

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ
ЗАВЕДЕНИЙ

Лесной журнал

ГОД ИЗДАНИЯ ШЕСТНАДЦАТЫЙ

1

1973

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. **Ф. И. Коперин**, 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**, доц. **В. В. Щелкунов**.

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

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

Выходит 6 раз в год.

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

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

Сдан в набор 13/ХІІ-72 г. Подписан к печати 21/ІІ-73 г. Форм. бум. 70X108¹/₁₆.
Печ. л. 15,4+3 вкл. Физ. л. 11. Уч.-изд. л. 15,71. Тираж 2200.
Сл 00019. Заказ 8252. Цена 1 руб.

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

ОХРАНА ПРИРОДЫ — ВАЖНЕЙШЕЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ДЕЛО

Стремительный рост масштабов современного производства и его преобразующей силы вызывает все более глубокие изменения в природе на нашей планете. Человечество заставляет служить ему безжизненные прежде земли пустынь, строит города на вечной мерзлоте Заполярья, подчиняет энергию рек и осваивает несметные богатства Мирового океана, синтезирует новые материалы, все глубже познает строение атома... Но проникновение человека в природу усиливается столь быстро, что вместе с огромным экономическим эффектом нередко приводит к нарушению важнейших связей и равновесия в природе, к преждевременному истощению некоторых ресурсов, к необратимым процессам разрушения.

Социалистическое общество, где земля, ее недра, воды, леса являются общественной собственностью и всенародным достоянием, всегда проявляло заботу об охране природы. В первые же годы Советской власти, в условиях тяжелейшей войны и хозяйственной разрухи по указанию великого Ленина был принят ряд мер по охране природы и в том числе декрет о лесах. И в дальнейшем наше государство всегда уделяло внимание этим вопросам.

В сентябре минувшего года вопрос о мерах по улучшению охраны природы был предметом рассмотрения сессии Верховного Совета СССР, а в январе 1973 г. Центральный Комитет КПСС и Совет Министров СССР приняли постановление «Об усилении охраны природы и улучшении использования природных ресурсов». В этих решениях подчеркнуто, что неустанная забота об охране природы и рациональном использовании ее богатств — одна из важнейших государственных задач; намечена развернутая программа мероприятий. Большие и сложные конкретные задачи поставлены перед министерствами и ведомствами, ответственными за эксплуатацию земель, вод, лесов и др.

Установлено, что «Государственный комитет лесного хозяйства Совета Министров СССР осуществляет государственный надзор за обеспечением рационального использования лесных ресурсов в стране, несет ответственность за воспроизводство и повышение продуктивности лесов, организацию охраны лесов от пожаров, за защиту лесов от вредных насекомых и болезней, за организацию охраны лесов от самовольных порубок и других действий, причиняющих ущерб лесу». «Министерствам и ведомствам, в ведении которых находятся учебные заведения, поручено усилить внимание к преподаванию основ природоведения, рационального использования природных ресурсов и защиты окружающей природной среды».

У лесотехнических вузов много точек соприкосновения с проблемами природы. Наши лесохозяйственные факультеты готовят инженеров с солидной биологической подготовкой, ведут значительные исследования по широкому кругу вопросов повышения продуктивности лесов. Однако и в преподавании, и в научных поисках можно и нужно добиваться большей системности, комплексности и глубины.

В многолесных районах страны лесоэксплуатация и лесное хозяйство сейчас организационно разобщены, и лесозаготовители не

всегда проявляют должную заботу о сохранении и воспроизводстве лесов. Это, по-видимому, связано и с недостатками учебных планов лесинженерной и лесомеханической специальностей, где вопросам охраны природы отведено слишком мало места. Необходимо воспитывать у будущих технологов и механиков лесозаготовок широкий народнохозяйственный подход к лесу. Участвуя в создании и совершенствовании техники, технологии и организации лесозаготовок, лесотранспорта и сплава, ученые вузов должны подавать всей лесной науке пример заботы о сохранении лесных почв и древесного подроста, о чистоте рек и др.

Техника и технология механической и химической переработки древесины за последнее время шагнули далеко вперед. Особенно важно расширять границы сырьевой базы этих отраслей за счет вовлечения в переработку низкокачественной древесины и отходов производства. Но масштабы утилизации этих новых видов сырья, особенно отходов лесозаготовок, еще явно недостаточны. Несомненно, будут найдены и более эффективные, чем сейчас, пути комплексного использования всей древесной массы. Лесотехнические вузы, объединяющие специалистов лесного хозяйства, лесоэксплуатации, механической и химической технологии древесины, имеют определенные преимущества перед узкоспециализированными исследовательскими организациями в изучении вопросов полного использования всех полезностей леса и древесины, начиная от прижизненного использования вплоть до глубокой переработки древесины и других продуктов леса. Ученые-химики лесных и технологических вузов не могут оставаться в стороне от проблем очистки сточных вод целлюлозно-бумажных и других лесохимических предприятий.

