует, что масло не сохраняет своей токсичности в почве, так как подвергается разрушению и детоксикации почвенными микроорганизмами.

Гербицидное масло малотоксично для человека и теплокровных животных. Его летальная доза (ЛД₅₀ для мышей) составляет 1500 мг на 1 кг веса животного. По заключению сотрудников Хакасской сельскохозяйственной опытной станции, масло может быть использовано в дозе 250—300 кг на 1 га в качестве контактного гербицида общестребительного (сплошного) действия для уничтожения растительности на незапашенных под культурными посевами землях.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Л. П. Ажар, Э. Д. Левин. Сб. «Физика, химия и химическая технология». Изд. СибТИ, Красноярск, 1969. [2]. Л. П. Ажар, Э. Д. Левин. ИВУЗ. «Лесной журнал» № 3, 1971. [3]. В. Г. Вольф. Статистическая обработка опытных данных. Изд-во «Колос», М., 1966. [4]. Б. А. Доспехов. Методика полевого опыта. Изд-во «Колос», М., 1968. [5]. Т. А. Сергеева. Защита растений от вредителей и болезней № 2, 1963.

УДК 674.093.2

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НЕОДНОРОДНОСТИ КАЧЕСТВА ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

В. В. КИСЛЫЙ, С. А. ОБРАЗЦОВ, Т. С. СЛАСТЕНКО

ВНИИДрев

Исследовано качество хвойных пиломатериалов на основе действующих коэффициентов сортности. Предложено улучшить оценку качества этой продукции с учетом усредненных коэффициентов сортности.

Качество пиломатериалов оценивают преимущественно по видам и размерам пороков на худшем погонном метре доски. Под влиянием пороков свойства древесины изменяются в значительных пределах, образующих природный интервал качества пиломатериалов.

С целью рационального распределения материалов по назначению и возможного их использования действующими стандартами устанавливаются сорта пиломатериалов. Сорта представляют собой части природного интервала, имеющие определенные пределы — нормы ограничения пороков.

Практика нормирования расхода пиломатериалов при их раскросе на заготовки свидетельствует о том, что пиломатериалы в пределах одного сорта имеют значительную неоднородность качества, проявляющуюся в больших колебаниях выхода заготовок (табл. 2). Поэтому сорт не гарантирует определенную величину полезного выхода заготовок. Невозможно также установить математические зависимости между сортом или нормой ограничения пороков и величиной полезного выхода заготовок.

Следовательно, стабилизация качества пиломатериалов в пределах сорта и математизация зависимости выхода заготовок от показателя качества доски — важные решения общей проблемы рационального использования пиломатериалов.

Для сравнительной оценки качества пиломатериалов служат коэффициенты сортности K_c . Но сорт определяется по качеству худшего погонного метра длины доски; остальная часть доски может иметь лучшее качество. Обуславливается это, в основном, неравномерным размещением пороков по длине доски [1].

Экспериментальные работы во ВНИИДреве по изучению качества пиломатериалов показали, что определение сорта доски по нормативному размеру порока, который находится лишь на одном метре доски, малорационально, так как снижает возможности использования пиломатериалов.

Качество пиломатериалов изучали на основе паспортов досок, составленных на миллиметровых планшетах [2], и последующего условного раскроса этих досок на заготовки для оконных створок и дверных полотен. Обследованию подвергали сосновые и еловые пиломатериалы первых — четвертых сортов (по ГОСТу 8486—66 «Пиломатериалы хвойных пород») различного вида обработки: обрезные доски толщиной 50 мм сердцевинной и центральной выпилки из бревен диаметром до 28 см; обрезные доски толщиной 25 мм и необрезные пиломатериалы толщиной 50 мм.

Качество пиломатериалов оценивали принятыми коэффициентами сортности по двум вариантам: для всей доски и для каждого погонного метра длины доски в зависимости от имеющихся на этом участке пороков. В дальнейшем усредненный коэффициент сортности доски K_{yc} определяли как среднеарифметическое K_c по каждому метру. Когда все метры длины доски имеют пороки в нормах одного и того же сорта, тогда $K_{yc} = K_c$, а в случае неоднородности качества доски по ее длине $K_{yc} < K_c$.

За критерий стабильности качества пиломатериалов в пределах сорта принят интервал между K_c данного и последующего, более высокого сорта. Например, четвертый сорт стабилен при $K_{yc} = 0,7 \div 1,0$ (где число 0,7 — коэффициент сортности K_c четвертого сорта обрезных хвойных пиломатериалов, а число 1,0 — коэффициент сортности третьего сорта пиломатериалов).

Оценка качества пиломатериалов по K_{yc} показала, что эта величина изменяется от 1,60 до 1,95 ($K_c = 1,60$) для толстых обрезных досок первого сорта, от 1,30 до 1,95 ($K_c = 1,30$) — для досок второго сорта, от 1,0 до 1,75 ($K_c = 1,0$) — для третьего сорта, от 0,7 до 1,65 ($K_c = 0,7$) — для четвертого сорта.

Таблица 1

Сорт пиломатериалов по ГОСТу 8486-66	Удельный вес допустимого интервала, % от фактического			
	D_1	D_2	D_3	D_4
1	100,0			
2	30,0	70,0		
3	3,5	40,5	56,0	
4	1,0	18,0	53,5	27,5

Соотношение допустимых и фактических значений интервалов качества в сортах хвойных пиломатериалов приведено в табл. 1. Эти данные позволяют сделать вывод, что оценка качества всей доски по наличию пороков только на некотором участке ее длины существенно искажает оценку действительного качества пиломатериалов.

Примерно в этих же интервалах изменяется K_{yc} обрезных досок толщиной 25 мм, но среднее значение K_{yc} выше, что свидетельствует о большей неоднородности тонких пиломатериалов, выпиливаемых обычно из периферийной зоны бревен, и о более высоком их качестве. Необрезные пиломатериалы, как и обрезные, практически имеют такую же неоднородность качества.

Таблица 2

Сорт пиломатериалов по ГОСТу 8486-66	Величина полезного выхода, %	
	минимальная	максимальная
1	56,8	97,5
	43,6	84,5
2	65,8	96,3
	16,1	83,4
3	32,4	93,4
	15,2	83,3
4	37,4	93,8
	18,6	80,2

Условный раскрой паспортов пиломатериалов на заготовки брусков оконных створок с учетом их комплектности на единицу изделия показал, что полезный выход колеблется в больших пределах (табл. 2). При этом между величиной выхода заготовок и K_{yc} связь практически не обнаруживается (коэффициент корреляции не более 0,1), а между величиной выхода заготовок и K_{yc} связь достаточно тесная (коэффициент корреляции равен 0,7—0,8) и может быть описана уравнением типа

$$y = ax + b.$$

Значения a и b зависят от способа раскройки и вида пиломатериалов (обрезные, необрезные).

Исследования показали, что сортировка пиломатериалов с учетом допустимых интервалов K_{yc} позволяет стабилизировать величину выхода заготовок из досок одного сорта. Если полезный выход заготовок для створочных брусков (табл. 2) из обрезных пиломатериалов, например, 3-го сорта, колеблется от 32,4 до 93,4% при $K_{yc} = 1,0 \div 1,75$, то при $K_{yc} = 1,0 \div 1,29$ (то есть допустимом интервале для третьего сорта) полезный выход изменяется от 44,3 до 83,7%, то есть колебание выхода уменьшается.

Полученные данные позволили сделать практически важный вывод о том, что для производства заготовок брусков окон и дверей можно использовать пиломатериалы низших сортов (по ГОСТу 8486-66) в случае, если на доске имеется участок длиной не менее 2 м по качеству не ниже второго сорта: выход заготовок из обрезных пиломатериалов при этом не ниже 60%.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. В. В. Кислый. О повышении качества пиломатериалов при их торцовке. Сб. «Новое в лесопиления», ЦНИИТЭИлеспром, 1966. [2]. Ю. П. Тюкина, В. В. Кислый. К методике экспериментальных работ при изучении качества пиловочного сырья и пилопродукции. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1972.

ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ

ВИДНЫЙ УЧЕНЫЙ, ПЕДАГОГ И ИСТОРИК ХИМИИ

К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ

профессора Б. Н. МЕНШУТКИНА

29 апреля 1974 г. исполнилось 100 лет со дня рождения Бориса Николаевича Меншуткина, доктора химических наук, заведующего кафедрами общей и неорганической химии Ленинградской лесотехнической академии, в которой он проработал 17 лет, и Политехнического института, которому он отдал 37 лет своей жизни.

Б. Н. Меншуткин был крупным ученым, блестящим педагогом и историком химии. Его научно-литературное наследие поражает своим разнообразием и объемом. Список научных трудов насчитывает около 240 названий, из них 87 экспериментальных исследований, 25 учебников и популярных книг, 83 работы по истории химии, 23 редакционных и библиографических работы и ряд других.

Продолжая традиции своего отца Н. А. Меншуткина (1842—1907 гг.) — одного из крупнейших русских химиков, соратника Д. И. Менделеева, — Борис Николаевич стремился внедрить в общую и органическую химию физико-химические методы исследований. В своих диссертациях на степень магистра и доктора химии Б. Н. Меншуткин описал десятки открытых им новых веществ. Среди них соединения бромидов и йодида магния со спиртами, аминами, простыми и сложными эфирами, а также соединения хлоридов и бромидов алюминия и сурьмы с бензолом и его производными. Эти исследования положили начало физико-химическому анализу органических систем и имеют значение для понимания механизма синтеза многих органических соединений. Системы, изученные Б. Н. Меншуткиным, состояли из органических и неорганических индивидов, и их существование наглядно доказывает единство неорганической и органической химии, условно разделенной, в силу исторических причин и удобства изучения, на отдельные области.

Борис Николаевич был единственным химиком, который разобрал, изучил и перевел с латинского языка почти все труды и записки М. В. Ломоносова, хранившиеся в архивах АН СССР. Большая «ломоносовская серия» работ насчитывает 31 название, среди них капитальный труд «Ломоносов как физико-химик» содержит богатейший материал, основанный на глубоком изучении первоисточников.

Б. Н. Меншуткин много работал в области истории русской химии прошлого века. Он опубликовал биографии Ловица, Севергина, Петрова, Гесса, Зимина, Бирона, Менделеева и других выдающихся ученых-химиков.

Много внимания Борис Николаевич уделял написанию учебников и учебных пособий по химии и популяризации химико-исторических знаний. Так, в 1926 г. были изданы «Очерки по истории химии», в 1931 г. — «Важнейшие этапы в развитии химии и пути ее развития» и др. Выдающимся трудом Бориса Николаевича является учебник «Курс общей (неорганической) химии», выдержавший четыре издания и во многом не устаревший и в наше время. Это не только учебник для студентов, но и незаменимое справочное руководство для преподавателей химии и научных сотрудников.

Борис Николаевич Меншуткин был блестящим лектором. В своих лекциях он уделял большое внимание изложению основных законов и понятий химии в их историческом развитии, а также новейшим достижениям науки и техники и их значению для технического прогресса народного хозяйства. Лекциям Борис Николаевич придавал руководящее, направляющее значение; а глубоко усвоить курс химии, по его мнению, можно лишь путем самостоятельной работы студента над лекцией и учебником и путем выполнения всех практических упражнений и, особенно, лабораторных занятий.

Лекции Борис Николаевич Меншуткин читал ровным, спокойным голосом, без всяких театральных приемов, мастерски сочетая удивительную простоту и ясность изложения с глубокой научностью. Лекции, как правило, сопровождались отлично поставленными лекционными опытами, в подготовке которых принимал активное участие своими ценными советами и сам лектор.

Борис Николаевич Меншуткин был простым, скромным, чутким, отзывчивым и обаятельным человеком. Он горячо, по-отчески любил студенческую молодежь.

Скончался Борис Николаевич 15 сентября 1938 г. в расцвете творческих сил.

Вся жизнь Бориса Николаевича Меншуткина была отдана служению науке и просвещению. Неутомимая работа видного ученого на благо Родины — прекрасный пример для молодого поколения, строящего светлое здание коммунистического общества.

Д. В. Желтухин.

УДК 674.0.38 : 661.311

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОТАША ИЗ ДРЕВЕСИНЫ НА УКРАИНЕ в XVI — ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЕ XVII вв.

Н. М. СТРИШЕНЕЦ

Черновицкий Государственный университет

В XVI — первой половине XVII вв. на Украине заметное распространение получило производство поташа из растительной золы. Предприятия (буды), на которых он вырабатывался, встречались почти по всей Украине, где имелись лесные массивы. Всего на протяжении XVI — первой половины XVII вв. на Украине в разное время существовало около 140 поташных буд.

Наиболее полно описана (1630 г.) буда, находившаяся возле с. Колодиевки на Житомирщине. Оборудование буды состояло из большой кирпичной печи-гарта в форме прямоугольника, двадцати корыт, двадцати прикорытков и двух сборных корыт. Длина корыта 8—10 м, ширина 30—50 см. При буде имелись склады готовой продукции и жилые постройки для рабочих [13]. В 1563 г. на буде в Зверевской пуше (Вольнь) работало 60 человек, в 1564 г. на одной из буд в Степановской пуше — 100 рабочих, на другой — 160 [13]. Рабочие имели разные специальности: здесь работали поливачи, бочкари, вожжари, колесники, ковали, будники (поташники), пильщики, набивачи. Это свидетельствует о том, что поташные буды организовывались по мануфактурному принципу. Производство поташа сводилось к следующим операциям. Первая — добытие золы, которую получали сжиганием древесины при полной подаче воздуха. Дрова складывали в клетки, в середине оставляли пространство для поджигания. При этом старались не разводиться большого огня, обкладывая дрова дерном, ибо когда они быстро сгорают, получается много угля и мало золы [12], [15]. Дрова сжигали несколькими накладками, пока не получали достаточного количества золы. Чтобы ветер не рассеивал ее, дрова сжигали в небольших земляных углублениях, выложенных кирпичом и огороженных досками. При таком способе добытия золы потери составляли около 4% от всей произведенной продукции. Из 1 т древесины осины добывали 12,5 кг золы, из 1 т древесины вяза — 22,5 кг. В среднем выход золы из древесины составлял 0,2—2% от ее веса [2], [3].

Вторая операция сводилась к выщелачиванию из золы растворимых в воде солей [4], [5], [6]. Для этого сначала золу просеивали через сито, чтобы очистить от угля, затем сыпали в большие деревянные корыта и смачивали водой, пока она не становилась густой, как тесто, а потом по желобу заливали водой.

Золу выщелачивали водой на протяжении суток. В полученной щелочи больше всего содержалось поташа. Щелочь фильтровали через солому; из больших корыт щелочь поступала в прикорытки, а из них по желобу стекала в большое сборное корыто [6], [7], [9], [10]. Чтобы удалить из щелочи воду, горящие дрова поливали щелочью, вода испарялась, а щелочь оседала слоями на дне гарта; через несколько дней осадок разбивали ломом и упаковывали в бочки. Отсюда процесс получения поташа из гарта носит название «ломки». Полученный поташ представлял собой смесь всех растворимых в воде солей с примесями той золы, которая образовывалась при сжигании дров на гарте. Часть золы, оставшаяся после выщелачивания, называлась попельняком [14]. Его употребляли для удобрения глинистых грунтов и в стекольном производстве.

Процесс производства поташа длился в среднем два — три месяца. За год на одной буде можно было получить несколько десятков тонн поташа. В 1605 г. на буде возле с. Багриновки на Житомирщине добыли 25 т поташа [13].

Для добычи 184 кг (шпунта) поташа требовалось 2240 кг золы. Для этого нужно было сжечь 24 м³ древесины [12], [13]. Добыча поташа составляла около 0,1—0,2% от веса древесной массы. Из 1 м³ вязовых дров производили 7,5 кг поташа, вербовых — 6,3; дубовых — 4; буковых — 3,3; кленовых — 2,8; осиновых 1,7 кг. В среднем добыча поташа из 1 м³ древесины составляла 4 кг. Наилучшие породы для производства поташа: береза, бук, вяз, дуб, ольха; для производства смольчуги (худшего сорта поташа) — берест и граб [2], [15].