Постановления Верховного Совета СССР, ЦК КПСС и Совета Министров СССР об охране природы ставят особые задачи перед кафедрами общественных наук. Бережное отношение к природе должно стать неотъемлемой частью мировоззрения будущего инженера.

Извлекать максимум полезности из леса и древесины, не допуская ущерба природе, будь то лес, земля, воды или воздушная среда, — таково требование ленинского принципа единства политического и хозяйственного руководства на современном этапе. Лесоэкономическая наука должна продолжить свои усилия по разработке и уточнению критериев, показателей и методов определения эффективности производства в лесном хозяйстве и лесной промышленности с учетом мероприятий по охране природы.

«Хозяйское, рачительное использование естественных ресурсов, забота о земле, о лесе, о реках и чистом воздухе, о растительном и животном мире — все это наше кровное коммунистическое дело, — говорил Генеральный секретарь ЦК КПСС тов. Л. И. Брежнев на торжественном заседании, посвященном 50-летию Великой Октябрьской социалистической революции. — Мы должны сохранить и украсить нашу землю для нынешних и будущих поколений советских людей».

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 577.831 : 582.623.2

О ГЕРМАФРОДИТИЗМЕ У ИВ СЕКЦИИ *Vetrix**

Е. Т. МАЛЮТИНА

Ленинградская лесотехническая академия

При просмотре коллекции ив в Гербарии Ленинградской лесотехнической академии автором обнаружены в секции *Vetrix* гермафродитные особи *Salix aurita* L., *S. aurita* × *cinerea* Wim., *S. subaurita* × *cinerea*, *S. cinerea* L., *S. caprea* L., *S. caprea* × *grandifolia* A. Kern., изображенные на рисунках. Показаны не только различные переходы изменений цветков в одной и той же сережке в сторону мужской или, наоборот, женской сексуализации, но и впервые изображены и наиболее подробно описаны случаи формирования у ив апокарпного гинецея.

- У ив при обычной двудомности иногда отмечаются случаи различной степени гермафродитизма от однодомности до обоеполости. Особенно часто в природе подобные явления встречаются у видов секции *Vetrix*. Например, случаи андрогинии у *Salix cinerea* L. описаны в общей сложности 17 раз, у *S. caprea* L. — 14 раз, у *S. aurita* L. — 9 раз и т. д. Наиболее интересны наблюдения Мюллера [6], Гаринга [5], Веленовского [8], Гебеля [4] и др.

При просмотре коллекции ив в Гербарии ЛТА мы снова обнаружили в секции *Vetrix* гермафродитные особи *Salix subaurita* × *cinerea*, *S. aurita* × *cinerea* Wim., *S. aurita* L., *S. cinerea* L., *S. caprea* × *grandifolia* A. Kern., *S. caprea* L. с редкими отклонениями в строении цветков, на которые не обратили внимания предыдущие авторы. А вместе с тем подобные отклонения в строении генеративных органов ив представляют немаловажный интерес для понимания вопросов сексуализации у этой своеобразной и противоречивой группы растений.

Наиболее интересные находки аномальных и обоеполых цветков из смешанных соцветий разных видов ив нашли отражение на наших рисунках, поэтому мы ограничимся дальше лишь кратким их описанием.

Salix subaurita × *cinerea* (рис. 1, 1—6). Обоеполость у этого гибрида описывается впервые. В коллекции хранится один гербарный лист, собранный 4 апреля и 13 июля 1899 г. в Бреславле (ныне Вроцлав, ПНР) доктором К. Бенитцом и определен им как *Salix subaurita* × *cinerea* f. *androgyna*.

В гермафродитных сережках кроме нормальных мужских и женских цветков встречается небольшое количество и обоеполых цветков, состоящих из тычинки и пестика, или из двух пестиков, которые большей частью недоразвиты, маленькие, чуть крупнее прицветной чешуйки и один или оба бесплодны. Цветки с апокарпным гинецеем содержат внутри завязи по две-четыре семяпочки и имеют любопытные, раз-

* По материалам Гербария Ленинградской лесотехнической академии, доложенным на научно-технической конференции ЛТА 12 апреля 1972 г. За ценные указания и помощь в работе выражаю искреннюю благодарность проф. А. А. Яценко-Хмельевскому.