Выход поташа зависит не только от породы дерева, но и от его возраста и от того, какую часть древесины сжигали, а также от способа добычи золы из дерева.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. І. Д. Бойко. Промисли на Україні в XVI — першій половині XVII ст. «Український історичний журнал» № 1, 1962. [2]. И. Е. Забелин. Большой боярин в своем вотчинном хозяйстве. «Вестник Европы», кн. 2, 1871. [3]. История поташной промышленности в России. «Вестник промышленности», ч. III, 1859. [4]. Историко-статистическое обозрение промышленности. Спб., ч. II, 1886. [5]. П. М. Лукьянов. Краткая история химической промышленности СССР. М., 1959. [6]. П. М. Лукьянов. Курс химической технологии минеральных веществ, ч. II, М., 1925. [7]. Лесная технология. Спб., 1871. [8]. О. М. Пономарьев. Про початок мануфактурного періоду на Україні. «Український історичний журнал» № 3, 1970. [9]. Промышленная химия. Спб., 1848. [10]. Руководство к добыванию поташа. Спб., 1863. [11]. П. Симеон. Поташное дело в Московском государстве на пороге XVIII века. «Журнал Министерства народного просвещения», май, 1813. [12]. Центральный государственный исторический архив Украинской ССР, ф. 25, Луцкий градский суд, оп. I, д. I, 5, 6. [13]. Центральная научная библиотека АН Украинской ССР, отдел рукописей, ф. А. И. Ярошевича, раздел «Поташ», ч. I. [14]. К. Л. Уварова. Производство поташа. «Лесной журнал» № 9, 1850. [15]. А. И. Ярошевич. Нариси економічного життя України, вип. VII, Киев, 1927.

НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

УДК 634.0.12

VI СИМПОЗИУМ «БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СЕВЕРА»

С 28 мая по 2 июня 1974 г. в Якутске проходил VI симпозиум «Биологические проблемы Севера». На симпозиум собрались ученые биологи разных специальностей, представляющие научно-исследовательские институты АН СССР, университеты и вузы, опытные станции и лесные предприятия страны.

На пленарном заседании были заслушаны доклады И. П. Щербакова, акад. АМИ СССР В. П. Казначеева, Е. Е. Сыроечковского, секретаря Якутского обкома КПСС И. А. Матвеева, чл.-корр. АН СССР Н. И. Пьявченко, В. Ф. Альтерготта и С. Ф. Ковалева. В этих докладах были показаны состояние биологических ресурсов Северо-Востока и задачи их изучения в будущем, перспективы развития и освоения природных богатств, проблемы сельского хозяйства, а также медико-биологические проблемы адаптации человека к условиям Севера.

Конкретизация этих вопросов нашла отражение в 528 докладах, большинство из которых было заслушано на заседаниях секций: зоологии, адаптации человека к условиям Севера, леса и лесного хозяйства, физиологии и биохимии растений.

Доклады секции леса и лесного хозяйства отразили широкий круг вопросов.

Этапы морфогенеза и развития генеративных органов хвойных в экстремальных условиях Севера осветили Г. М. Козубов, Н. С. Медведева, Н. В. Тренин, Т. П. Ильченко и Н. Н. Гурзенкова, Н. А. Ларинова и А. Н. Николаева.

В докладах А. И. Ирошникова и А. И. Федоровой, В. Д. Чернышева, И. А. Елагина, А. В. Веретенникова, И. П. Щербакова и Н. С. Медведевой были вскрыты некоторые механизмы адаптации сосны и лиственницы к условиям Севера. Вопросы естественного и искусственного возобновления хвойных в условиях Северо-Востока были отражены в докладах В. М. Вершняка, В. А. Афанасьева, Ю. И. Манько, В. П. Ворошилова.

Интересные доклады по лесным биогеоценозам геокриогенной области представлены А. И. Уткиным, С. Г. Шиятовым, В. В. Крючковым, А. В. Кнорре, И. И. Котляровым, Г. Н. Егоровой, П. А. Тимофеевым и другими авторами.

Типы напочвенных горючих материалов, причины возникновения пожаров и меры борьбы с ними были показаны в докладах А. П. Яковлева, А. В. Филиппова, О. Ф. Забелина, М. А. Шешукова и др.

Э. Н. Фалалеев, С. С. Шанин, А. П. Витальев дали обоснованные рекомендации по организации хозяйства в притундровых лесах Красноярского края. И. П. Щербаков, П. И. Котляров и В. М. Раевских доказали необходимость разработки новых правил рубок главного пользования в лесах Якутии и Магаданской области.

В. М. Васильев, Е. Л. Беззаботнов, В. В. Смирнов, А. С. Шейнгауз и др. посвятили свои доклады методам учета леса и изучению его биологической продуктивности.

В работе секции физиологии и биохимии растений приняли участие 11 научных институтов и опытных станций: Новосибирский институт почвоведения и агрохимии (В. Ф. Альтерготт, С. Ф. Коваль и др.), Институт физиологии растений им. К. А. Тимирязева (Н. А. Сатарова), Институт биофизики АН СССР (А. Б. Брандт), Институт биологии Якутского филиала АН СССР (Д. В. Григорьева, В. Г. Алексеев, В. Н. Дохунаев и др.), Иркутский институт биохимии растений (Н. И. Бакуменко, В. П. Зиновьева), Карельский институт биологии (С. Н. Дроздов) и другие институты.

Большинство докладов было посвящено физиолого-биохимическим процессам при адаптации сельскохозяйственных растений к условиям Севера. По физиологии хвойных было представлено всего три доклада (А. В. Веретенников, Ю. Е. Новицкая, П. Ф. Совершаев). Это обстоятельство указывает на отставание исследований физиолого-биохимических процессов в онтогенезе хвойных пород.

О путях развития физиологии растений Севера на пленарном заседании симпозиума доложил В. П. Дадыкин.

На заключительном заседании симпозиума принято решение, в котором определены задачи дальнейших исследований ученых всех специальностей. Обращено внимание ученых биохимиков и физиологов на необходимость усиления исследований важнейших биополимеров: нуклеиновых кислот и белков.

VI симпозиум являлся важным этапом в объединении усилий ученых различных специальностей для решения сложной проблемы — увеличения биологического потенциала осваиваемых земель Севера. Материалы симпозиума опубликованы Якутским филиалом АН СССР.

П. Ф. Совершаев.

Архангельский лесотехнический институт.

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

УДК 581.2

ЦЕННОЕ ПОСОБИЕ *

Рецензируемое учебное пособие проф., доктора сельскохозяйственных наук Н. А. Черемисинова предназначается в основном для факультетов и отделений по защите растений сельскохозяйственных вузов и биолого-почвенных факультетов университетов, а также с успехом может быть использовано студентами лесохозяйственных факультетов при изучении курса лесной фитопатологии.

В книге детально рассмотрено понятие о болезнях растений, в основу которого положены реакции растений на патологический процесс, возникающий в результате внедрения болезнетворного начала или воздействия абнотических факторов внешней среды, приведены наиболее характерные внешние признаки болезней растений, их диагностика и классификация.

Третья глава пособия посвящена изучению неинфекционных болезней растений. В ней автор дает описание наиболее часто встречающихся заболеваний, возникающих при неблагоприятных почвенных условиях, в частности, при недостатке отдельных элементов питания, при воздействии экстремальных метеорологических факторов внешней среды, а также болезней, связанных с различными механическими повреждениями. Отдельно рассмотрены болезни растений, вызываемые действием проникающих излучений и загрязнением атмосферного воздуха вредными примесями.

Большое внимание уделено рассмотрению инфекционных болезней растений как наиболее распространенных и приносящих значительный ущерб народному хозяйству страны.

В пятой главе детально описаны биологические особенности и рассмотрена систематика грибов — возбудителей болезней растений. Автором использована наиболее распространенная и принятая большинством современных микологов система, по которой отдел грибов разделяется на четыре класса. В качестве представителей отдельных классов приведены возбудители микозов сельскохозяйственных и древесных растений. В конце обзора каждого класса даны таблицы распределения грибов по систематическим категориям — порядкам, семействам и родам с указанием важнейших фитопатологических видов.

Шестая и седьмая главы пособия посвящены рассмотрению болезней растений, вызываемых бактериями, актиномицетами и вирусами. Здесь приведено описание морфологии и физиологии этих микроорганизмов, изложены основы систематики фитопатогенных бактерий, а также дана характеристика типов поражения культурных растений бактериями, актиномицетами и вирусами и указаны мероприятия по борьбе с ними.

В восьмой главе рассмотрены болезни растений, вызываемые высшими цветковыми паразитами. Здесь автор показывает природу паразитизма у цветковых растений и приводит описание наиболее важных представителей из этой группы (омела, повилика и заразиха).