дельные в верхней части столбики, каждый из которых оканчивается двуплостным рыльцем (рис. 1, 3).

Salix aurita × *cinerea* Wim. (рис. 2, 1—11). В коллекции один гербарный лист собран 13 апреля и 19 мая 1894 г. в Шверине А. Тепфером и определен им как *Salix aurita* × *cinerea* Wim. f. *androgyna*.

Описание андрогинии у подобного гибрида и превращения тычинок в пестики в обоеполых цветках этой ивы имеется в работе Земена [7]. Поэтому в настоящей статье мы рассмотрим лишь те интересные моменты, которые не отражены в работе указанного автора.

Чисто мужские и чисто женские цветки в гермафродитных сережках по величине и форме ничем не отличаются от нормальных тычинок и пестиков этого гибрида, зато обоеполые цветки довольно разнообразны по форме, строению и опушению. Здесь попадают цветки, состоящие из тычинки и пестика или из двух аномальных пестиков, завязи которых несут по одной—две открыто сидящих семяпочки и одновременно сохраняют и мужские части — тычиночные нити с хиреющими и отмирающими пыльниками (рис. 2, 2). Такие цветки обычно вытянуты до 10—16 мм, голые или слабо опушенные, имеют длинную ножку (до 10—12 мм), и, наоборот, короткую (до 3—4 мм) завязь, несущую как мужские, так и женские части, находящиеся на разной степени срастания, как это изображено на рис. 2, 3, 7.

Интересны у этого гибрида цветки, образованные тремя плодолистиками. Они состоят из двух пестиков, располагающихся по краям, и одной тычинки в центре. Завязи у них чаще всего бесплодны или содержат одну—две семяпочки, пыльники фертильны (рис. 2, 11).

Иногда в двуполох сережках попадают женские цветки с явлением пролификации. На плацентах их завязей вместо семяпочек образовались зеленоватые листоподобные выросты, напоминающие зазубренные сверху листочки. Иногда такие завязи венчают столбики с 6—8-лопастным рыльцем (рис. 2, 4, 5, 10).

Salix aurita L. (рис. 3, 1—13). В коллекции хранятся два гербарных листа, один из которых описан как эксикат под № 110, собран 22 мая и 21 июня 1907 г. А. Тепфером в Баварии и определен им как *Salix aurita* L. f. *androgyna*. Второй экземпляр, без указания времени и точного места сбора, принадлежит В. Хассе.

Цветки у этих гермафродитов большей частью недоразвиты, уродливы и заключают в себе самые разнообразные сочетания элементов обоих полов, как это показано на рис. 3, 1—12. Здесь изредка встречаются цветки с апокарпным гинецеем и петалоидными нектарниками (рис. 3, 12, н₂). Чисто женские, нормально развитые цветки в сережках встречаются довольно редко, а мужской цветков с фертильным пыльником попал в сережке всего один и то очень маленький, целиком спрятанный под прицветной чешуйкой (рис. 3, 13).

Salix cinerea L. (рис. 4, 1—13). В коллекции хранятся восемь гербарных листов, семь из которых принадлежат доктору К. Бенитцу и один — И. Терио. Гербарный образец И. Терио собран 18 апреля и 20 июля 1888 г. в окрестностях г. Сарта (Франция), определен как *Salix cinerea* f. *androgyna* и описан как эксикат под № 2061. На гербарном листе сохранилось всего несколько соцветий, из которых интересны лишь обоеполые сережки, где наряду с женскими, обоеполыми и нормальными мужскими двухтычиночными цветками, встречаются трехтычиночные (рис. 4, 9). Такие редкие находки мужских цветков ивы пепельной, с числом тычинок более двух, встречающихся в виде аномалий, в литературе пока не нашли отражения.

Гербарные образцы доктора Бенитца, собранные им в 1894 и 1895 гг. из различных мест обитаний г. Бреславля, очень хороши. Ра-

стения довольно полно представлены на гербарных листах и хорошо сохранились. Шесть образцов определены им как *Salix cinerea* L. f. *androgyna* и один — как *S. cinerea* L. f. *monstrosa*.

Не останавливаясь на описании андрогиничных экземпляров, в гермафродитных сережках которых встречаются цветки с самыми разнообразными сочетаниями элементов обоих полов, мы ограничимся лишь рассмотрением рис. 4, 1—8, где изображена некоторая часть таких цветков, находящихся на разных стадиях формирования.

Особый интерес, из упомянутых образцов Бенитца, представляет *S. cinerea* L. f. *monstrosa*, что значит «уродливая». Правда, эта ива не имеет признаков андрогинии, но мы коротко коснемся ее описания, поскольку в литературе подобные «уродства» у ив не отмечены.

Удивительны и большей частью действительно уродливы ее цветки. Они обычно очень вытянуты, сидят на длинной (до 8—10 мм) голый или слабо опушенной ножке, с очень короткой (до 6 мм), тоже голый или немного пушистой завязью и длинными, иногда раздвоенными к верхушке столбиками. Здесь в одной и той же сережке наблюдаются все переходы от апокарпных гинецеев к паракарпным, причем как у тех, так и у других семязпочки развиваются одинаково. Нормально развитых цветков в сережках этой ивы вообще нет (рис. 4, 10—13).

Salix caprea × *grandifolia* A. Kern. (рис. 5, 1—7). Явление андрогинии у этого гибрида описывается впервые. Эта ива собрана в 1895 г. в горах Бадении доктором Я. Шатцом и определена им как *S. caprea* × *grandifolia* A. Kern. без указания на обоеполость.

В смешанных сережках этого уникального, по выражению Шатца, кустарника («*Unicus frutex*»), кроме нормально развитых мужских и женских цветков, нередко встречаются обоеполые, содержащие как мужские, так и женские части. Особенно интересны обоеполые цветки, напоминающие голову птицы с длинной шей и открытым клювом (рис. 5, 3). У них длинная (до 4—7 мм), слабо опушенная ножка и маленькая (2—3 мм) волосистая завязь, оканчивающаяся двумя головчатými рыльцами. Внутри такой не замкнутой сверху (у основания столбиков) завязи, в ее нижней части, иногда формируются одна—пять семязпочек и в то же время по краям плодолистиков, близ столбиков, сохраняются гнезда пыльников, в виде небольших желтоватых бугорков. Иногда подобные обоеполые цветки несут почти нормальные фертильные пыльники, расположенные по обеим сторонам швов плодолистиков, а в основании, близ общей ножки — восемь—десять семязпочек, то есть почти столько же, сколько в нормальных женских цветках этого гибрида (рис. 5, 2 и 4).

Salix caprea L. (рис. 5, 8—14). В коллекции хранится 3 гербарных листа. Один собран в г. Плауэн (ныне ГДР) в апреле и мае 1893 г. неизвестным коллектором, второй — в мае и августе 1903 г. в г. Куопио (Финляндия) Ленбомом и третий — 2 апреля и 19 июля 1911 г. в Баварии А. Тепфером, который определил его как *S. caprea* L. f. *androgyna* s.f. *apicomacula* и описал как эксикат под № 262.

Не рассматривая все разнообразие цветков в гермафродитных сережках этой ивы, в которых есть повторения уже ранее описанных и изображенных на рисунке, остановимся лишь на тех, которые, на наш взгляд, наиболее интересны. Например, в некоторых сережках попадаются обоеполые цветки, которые в основании «тычинкопестичной» завязи несут еще один—два любопытных листовидных выроста. Эти выросты из мясистых листочков немного скручены, опушены с одной стороны, как завязь типичного цветка ивы козьей, и оканчиваются на морфологически верхнем конце либо туповато-заостренным сосочком, либо небольшой головкой, напоминающей головчатое рыльце пестика.

Они обычно стерильны и, возможно, являются рудиментами плодolistиков, в процессе эволюции утративших свое значение (рис. 5, 8—10, 12).

В гербарном образце Тепфера на этикетке дано описание этого гермафродитного экземпляра самим автором, которое достаточно хорошо отражает существо вопроса. К нему хотелось бы добавить только некоторые детали, касающиеся строения самих цветков, на которые не обратил внимания А. Тепфер. В обоеполых сережках очень многие мужские цветки, оказывается, приобрели мало заметные зачатки женского пола, а именно головчатые рыльца, которыми оканчиваются вытянувшиеся связники пыльников (рис. 5, 11), или аномальные завязи с отмирающими пыльниками и зачатками семяпочек (рис. 5, 12) и т. д. В основании смешанных сережек, среди женских цветков, иногда встречаются цветки с апокарпным гинецеем и петаллоидными нектарниками. Нектарников иногда встречается даже два: двулопастной адаксиальный (н) и маленький абаксиальный (рис. 5, 13, н₁).