В книге значительное место отведено вопросам динамики развития и распространения инфекционных болезней растений. Автор детально рассматривает способы внедрения инфекционного начала в растение и влияние экологических условий на процесс заражения и дальнейшее развитие заболевания. Описаны типы инфекций, пути и способы их распространения в природе. В девятой главе дано понятие об эпифитотии и ареалах распространения болезней и показано значение прогноза болезней растений в области защиты растительного мира.

В десятой главе книги рассмотрены вопросы иммунитета растений к инфекционным болезням, определены основные понятия и термины иммунитета и освещены различные факторы, определяющие или в какой-то мере обуславливающие пассивный и активный иммунитет растений. Изложены наиболее распространенные теории устойчивости растений к инфекционным заболеваниям и показана изменчивость этого свойства растений под влиянием различных факторов внешней среды. Заслуживают внимания описанные автором некоторые агротехнические приемы и способы обработки растений различными химическими веществами для повышения устойчивости их к болезням (приобретенный иммунитет). Глава об иммунитете растений завершается

* Н. А. Черемисин. Общая патология растений. Изд. 2-е, переработ. и дополн., изд-во «Высшая школа», М., 1973.

рассмотрением роли селекции при выведении устойчивых сортов. Этот вопрос изложен на основе классических работ И. В. Мичурина по созданию устойчивых сортов плодово-ягодных растений и достижений советских селекционеров в послевоенный период (работы академиков П. М. Жуковского, П. Л. Лукьяненко, В. С. Пустовойта и др.).

В заключительной (одиннадцатой) главе книги описаны методы защиты растений от болезней. Наряду с общей характеристикой, автор детально рассматривает существующие методы защиты растений от болезней, при описании химического метода борьбы указывает аппаратуру, применяемую при обработке растений фунгицидами, и приводит их краткую характеристику.

В конце пособия дан обширный список литературы, преимущественно отечественных авторов, и предметный указатель русских названий, облегчающий пользование книгой.

Рецензируемая книга написана хорошим языком, богато иллюстрирована и является ценным пособием для специалистов в области защиты леса, студентов, аспирантов и научных работников.

Н. И. Федоров.

Белорусский технологический институт

УДК 634.0.0221.0

РУБКИ ГЛАВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ В ЕЛЬНИКАХ СЕВЕРА

В настоящее время большое внимание уделяется вопросам рационализации рубок главного пользования. Однако влияние способа рубки на повышение хозяйственно-экономического уровня лесопользования, лесовосстановление и повышение продуктивности таежных лесов используется пока слабо. В этой связи своевременны и полезны опубликованные ЛенНИИЛХом практические рекомендации по выбору способа и проведению рубок в еловых лесах Европейского Севера*, составленные в развитие «Правил рубок главного пользования в равнинных лесах РСФСР» и предназначенные для работников лесхозов и леспромхозов.

Рецензируемая работа включает предисловие, два специальных раздела, заключение и приложение. В разделе общих положений намечается подход к решению вопросов, связанных с выбором главной породы, способов рубки и лесовозобновления. Во втором, основном, разделе, даются рекомендации по выбору способа рубки в связи со строением древостоев и особенностями современной лесозаготовительной техники.

В приложение включен вспомогательный материал, предназначенный для использования при выборе способа рубок и главной породы, а также для глазомерного определения возраста ели, благонадежности подроста и текущего прироста объема древесины ствола.

Авторы рекомендаций, высказывая опасение по поводу сокращения площадей сосняков Севера, предлагают варианты рубок и лесовосстановления, которые в ряде случаев направлены на выращивание высокопродуктивных сосновых и лиственничных древостоев на месте еловых. В работе дается перечень лесорастительных условий и соответствующих им вариантов структуры еловых древостоев, в которых ель уступает этим породам по продуктивности. Предлагается ориентироваться на сплошную вырубку елового древостоя, а в отдельных случаях и подроста ели, и восстановление сосны или лиственницы.

Признавая указанный подход в основном правильным, мы, однако, считаем, что в определенных условиях судьбу ели следует решать не только в зависимости от лесоводственных соображений, но и от хозяйственно-экономических возможностей.

При оставлении семенников сосны не всегда следует ориентироваться на рубку имеющегося подроста ели, так как нет полной уверенности в заселении площади сосной. Оставление же елового подроста (2—3 тыс. шт. на 1 га) не будет препятствовать последующему поселению сосны, а будет способствовать созданию смешанных высокопродуктивных сосново-еловых древостоев.

Выбор способа главной рубки авторы рекомендаций увязывают с особенностями возрастной структуры и строения древостоев. Такой подход следует расценивать как один из главных положительных моментов работы, определяющей основу рационализации рубок.

Все разнообразие таежных ельников авторы сводят к шести основным вариантам структуры древостоев: одновозрастные, относительно разновозрастные (три варианта) и абсолютно разновозрастные (два варианта). Для каждого варианта показаны основные черты строения полога и особенности распределения деревьев по диаметру, описываются отдельные признаки формирования структуры древостоев.

* С. А. Дыренков, О. Э. Шергольд. Рубки главного пользования в ельниках средне- и южнотаежных подзон европейской части СССР. Изд. ЛенНИИЛХа, Л., 1973.

В одновозрастных древостоях предлагается вести сплошнолесосечные рубки с последующим восстановлением леса искусственным путем или сохранением куртины подроста и созданием частичных культур. В абсолютно разновозрастных и относительно разновозрастных древостоях I и II групп лесов рекомендуются выборочные и группово-выборочные рубки интенсивностью 20—40% запаса.

В лесах III группы для абсолютно разновозрастных древостоев и частично для относительно разновозрастных, в зависимости от их однородности, рекомендуются интенсивно-выборочные или сплошнокуртинные рубки с выборкой по запасу 70—90%. Они представляют упрощенный вариант сплошной промышленной рубки, основывающейся на сохранении не менее 400 тонкомерных деревьев и 2 тысяч шт. подроста на 1 га. При невозможности проведения сплошных рубок в абсолютно разновозрастных древостоях рекомендуются сплошные рубки с сохранением подроста и нижней части тонкомера.

Для основных способов рубок базовым вариантом технологии предлагается считать метод «узких лент» типа удмуртского. Даются рекомендации использования существующей и проектируемой техники при различных вариантах рубок.

Хозяйственная целесообразность предлагаемой регламентации способов рубки в целом не вызывает сомнений и заслуживает безусловного одобрения. В то же время из-за сложности этого вопроса отдельные его стороны в рекомендациях недостаточно разработаны или остаются спорными. В них не указывается практический подход к определению структуры древостоев и недостаточно раскрываются лесоводственно-таксационные признаки, по которым можно отнести древостой к тому или иному варианту структуры. Выпали из поля зрения подготовка лесосечного фонда при разных вариантах рубок и техника отбора деревьев в рубку. Не совсем ясна разница между интенсивно-выборочной и сплошной рубкой с сохранением подроста и тонкомера.

К спорным моментам можно отнести: некоторые предложения по выбору способа рубки главной породы в зависимости от лесорастительных условий и структуры леса; максимальный процент выборки запаса при интенсивно-выборочной рубке; предложение считать машину ЛП-2 наиболее предпочтительной на всех видах сплошных рубок; придержки для определения энергии роста (приложение 4) и выживаемости подроста и тонкомера после полного осветления (приложение 3); придержки при отборе деревьев в рубку только по возрасту.

Рассматриваемая работа несколько пространна как практическое пособие, поэтому отдельные важные для практики положения воспринимаются недостаточно четко. Однако отмеченные недостатки не нарушают общей, отвечающей интересам хозяйства принципиальной линии работы и не умаляют ее значения. В целом она должна расцениваться как весьма полезная, вносящая определенный вклад в дело научного обоснования и практического совершенствования рубок главного пользования в условиях Европейского Севера.

И. В. Волоевич.

Архангельский институт леса и лесохимии.

И. И. Гусев.

Архангельский лесотехнический институт.

УДК 634.0.2 (084.3-36)

ПОЛЕЗНАЯ КНИГА*

Как известно, лесорастительное районирование имеет целью выделить территориальные единицы, различающиеся по природным условиям произрастания леса. Этот вид районирования является естественно-исторической основой для дифференцированного, порайонного ведения лесного хозяйства. Поэтому практическая значимость лесорастительного районирования бесспорна, а потребность в выделении лесорастительных районов различного ранга диктуется самой жизнью. В связи с этим нужно приветствовать выход в свет книги С. Ф. Курнаева.