О петаллоидных внутренних нектарниках этой ивы имеются указания в литературе [1], [3], а цветки с двумя (наружным и внутренним) нектарниками описываются нами впервые.

Парадоксален тот факт, что гермафродитизм как признак наиболее примитивный чаще всего, однако, встречается именно в секции *Vetrix*, которая в отношении структуры ее вегетативных и репродуктивных органов бесспорно признается секцией наиболее продвинутой [2].

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Е. Т. Малютина, К. Г. Малютин. О полигамности у некоторых видов рода *Salix* L. «Ботанический журнал», 56, 6, 1972 [2]. А. К. Скворцов. Ивы СССР. Изд-во «Наука», М., 1968. [3]. А. А. Федоров. Случай аномалии у *Salix caprea* L. и вероятное его истолкование. «Ботанический журнал», 34, 3, 1949. [4]. K. D. Goebel. Organographie der Pflanzen. Г. III. Jena, 1933. [5]. J. Haring. Abnorme kätchenbildungen bei *Salix caprea* L. und bei *Salix caprea* L. Österreichische Botanische Zeitschrift, XLIV, 10, 1894. [6]. H. Müller. Umbildung von Ovarien in Staubgefäße bei *Salix*. Botanische Zeitung, 49, 1868. [7]. O. Seemen. Einiges über abnorme Blütenbildungen bei den Weiden. Verhandl. d. Botan. ver. d. Prof. Brandenburg, 28, 1887. [8]. J. Velenovsky. Vergleichende Studien über der *Salix*-Blüte. Beih. Botanische Centralblatt, 17, 1904.

Поступила 12 мая 1972 г.

УДК 634.0.5

РЕГРЕССИОННЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАПАСА ДРЕВОСТОЯ

С. Н. СВАЛОВ

Московский лесотехнический институт

Излагается метод оценки ошибки репрезентативности в определении запаса, основанный на использовании дополнительной информации о перечете стволов. Выведены общие формулы регрессионного метода для прямолинейных и криволинейных зависимостей объемов стволов от их диаметров и площадей сечений.

В последнее время большое внимание уделяется точности различных способов учета запасов древостоев. Точность способов перечислительной таксации обычно оценивается опытным путем на основе сплошной рубки деревьев.

Эту задачу наиболее эффективно можно решить регрессионным методом, не прибегая к сплошной рубке. При этом используются сведения о сопутствующих, легко устанавливаемых показателях, таких, как диаметры стволов.

Точность определения запаса древостоя зависит от коэффициента вариации объемов стволов и размера выборки. Нахождение коэффициента вариации объемов стволов регрессионным методом сводится к расчету статистических показателей ряда диаметров, выявлению функциональной зависимости между объемами и диаметрами или площадями сечений стволов и дополнительной вариации объемов стволов на основе выборочной стандартной ошибки уравнения регрессии. Отсюда ясно, что регрессионный метод наиболее применим к способам определения запаса, основанным на построении прямой и кривой объемов.

Рассмотрим три уравнения функциональных зависимостей объемов стволов v от их диаметров d и площадей сечений g :

$$v = b_0 + b_1 g; \quad (1)$$

$$v = a_0 + a_1 d + a_2 d^2; \quad (2)$$

$$v = a_1 d + a_2 d^2. \quad (3)$$

Первая зависимость, найденная Р. Копецким, носит название «прямой масс», а точнее — «прямой объемов стволов».

Для прямолинейных зависимостей А. Брухвальд [2] предложил регрессионный метод определения коэффициента вариации c_1 в связи с другим взаимозависимым признаком по следующей формуле:

$$c_1^2 = \left(\frac{b_1 s}{m} \cdot 100 \right)^2 + c_{1,2}^2, \quad (4)$$

где s — среднее квадратическое отклонение сопутствующего признака;

b_1 — коэффициент регрессии;

m — средняя величина изучаемого признака;

$c_{1,2}$ — дополнительная вариация изучаемого признака на основе выборочной стандартной ошибки уравнения регрессии.

Среднюю ряда объемов \bar{v} определяем через среднюю площадь сечения \bar{g} , основываясь на закономерности Р. Копецкого. Согласно формуле (1), среднее по площади сечения дерево должно быть средним и по объему. Хотя немецкие исследователи [3] установили, что среднее по объему дерево обычно расположено дальше от начала ряда, чем среднее по площади сечения, но расхождение не превышает 8%. Пренебрегая им, можем записать

$$\bar{v} = b_0 + b_1 \bar{g}. \quad (5)$$

Подставляя значение \bar{v} в формулу (4), получаем следующее выражение для оценки коэффициента вариации объемов стволов c_{1v} регрессионным методом:

$$c_{1v}^2 = \left(\frac{b_1 s_g \cdot 100}{b_0 + b_1 \bar{g}} \right)^2 + c_{1,2}^2 = \left[\frac{100 s_g}{\bar{g} \left(1 + \frac{b_0}{b_1 \bar{g}} \right)} \right]^2 + c_{1,2}^2 = \left(\frac{c_g}{1 + \frac{b_0}{b_1 \bar{g}}} \right)^2 + c_{1,2}^2, \quad (6)$$

где s_g — среднее квадратическое отклонение площадей сечений стволов;

c_g — коэффициент вариации площадей сечений стволов.

Для упрощения вводим новое обозначение — эмпирический коэффициент k

$$k = \frac{1}{1 + \frac{b_0}{b_1 g}}. \quad (7)$$

Тогда формула (6) примет вид

$$c_{1v}^2 = (kc_g)^2 + c_{12}^2. \quad (8)$$

Для определения коэффициента вариации площадей сечений c_g можно пользоваться таблицей, составленной автором, или рассчитывать его через статистические показатели ряда диаметров по точной формуле, выведенной методом математических ожиданий [1]. Подставляя значение c_g в формулу (8), находим выражение для оценки ошибки репрезентативности, или точности определения запаса

$$P_v = \sqrt{\left(\frac{100k}{1 + \tau^2}\right)^2 \left[\frac{1 + 4\tau(\alpha + \tau) + 2}{n_1}\right] + \frac{c_{1.2}^2}{n_2}}; \quad \tau = \frac{100}{c_d}, \quad (9)$$

где c_d — коэффициент вариации диаметров стволов;

α — асимметрия ряда диаметров;

τ — эксцесс ряда диаметров;

n_1 — объем выборки ряда диаметров;

n_2 — число модельных деревьев.

Прямая объемов, как уже отмечалось, имеет некоторую погрешность, связанную с отклонением крайних ступеней толщины.

Лучший результат при аппроксимации объемов дают параболы второго порядка или кривые объемов (2) и (3), предложенные Шпейделем.

Вывод регрессионных формул оценки точности запаса для этих зависимостей сводится к нахождению точной математической связи между параметрами ряда распределения диаметров и коэффициентом вариации объемов стволов при исключении выборочной стандартной ошибки уравнения регрессии.

Оценку средней ряда объемов \bar{v} находим через статистики ряда диаметров и коэффициенты уравнения (2)

$$\bar{v} = \frac{\sum_{i=1}^n (a_0 + a_1 d_i + a_2 d_i^2)}{n} = a_0 + a_1 \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n} + a_2 \frac{\sum_{i=1}^n d_i^2}{n}. \quad (10)$$

Средняя из n наблюдаемых значений величины d_i^2 в равенстве (10) является оценкой математического ожидания $\mathbf{M}[d^2]$ или квадратом среднеквадратического диаметра d_g и определяется через среднюю ряда диаметров \bar{d} и среднее квадратическое отклонение s_d по формуле

$$\mathbf{M}[d^2] = d_g^2 = \bar{d}^2 + s_d^2. \quad (11)$$

Таким образом, для уравнения (2) оценкой средней ряда объемов будет выражение

$$\bar{v} = a_0 + a_1 \bar{d} = a_2 (\bar{d}^2 + s_d^2). \quad (12)$$

Аналогично для уравнения (3)

$$\bar{v} = a_1 \bar{d} + a_2 (\bar{d}^2 + s_d^2). \quad (13)$$

Выразим дисперсию объемов стволов s_{2v}^2 через их диаметры

$$s_{2v}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (v_i - \bar{v})^2}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n \{(a_0 + a_1 d_i + a_2 d_i^2) - [a_0 + a_1 \bar{d} + a_2 (\bar{d}^2 + s_d^2)]\}^2}{n} =$$

$$= \frac{\sum_{i=1}^n \{(a_1 d_i + a_2 d_i^2) - [a_1 \bar{d} + a_2 (\bar{d}^2 + s_d^2)]\}^2}{n}. \quad (14)$$

Из формулы (14) видно, что при расчете дисперсии объемов s_{2v}^2 свободный член a_0 уравнения (2) не нужен, то есть дисперсия будет одинакова для зависимостей (2) и (3).