Автор книги на основании большого многолетнего личного опыта и многочисленных литературных источников предложил лесорастительное районирование для всей обширной территории нашей страны. Он выделил 29 крупных территориальных единиц — лесорастительных провинций. Последние, в свою очередь, делятся на более мелкие единицы — округа, их около 200 (дальнейшего, более дробного деления не проводится). Каждая провинция и округ подробно характеризуются как в отношении состава лесной растительности, так и климатических условий. Все они показаны на приложенной к книге цветной карте масштаба 1:15 000 000. Районированием охвачены

* С. Ф. Курнаев. Лесорастительное районирование СССР. Изд-во «Наука», М., 1973.

все природные зоны СССР — не только исконно лесные области, но также и те, где лесов от природы нет. Такой подход, на наш взгляд, вполне оправдан: важно дать оценку всех частей страны с точки зрения возможности выращивания древесных растений, определить степень «лесопригодности» нелесных районов.

Лесорастительные условия любой территории определяются многими природными факторами — климатическими, орографическими, почвенно-грунтовыми и т. д. На достаточно обширных пространствах решающее значение приобретает климат; он в первую очередь определяет возможность существования леса и состав древесных пород. Выделенные С. Ф. Курнаевым крупные территориальные единицы — лесорастительные провинции и округа — как раз и обусловлены климатом, они отображают климатические различия разных частей страны (например, провинции отображают степень континентальности климата). Дальнейшее расчленение упомянутых единиц на более мелкие (оно не входило в задачу С. Ф. Курнаева) должно производиться с иных позиций — главным образом по особенностям почвенно-грунтовых условий и рельефа. Влияние этих последних факторов на растительный покров особенно сильно проявляется на малых территориях, более или менее однородных в климатическом отношении.

Климатические условия территории лучше всего характеризует естественная коренная растительность зональных экотопов (суглинистых достаточно дренированных междуречий), или зональная растительность. Именно эта растительность использована С. Ф. Курнаевым для расчленения территории СССР на провинции и округа. Каждая провинция, в частности, характеризуется определенным составом господствующих видов зональных растительных сообществ (в лесной зоне — основных лесообразующих пород). Округа (на равнине) выделяются с учетом изменений в составе сопутствующих древесных пород.

Рецензируемая книга С. Ф. Курнаева представляет собой существенный вклад в познание лесорастительных условий нашей страны. Она отличается оригинальностью и своеобразием подхода к анализу связей растительного покрова со средой, глубиной выводов, широтой охвата явлений.

В ней хорошо показана связь провинциального изменения лесной растительности с циркуляцией воздушных масс. Автор обращает внимание на то, что это влияние обычно проявляется на широком фронте, поэтому и провинции должны иметь соответственно большие размеры. Провинции выделяются в пределах всей природной зоны (лесной, степной, пустынной и т. д.), а не отдельных подзональных полос, как делают некоторые авторы. Однородное влияние воздушных масс на этом фронте проявляется в однородности зонального спектра, что и используется в качестве одного из критериев установления границ провинций.

Главнейшие особенности лесной растительности зависят, прежде всего, от того, какие воздушные массы господствуют — морские или континентальные. С этим связан климатический режим (степень его континентальности). Обращая внимание на то, что на большей части лесной области умеренного пояса Евразии континентальность климата изменяется в направлении с юго-запада на северо-восток, автор подчеркивает, что главное влияние в этом отношении на состав лесообразующих пород оказывает зимний термический режим. Изотермы всего холодного периода, изолинии абсолютных минимумов, продолжительность безморозного и вегетационного периода на упомянутой территории изменяются в направлении с юго-запада на северо-восток. В этом же направлении изменяются ареалы лесообразующих пород, состав пород в лесах — формации, а следовательно, и лесорастительные провинции. Их рубежи проходят также в направлении с северо-запада на юго-восток, мало считаясь с физико-географическими рубежами (Уральским хребтом, Среднесибирским плоскогорьем и др.). Это заставило автора не придерживаться в провинциальном делении физико-географических рубежей, предложить принципиально новый, хорошо обоснованный подход к выделению провинций и таким образом точно установить и утвердить их границы, в проведении которых ранее был такой большой разбой.

Заслугой автора является также то, что он четко разграничил изменение растительности, связанное с влиянием общих условий климата (солнечной радиации, циркуляции воздушных масс), от изменений, связанных с местным климатом (инверсией температур, эффектом барьерной тени и т. д.). Подробно разобрав эти явления на конкретных примерах, С. Ф. Курнаев наглядно показал, что смешивать их нельзя и тем самым утвердил стройность своей системы районирования. Автор книги, с одной стороны, найдя во всех случаях аналогию между зональной и горно-поясной растительностью, сумел удачно объединить всю растительность равнин и горных стран в единые зоны и тем самым найти общее в построении растительного покрова; а с другой, он совершенно правильно подошел к выделению округов на равнине (в пределах подзональных полос) и в горных странах (в пределах всего горнопоясного ряда). Чрезвычайно интересны и важны его данные по аналогии зонального спектра равнин с поясным спектром наветренных склонов гор в пределах одной провинции. Эта закономерность может быть использована при проведении границ провинций.

Развивая эти положения, автор книги, в частности, пришел к выводу о необходимости выделения новых зональных подразделений: океанической зоны лугов и

луговых редколесий (найдя для нее аналогию в альпийской и субальпийской растительности горных стран); зон лиственных лесов умеренного пояса на две подзоны: северных монодоминантных лесов (буковых, липовых, березовых, осиновых) и южных термофильных лесов (леса Колхиды, Талыша, юга Франции).

Вскрывая общую закономерность ксерофитизации растительного покрова в депрессиях горного рельефа и равнин, автор считает необходимым отнести к южной тайге лесов центральной якутскую впадину. Ранее эта территория относилась к средней тайге, но имеет все признаки южной тайги: отсутствие зеленомошного ковра, разнотравный остепненный покров, повышенный бонитет древесных пород, климат, близкий к степному. Этот вывод согласуется с данными известного исследователя Якутии М. Н. Караваева (1957 г.), выделившего здесь даже участка лесостепи.

Рецензируемая книга, к сожалению, не лишена и некоторых недостатков. Автор часто употребляет в тексте термин «зональный экотоп», но нигде не дает его определения (подобное разъяснение совершенно необходимо для многих читателей). То же относится и к понятию «интразональный экотоп». Нет определения термина «область». Он употреблен на стр. 42—43, но какие области имеет в виду автор (ботанико-географические или лесорастительные), остается неясным. Каковы критерии и принципы выделения областей, также не сказано.

Названия растений даны преимущественно на русском языке. Надо бы дать перевод их на латынь, хотя бы в конце книги. Среди русских названий встречаются мало употребительные (например, «ярусный мох», «ракетный мох», «остистый папоротник» и др.).

Неприятное впечатление производит значительное количество опечаток. Среди них есть такие досадные, как «подзольные почвы» (стр. 32), «напочечные кустарнички» (стр. 89) и т. д. Трудно понять смысл некоторых фраз из-за того, что они не выправлены (например, строки 11—15 сверху на стр. 10; строки 1—3 сверху на стр. 32; строки 4—5 сверху на стр. 35 и др.). Много опечаток в латинских названиях растений (стр. 36, 38, 58, 89, 92, 95).

В тексте книги встречаются ссылки на такие литературные источники, которые отсутствуют в списке литературы в конце книги (на стр. 11 — Алехин, 1927; Сукачев, 1934, Берг, 1936; на стр. 12 — Докучаев, 1900; Сочава, 1955; на стр. 21 — Обручев, 1928 и т. д.).

Перечисленные недочеты касаются оформления книги, но не затрагивают ее сущности. Они, конечно, не снижают достоинств книги в целом.

В. В. Петров.

Московский государственный университет.

ПАМЯТИ

ПРОКОПИЯ ВАСИЛЬЕВИЧА ВАСИЛЬЕВА

14 февраля 1974 г. на 71-м году жизни скончался видный ученый, один из основоположников советской лесоэкономической науки, член КПСС с 1927 г., заслуженный деятель науки РСФСР, профессор, доктор экономических наук Прокопий Васильевич Васильев.