Приведем выражение (14) к другому виду

$$s_{2v}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n \{(a_1 d_i + a_2 d_i^2) - [a_1 \bar{d} + a_2 (\bar{d}^2 + s_d^2)]\}^2}{n} =$$

$$= \frac{\sum_{i=1}^n (a_1 d_i + a_2 d_i^2)}{n} - \frac{2 [a_1 \bar{d} + a_2 (\bar{d}^2 + s_d^2)] \sum_{i=1}^n (a_1 d_i + a_2 d_i^2)}{n} +$$

$$+ \frac{\sum_{i=1}^n [a_1 \bar{d} + a_2 (\bar{d}^2 + s_d^2)]^2}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n (a_1 d_i + a_2 d_i^2)}{n} -$$

$$- [a_1 \bar{d} + a_2 (\bar{d}^2 + s_d^2)]^2 = a_1^2 \frac{\sum_{i=1}^n d_i^2}{n} + 2a_1 a_2 \frac{\sum_{i=1}^n d_i^3}{n} +$$

$$+ a_2^2 \frac{\sum_{i=1}^n d_i^4}{n} - a_1^2 \bar{d}^2 - 2a_1 a_2 \bar{d} (\bar{d}^2 + s_d^2) - a_2^2 (\bar{d}^4 + 2\bar{d}^2 s_d^2 + s_d^4). \quad (15)$$

Первые три члена уравнения (15) представляют собой средние ряда диаметров разных порядков, сходящиеся по вероятности с их математическими ожиданиями. Первый член находим по формуле (11). Для определения математического ожидания r -го порядка $\mathbf{M}[d^r]$ разложим центральный момент ряда диаметров μ_r порядка r по формуле бинома

$$\mu_r = \frac{\sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^r}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i^r}{n} - \binom{r}{1} \frac{\bar{d} \sum_{i=1}^n d_i^{r-1}}{n} +$$

$$+ \binom{r}{2} \frac{\bar{d}^2 \sum_{i=1}^n d_i^{r-2}}{n} - \dots = \sum_{j=0}^r \binom{r}{j} \mathbf{M}[d^{r-j}] (-\bar{d})^j, \quad (16)$$

отсюда

$$\mathbf{M}[d^r] = \sum_{j=0}^r \binom{r}{j} \mu_{r-j} \bar{d}^j. \quad (17)$$

По формуле (17) находим выражения для математических ожиданий третьего $\mathbf{M}[d^3]$ и четвертого $\mathbf{M}[d^4]$ порядков. Подставляя их в фор-

мулу (15) и сокращая подобные члены, получаем следующее выражение для дисперсии объемов стволов при исключении выборочной стандартной ошибки уравнения регрессии:

$$s_{2v}^2 = a_1^2 s_d^2 + 2a_1 a_2 \mu_3 + 4a_1 a_2 \bar{d} s_d^2 + a_2^2 \mu_4 + 4a_2^2 \bar{d} \mu_3 + 4a_2^2 \bar{d} s_d^2 - a_2^2 s_d^4. \quad (18)$$

Заменяя μ_3 и μ_4 на асимметрию α и эксцесс ι ряда диаметров по формулам $\mu_3 = \alpha s_d$ и $\mu_4 = (\iota + 3) s_d^4$, после ряда преобразований имеем

$$s_{2v}^2 = a_2^2 s_d^4 [(2\tau + \omega + \alpha)^2 - \alpha^2 + \iota + 2]; \quad \omega = \frac{a_1}{a_2 s_d}. \quad (19)$$

Имея дисперсию s_{2v}^2 и среднюю ряда объемов \bar{v} , находим коэффициент вариации объемов стволов c_{2v} при исключении влияния ошибки уравнения регрессии

$$c_{2v} = \frac{\sqrt{s_{2v}^2}}{\bar{v}} \cdot 100. \quad (20)$$

Для зависимости вида (2)

$$\begin{aligned} c_{2v} &= \frac{100 a_2 s_d^2 \sqrt{(2\tau + \omega + \alpha)^2 - \alpha^2 + \iota + 2}}{a_0 + a_1 \bar{d} + a_2 (\bar{d}^2 + s_d^2)} = \frac{100 a_2 s_d^2 \sqrt{(2\tau + \omega + \alpha)^2 - \alpha^2 + \iota + 2}}{a_2 s_d^2 \left[\frac{a_0}{a_2 s_d^2} + \tau(\omega + \tau) + 1 \right]} = \\ &= \frac{100 \sqrt{(2\tau + \omega + \alpha)^2 - \alpha^2 + \iota + 2}}{\frac{a_0}{a_2 s_d^2} + \tau(\omega + \tau) + 1}. \end{aligned} \quad (21)$$

Аналогичным образом находим c_{2v} для зависимости вида (3)

$$c_{2v} = \frac{100}{\tau(\omega + \tau) + 1} \sqrt{(2\tau + \omega + \alpha)^2 - \alpha^2 + \iota + 2}. \quad (22)$$

Принимая во внимание, что величина $\frac{a_0}{a_2 s_d^2}$ не может оказать сколько-нибудь заметного влияния на расчет c_{2v} , формулу (22) можно рекомендовать также и для зависимости (2).