Сын чувашских крестьян П. В. Васильев прошел большой и славный путь: рабфак, служба в Красной Армии, учеба в Ленинградском институте народного хозяйства им. Ф. Энгельса. После окончания института он работал в Ленинградском Древетресте, а с 1932 г. по 1941 г. в Ленинградской лесотехнической академии, где был заведующим кафедрой организации труда и технического нормирования и деканом инженерно-экономического факультета. В 1943 г. П. В. Васильев успешно защитил докторскую диссертацию и в 1944 г. получил звание профессора.

П. В. Васильев явился одним из создателей крупнейшего в нашей стране научного центра — Института леса АН СССР, в котором до 1959 г. он работал первым заместителем директора. С 1959 г. и до последних дней своей жизни Прокопий Васильевич работал заведующим сектором лесного хозяйства и лесной промышленности Совета по изучению производительных сил при Госплане СССР.

Будучи специалистом с широкой экономической подготовкой, П. В. Васильев исследовал сложные вопросы экономической науки и хозяйственной практики на основе марксистско-ленинской теории. Он разработал важнейшие разделы лесной экономики: характер проявления теории расширенного воспроизводства лесного хозяйства, новые приемы структурного анализа промышленного использования древесины, новые подходы к исследованию продуктивности лесов и к обоснованию мероприятий по ее повышению с учетом взаимосвязанного проявления естественного и экономического плодородия лесных земель, ряд крупных вопросов стоимостной оценки лесов. Более 250 печатных работ оставил после себя выдающийся ученый.

Плодотворная научная деятельность принесла широкую известность П. В. Васильеву не только в нашей стране, но и за рубежом, объединив его единомышленников и последователей из социалистических стран. Результатом такого объединения явилось издание в 1927 г. Польской Академией наук крупной коллективной монографии «Лесное хозяйство в системе планируемой экономики». Изданная по инициативе и при непосредственном и самом активном участии П. В. Васильева в качестве основного автора и редактора, эта книга подготовлена в дружестве с ведущими учеными-экономистами шести социалистических стран, дает развернутую информацию о лесных ресурсах социалистических стран, о характерных особенностях и принципах ведения лесного хозяйства в них. Монография знакомит читателя с основными проблемными вопросами лесоэкономической науки, разрабатываемыми в целях интенсификации развития лесохозяйственного производства.

П. В. Васильев известен и как публицист. Такие работы, как «Сокровища советских лесов» и «Земля лесная», хорошо известны широким читательским массам.

Под его руководством более 25 человек подготовили и защитили кандидатские диссертации и 10 ученых — докторские. Свой опыт и богатые знания он щедро дарил молодежи, являясь автором или редактором почти всех учебников и учебных пособий по экономике лесного хозяйства для высшей школы, изданных в нашей стране.

Как высококвалифицированный специалист, как активный деятель лесоэкономической науки П. В. Васильев активно участвовал в работе большинства мировых лесных конгрессов, конгрессов Международной организации лесных научных учреждений (ЮФРО), совещаний ЮНЕСКО и др., где неизменно выступал с научными докладами, посвященными социалистической организации лесного хозяйства, способствуя пропаганде передовых идей социалистического лесного хозяйства.

Плодотворная и многогранная деятельность П. В. Васильева, его заслуги в общественной жизни и в деле развития лесоэкономической науки нашей страны отмечены рядом правительственных наград.

Светлая память о талантливом ученом-коммунисте, педагоге, чутком товарище всегда будет жить в сердцах людей, знавших его.

Группа учеников: И. В. Воронин, М. А. Куликов, С. А. Бредилин, В. А. Бугаев, В. И. Золотых, Л. И. Панишева.

ПАМЯТИ

ДМИТРИЯ ВАСИЛЬЕВИЧА СОКОЛОВА

Умер профессор Дмитрий Васильевич Соколов — крупный фитопатолог, древесиновед и специалист в области защиты древесины.

Д. В. Соколов родился 26 октября 1905 г. После окончания в 1927 г. Ленинградской лесотехнической академии некоторое время он работал в тресте «Дальлес», а затем перешел на научную работу во Всесоюзный институт защиты растений. Уже в 1932 г. он фактически руководил лабораторией лесной фитопатологии, тесно сотрудничая с крупными учеными, профессорами С. И. Ваниным и В. Н. Старком.

В период Великой Отечественной войны Д. В. Соколов был участником многих сражений. За боевые заслуги он был награжден орденом Красной Звезды и восемью медалями.

В 1946 г. Дмитрий Васильевич был приглашен в Ленинградский научно-исследовательский институт лесного хозяйства на должность заведующего отделом лесозащиты. С 1949 г. и до конца своих дней он работал на кафедре древесиноведения и фитопатологии ЛТА сначала доцентом, а с 1968 г. заведующим кафедрой. В 1966 г. Д. В. Соколову была присуждена ученая степень доктора сельскохозяйственных наук.

Как ученый Д. В. Соколов известен прежде всего работами в области лесной фитопатологии. Еще в ВИЗРе он провел глубокие исследования болезней лесных семян и древесных пород в ползащитных насаждениях. Совместно с крупнейшими советскими фитопатологами Дмитрий Васильевич участвовал в составлении ряда определителей низших растений. Широко признание получила его книга «Корневая гниль от опенки и борьба с ней» (1964), изданная не только в Советском Союзе, но и за рубежом.

Дмитрий Васильевич был редактором посмертного издания учебника проф. С. И. Ванина «Лесная фитопатология». В 1969 г. им (совместно с И. И. Журавлевым) был написан новый учебник по лесной фитопатологии.

Д. В. Соколов известен также работами в области древесиноведения. В древесиноведческих исследованиях Д. В. Соколов развивал то направление науки, которое в настоящее время получило название «биологического древесиноведения». В соавторстве с С. И. Ваниным и И. И. Журавлевым он провел исследования (1957) фитопатологического состояния и физико-механических свойств древесины насаждений знаменитой Линдуловской лиственничной рощи (Ленинградская обл.). Большой научный и практический интерес представляют работы Дмитрия Васильевича по изучению влияния различных поражений стволов сосны и ели на физико-механические и технологические свойства древесины, на основании которых были сделаны практически важные выводы о возможностях использования фауной древесины.

Под руководством Д. В. Соколова на кафедре древесиноведения и фитопатологии ЛТА был проведен ряд важных исследований по защите древесины. Особую ценность оказалась разработка технологии защиты древесины градилен тепловых электростанций, давшая значительный экономический эффект после ее промышленного внедрения.

Д. В. Соколовым было опубликовано свыше 100 научных работ.

Велики заслуги Д. В. Соколова и в области подготовки инженерных и научных кадров для лесного хозяйства и лесной промышленности. Большую ценность представляют методические пособия, составленные им для студентов различных факультетов лесотехнических вузов страны. Дмитрий Васильевич был руководителем 10 аспирантов, успешно защитивших кандидатские диссертации.

Д. В. Соколов активно участвовал в общественной работе, будучи членом ряда научных обществ и членом редколлегии журнала «Микология и фитопатология».

Дмитрий Васильевич был человеком высоких душевных качеств: дружелюбно относился к людям, был требователен к себе. Всю свою жизнь он стремился развивать в людях трудолюбие, выдержку, настойчивость, любовь к своей профессии, аккуратность в делах.

Безвременная, внезапная смерть Дмитрия Васильевича лишила нас видного деятеля науки и воспитателя молодых специалистов, прекрасного товарища. Светлая память о Дмитрии Васильевиче Соколове надолго сохранится в сердцах его коллег, друзей, учеников и всех тех, кто его знал.

И. И. Журавлев, О. И. Полубояринов, В. И. Щедрова, В. А. Соловьев, Т. Н. Вишнякова, Л. А. Емельянова, Н. Ф. Транина, Р. Ю. Тарханова, А. А. Константиная, Г. Н. Некрасова, М. Я. Гашкова.

Ленинградская лесотехническая академия.

СО Д Е Р Ж А Н И Е

- В. И. Боховкин.* Союз рабочего класса и колхозного крестьянства — движущая сила построения коммунистического общества 3

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

- П. В. Воропанов.* Текущий прирост и запас отпада в насаждениях 7
- В. Г. Нестеров, Е. В. Автухович.* Оптимизация подбора лесных участков под рубку ухода методом динамического программирования 10
- С. А. Денисов.* Порослевая способность и придаточное корнеобразование у берез бородавчатой и пушистой 15
- А. С. Тихонов.* Соотношение отпада и прироста после механизированных комплексных рубок в двухъярусных листовенно-еловых древостоях 19
- И. П. Ушатин.* К вопросу об оценке естественного возобновления ели в условиях южной тайги европейской части СССР 23
- М. Л. Дворецкий.* Точность определения объема круглых лесоматериалов по таблицам 27
- Е. И. Цурик.* Особенности таксационного строения ельников Украинских Карпат 31
- К. К. Полуяхтов, Н. В. Курянова, В. И. Волкорезов, В. В. Шишов.* Некоторые особенности корневых систем древесных пород в смешанных культурах на серых лесных почвах 36

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

- И. И. Сленко, А. А. Пустовойтов.* Метод расчета несущего каната однопролетной установки с произвольным числом грузств 41
- В. В. Андронов, А. Г. Пилотик, В. Д. Сычев.* Исследование движения бревна, сбрасываемого с роликового транспортера 46
- В. А. Лукина, Б. В. Уваров.* О переносе тепла и влаги в сезоннoпромерзающих грунтах земляного полотна автомобильных дорог 51
- С. Г. Костокрыз, И. П. Ковтун.* Статистические характеристики продольных профилей лесовозных автомобильных дорог 58
- Г. И. Шелопаев.* Исследование температурного режима лесовозных автомобильных дорог с помощью гидравлического интегратора В. С. Лукьянова 64
- В. И. Пындак, И. В. Лямин.* Гидроманипулятор для трелевочного трактора 69

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

- А. М. Моргачев.* Некоторые вопросы стружкообразования при рамном пилении древесины 74
- П. М. Мазуркин.* Анализ вибрационного бесстружечного резания древесины 80
- В. С. Шалаев.* О размерах экспортных обрезных пиломатериалов, дающих наибольший ценностный выход, при выработке их из необрезных 84
- А. А. Филонов.* Фактическая площадь контакта и объем поверхности при облицовке древесностружечных плит термопластами 87
- М. С. Мовнин, А. Н. Ерошкин, Ю. И. Цой.* К вопросу о долговечности паркета с лицевым покрытием из модифицированной полиметилметакрилатом древесины 92
- В. И. Рогачев.* Влияние антифрикционных добавок на несущую способность подшипников скольжения из древлпастмассовых композиций 97

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

- С. И. Ладинская, Г. С. Худашева, О. В. Грацианова, Ф. А. Медников.* Протени хвой сосны и ели и возможность его выделения 100
- А. К. Анпилогов, Е. Д. Гельфанд.* О сорбционной емкости лигнина по легко- и трудноокисляемым компонентам последрожевой бражки 104
- С. М. Репах, Э. Д. Левин.* Деструктивная гидрогенеризация таллового пека 106
- В. А. Бабкин.* Потери напора на трение при смешанном течении волокнистой суспензии в трубе 109
- И. А. Гамова, Т. С. Коромылова, Л. Н. Наткина.* Исследование механизма образования полимердревесного материала 113

**КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ
И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ**

<i>В. Л. Колесников, Н. Е. Цыбаков.</i> Математическая модель процесса капифольной проклейки бумаги в массе	118
<i>Н. Г. Штольцер.</i> Аппроксимация передаточной функции второй степени функцией первой степени с запаздыванием	123
<i>Д. Л. Дудюк.</i> Математическое описание автоматизированных линий разветвленной взаимосвязанной структуры	126

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

<i>Т. А. Кислова.</i> К вопросу о стоимостной оценке лесных ресурсов	130
<i>А. П. Петров, Л. П. Андреева.</i> Методы оценки эффективности комбинирования лесозаготовок с переработкой древесины	134
<i>М. А. Ясинская.</i> Экономическое исследование баланса древесины при вторичном раскросе сырья	138
<i>Ю. П. Кононов.</i> Определение оптимальных размеров оборотных и обменных фондов агрегатов	143
<i>В. Д. Щербаченко.</i> Методы перспективного планирования потребности лесхозов в тракторном парке	148

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

<i>В. А. Шкунов.</i> Опыт сравнения различных по методам составления эскизов таблиц хода роста модальных березовых насаждений	151
<i>В. П. Левченко.</i> Упругие деформации древесины сучков сосны	153
<i>И. С. Матюк.</i> Некоторые рекомендации по созданию устойчивых лесных насаждений на песках степи и полупустыни	154
<i>В. В. Гамов.</i> Прочность древесностружечных плит при неполном контакте частиц	156
<i>Л. П. Ажар, Э. Д. Левин, Г. А. Таскина.</i> Гербицидная токсичность масла, полученного на основе отстойной лигниновой смолы	159
<i>В. В. Кислый, С. А. Образцов, Т. С. Сластенко.</i> Экспериментальное исследование неоднородности качества пиломатериалов	161

ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ

<i>Д. В. Желтухин.</i> Видный ученый, педагог и историк химии, К 100-летию со дня рождения профессора Б. Н. Меншуткина	163
<i>Н. М. Стриженец.</i> Технология получения поташа из древесины на Украине в XVI — первой половине XVII вв.	164

НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

<i>П. Ф. Совершасв.</i> VI симпозиум «Биологические проблемы Севера»	166
--	-----

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

<i>Н. И. Федоров.</i> Ценное пособие	167
<i>И. В. Волосевич, И. И. Гусев.</i> Рубки главного пользования в ельниках Севера	168
<i>В. В. Петров.</i> Полезная книга	169

ЮБИЛЕН

<i>М. И. Калинин, Е. В. Витвицкий, Ю. Ф. Осипенко, Н. Х. Осмола, В. С. Пешко, Я. А. Сабан, А. И. Швиденко.</i> Юбилей профессора Николая Максимовича Горшенина	172
--	-----

НЕКРОЛОГИ

<i>И. В. Воронин, М. А. Куликов, С. А. Бредилин, В. А. Бугаев, В. И. Золотых, Л. И. Панищева.</i> Памяти Прокопия Васильевича Васильева	174
<i>И. И. Журавлев, О. И. Полубояринов, В. И. Щедрова, В. А. Соловьев, Т. Н. Вишнякова, Л. А. Емельянова, Н. Ф. Транина, Р. Ю. Тарханова, А. А. Константная, Г. Н. Некрасова, М. Я. Гашкова.</i> Памяти Дмитрия Васильевича Соколова	175

ПРОИЗВОДИТСЯ ПОДПИСКА

на 1975 год

НА ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

„ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ МВ ССО СССР“

по разделу „ЭНЕРГЕТИКА“

год издания 18-й

Журнал рассчитан на инженерно-технических работников энергетических и промышленных предприятий, работников научно-исследовательских институтов и проектных организаций, научных работников вузов и техникумов и студентов старших курсов.

В журнале публикуются материалы по новейшим достижениям в области энергетики и освещаются

- | | |
|--|--|
| 1. Научно-исследовательские работы. | 5. Отдельные разделы диссертационных работ. |
| 2. Итоги внедрения законченных работ. | 6. Отзывы на монографии, учебники и учебные пособия. |
| 3. Дискуссии по актуальным вопросам энергетики. | 7. Научная и техническая информация между вузами, научно-исследовательскими проектными учреждениями и производственными предприятиями. |
| 4. Материалы межвузовских научных конференций и совещаний. | |

ЖУРНАЛ ИМЕЕТ СЛЕДУЮЩИЕ РАЗДЕЛЫ:

- | | |
|--|--|
| 1. Электрические станции, сети и системы. | станций и промышленных установок. |
| 2. Релейная защита и системная автоматика. | 8. Теплофикация и теплоснабжение. |
| 3. Техника высоких напряжений. | 9. Промышленная теплоэнергетика. |
| 4. Теоретические основы электротехники. | 10. Теоретические основы теплотехники. |
| 5. Электроснабжение и автоматизация систем электроснабжения. | 11. Теплофизика. |
| 6. Теплоэнергетические установки электростанций. | 12. Гидроэнергетические установки. |
| 7. Вопросы топливоиспользования и водоподготовка электрических | 13. Экономика энергетики. |
| | 14. Хроника и научно-техническая информация. |
| | 15. Библиография. |

**ВОЗВРАТИТЕ КНИГУ НЕ ПОЗЖЕ
обозначенного здесь срока**

— 70 коп.
8 руб. 40 коп.

в пунктах приема подписки и
делами печати на промышлен-
ных, проектных и конструктор-
ских предприятиях можно выписать

35

енинский пр., 65,
институт,
92.

Таблица 1

Возраст A лет	Запас M_A , m^3/ga	Количество деревьев N_A , шт./га	Расчет в соответствии с классической формулой (2)									Расчет в соответствии с предложенной формулой (3)							
			Заранее заданная величина запаса отпада в насаждении за n лет, M_0 , m^3/g	Запас в возрасте A лет (в настоящее время), с учетом отпада за n лет, $M_A + M_0$, m^3/ga	Количество деревьев, которое должно было сохраниться к возрасту A лет, $N_A - n$, шт./га	V_k — объем среднего дерева к возрасту A лет, с учетом запаса отпада, $\frac{M_A + M_0}{N_A - n}$, m^3	Запас насаждения в начальном периоде (в возрасте $A - n$ лет), M_{A-n} , m^3/ga	V_n — объем среднего дерева начального периода (в возрасте $A - n$ лет), $\frac{M_{A-n}}{N_A - n}$, m^3	Текущий объемный прирост среднего дерева насаждения в возрасте A лет (в настоящее время)		Текущий годичный прирост по запасу в насаждении в возрасте A лет, $Z_M^{тек} = \left(\frac{V_k - V_n}{n}\right) \times N_A - n$, m^3/ga	Объем средних деревьев насаждений, m^3		Объемный текущий прирост средних деревьев в насаждении, m^3		Текущий годичный прирост по запасу $Z_M^{тек}$, m^3/ga	Капитализированный текущий прирост по запасу насаждения за n лет, m^3/ga		
									за n лет, $V_k - V_n$, m^3	за один год $\frac{V_k - V_n}{n}$, m^3		В настоящее время $V_A = \frac{M_A}{N_A}$	n лет назад $V_{A-n} = \frac{M_{A-n}}{N_A - n}$	за n лет, $V_A - V_{A-n}$	за один год $Z_V^{тек} = \frac{V_A - V_{A-n}}{n}$		общий $Z_M^{тек n}$	на увеличение запаса насаждения $M_A - M_{A-n}$	на компенсацию запаса отпада M_0
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
20	72	4800										0,0150							
30	136	2800	30	166	4800	0,0346	72	0,0150	0,0196	0,00196	9,4	0,0485	0,0150	0,0335	0,00335	9,4	94	64	30
40	208	1940	42	250	2800	0,0894	136	0,0485	0,0409	0,00409	11,4	0,107	0,0785	0,00585	0,00585	11,4	114	72	42
50	274	1380	60	334	1940	0,172	208	0,107	0,065	0,0065	12,6	0,198	0,107	0,091	0,0091	12,6	126	66	60
60	332	1070	62	394	1380	0,286	274	0,198	0,088	0,0088	12,1	0,310	0,098	0,112	0,0112	12,0	120	58	62

Таблица 2

Исходные материалы А. Шваппаха по таксационной характеристике насаждений на постоянных пробных площадях											Размеры $Z_M^{тек}$, исчисленные по формуле (3) по исходным материалам из работ А. Шваппаха					Ошибка предложенного метода по определению текущего прироста насаждения, %
№ постоянной пробной площади	Месторасположение постоянной пробной площади	Класс бонитета	Возраст насаждений A , лет	Продолжительность периода наблюдения n , лет	Запас насаждений M , m^3/ga	Количество деревьев N , шт./га	Разность в запасах насаждения за период наблюдения $M_{ж}$	Выборка по запасу за период n лет $M_{в}$	Текущий прирост по запасу за n лет $Z_M^{тек n} = M_{ж} + M_{в}$	Годичный текущий прирост по запасу $Z_M^{тек} = \frac{M_{ж} + M_{в}}{n}$	Объем среднего дерева в насаждении $V_{ср}$	Разность объемов деревьев за период наблюдения $V_A - V_{A-n}$	Годичный объемный прирост среднего дерева в возрасте A лет $Z_V^{тек} = \frac{V_A - V_{A-n}}{n}$	Годичный текущий прирост по запасу по формуле $Z_M^{тек} = Z_V^{тек} N_A$, m^3/ga		
															8	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
3	Klooschen	I	$\frac{26}{37}$	11	$\frac{11}{191}$	$\frac{620}{1530}$	73	66	139	12,6	$\frac{0,0326}{0,1250}$	0,0924	0,0083	12,7	0,8	
12	Vietz	I	$\frac{54}{65}$	11	$\frac{342}{324}$	$\frac{1127}{603}$	-18	161	143	13,0	$\frac{0,3035}{0,5373}$	0,2338	0,0212	12,8	-1,5	
84	Schöneiche	II	$\frac{95}{106}$	11	$\frac{465}{60}$	$\frac{519}{380}$	-5	127	122	11,0	$\frac{0,8959}{1,2105}$	0,3146	0,0286	10,9	-0,9	

Примечание. В числителе данные в начале наблюдений; в знаменателе — в конце наблюдений

Таблица 6

Показатели	Стоимость продукции при выпуске 100 м ³ заготовок, руб. в зависимости от выхода заготовок, %, сорта сырья и категории заготовок																							
	30				40				50				60				70				80			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Заготовки	730	7650	7070	6090	930	7650	7070	6090	7930	7650	7070	6090	7930	7650	7070	6090	7930	7650	7070	6090	7930	7650	7070	6090
Щепа	2640	2640	2640	2640	1680	1680	1680	1680	1080	1080	1080	1080	705	705	705	705	405	405	405	405	195	195	195	195
Опилки	46	46	46	46	36	36	36	36	28	28	28	28	24	24	24	24	20	20	20	20	18	18	18	18
Отсев щепы	66	66	66	66	40	40	40	40	28	28	28	28	16	16	16	16	12	12	12	12	6	6	6	6
Итого стоимость продукции	10682	10402	9822	8842	9686	9406	8826	7846	9066	8786	8206	7226	8675	8395	7815	6835	8376	8087	7507	6527	8149	7869	7289	6309
Пиломатериалы	15718	12987	10223	7493	11800	9750	7675	5625	9440	7800	6140	4500	7882	6513	5127	3758	6750	5577	4390	3218	5900	4875	3838	2813
Стоимость обработки и прочие затраты на 100 м ³ заготовок	616	668	886	1200	616	668	886	1200	616	668	886	1200	616	668	886	1200	616	668	886	1200	616	668	886	1200
Стоимость обработки и прочие затраты на щепу	422	422	422	422	269	269	269	269	173	173	173	173	113	113	113	113	65	65	65	65	31	31	31	31
Итого себестоимость всей продукции	16756	14077	11531	9115	12685	10687	8830	7094	10229	8641	7199	5873	8611	7294	6126	5071	7431	6310	5341	4483	6547	5574	4755	4044
Стоимость использованных отходов	1050	1050	1050	1050	660	660	660	660	430	430	430	430	275	275	275	275	165	165	165	165	80	80	80	80
Прибыль от производства заготовок	-7354	-4955	-2989	-1553	-3826	-2108	-831	-75	-1696	-388	474	820	-293	744	1332	1407	729	1570	1959	1837	1494	2187	2426	2157
Прибыль от производства всей продукции	-6074	-3675	-1709	-273	-2999	-1281	-4	752	-1163	145	1007	1353	64	1101	1689	1764	936	1777	2166	2844	1602	2295	2534	2265
Стоимость всей продукции за вычетом стоимости сырья	-5036	-2585	-401	1349	-2114	-344	1151	2221	-374	986	2066	2726	793	1882	2688	3077	1617	2510	3117	3309	2249	2994	3451	3496
Стоимость сырья на 1 руб. общей стоимости продукции	1,47	1,25	1,04	0,85	1,22	1,04	0,87	0,72	1,04	0,89	0,75	0,62	0,91	0,78	0,66	0,55	0,81	0,69	0,58	0,49	0,72	0,62	0,53	0,45
Стоимость продукции на 1 руб. стоимости сырья	0,68	0,80	0,96	1,18	0,82	0,96	1,15	1,39	0,96	1,13	1,34	1,61	1,10	1,29	1,52	1,82	1,24	1,45	1,71	2,03	1,38	1,61	1,90	2,24
Стоимость заготовок на 1 руб. стоимости пиломатериалов	0,50	0,59	0,69	0,81	0,67	0,78	0,92	1,08	0,84	0,93	1,15	1,35	1,01	1,17	1,38	1,62	1,17	1,37	1,61	1,89	1,34	1,57	1,84	2,16

Цена 1 руб.

**Подписывайтесь
на журнал на 1975 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
И332

ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ

4

1974