Таким образом, для кривых (2) и (3) регрессионный метод оценки точности определения запаса обобщается следующим уравнением:

$$P_v = \sqrt{\left[\frac{100}{\tau(\omega + \tau) + 1} \right]^2 \left[\frac{(2\tau + \omega + \alpha)^2 - \alpha^2 + \iota + 2}{n_1} \right] + \frac{c_{1,2}^2}{n_2}}; \quad (23)$$

Символика уравнения (23) та же, что и в выражении (9) для оценки точности определения запаса на основе «прямой массы».

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. С. Н. Свалов. Формула для оценки вариации площадей сечений. ИВУЗ. «Лесной журнал» № 2, 1972. [2]. A. Bruchwald. Sposób oceny dokładności metod określenia miąższości i przyrostu miąższości drzewostanu. «Folia Forestalia Polonica», s. A, z. 16, 1970. [3]. M. Prodan. Messung der Waldbestände. Sauerländer, Frankfurt am Main, 1951.

УДК 634.0.568

ЕСТЕСТВЕННЫЙ ОТПАД В СОСНОВЫХ И ЕЛОВЫХ КУЛЬТУРАХ

В. С. МИРОШНИКОВ

Белорусский технологический институт

Приведены итоги двадцатилетних наблюдений за ходом естественного отпада в сосновых и еловых культурах на шести пробных площадях. Распределение числа деревьев отпада по ступеням толщины близко к распределению растущих деревьев. Величину естественного отпада необходимо учитывать при установлении размера промежуточного пользования.

Своевременное лесовосстановление на вырубках и не покрытых лесом площадях во многих районах страны обеспечивается производством лесных культур. В Белоруссии посев и посадка леса произведены на площади свыше 1,5 млн. га, в большинстве это хорошие, высокополнотные сосновые и еловые древостой различного возраста.

Изучение таксационной структуры таких древостоев в различные возрастные периоды представляет большой научный и производственный интерес. Леса Белоруссии произрастают в экономически развитых, густонаселенных районах. Большая потребность в разнообразной древесине, вызванная развитием промышленности, сельского хозяйства и высокой плотностью населения, в значительной мере может удовлетворяться при рубках ухода. Своевременное и правильное проведение рубок ухода обеспечивает улучшение состава и состояния древостоев, сокращает естественный отпад древесины.

В настоящей статье ставится задача ознакомить специалистов лесного хозяйства с результатами 20-летних наблюдений за ходом естественного отпада в хвойных древостоях Негорельского учебно-опытного лесхоза. Объектами исследования явились сосновые и еловые культуры, одинаковые по условиям местопроизрастания, технике создания и режиму выращивания.

Культуры созданы в 1900 г., рядами, под меч Колесова при расстоянии 2×2 арш. ($1,42 \times 1,42$ м), то есть 5000 посадочных мест на 1 га [2].

В 1950 г. кафедрой лесной таксации и лесоустройства при участии автора в 50-летних древостоях было заложено шесть постоянных пробных площадей, на которых проведена тщательная таксация с нумерацией и картированием всех деревьев. В 1955 г., а затем в 1960, 1965 и 1970 гг. древостой таксировали заново, с выполнением санитарных рубок и детальным учетом срубленной древесины. Насаждения пробных площадей относятся к типу леса суборь лешиново-кисличная, тип условий местопроизрастания суборь влажная (С₃). Почва дерново-подзолистая, среднеподзоленная, развивающаяся на супеси легкой песчанистой, подстилаемой связным песком, а ниже — моренным суглинком. Напочвенный покров обильный, разнотравный. В подлеске лещина, жимолость обыкновенная, рябина, крушина, бересклет бородавчатый. Химический анализ показывает богатство верхних горизонтов почвы питательными веществами, высокое содержание гумуса, значительную сумму поглощенных оснований, нейтральную реакцию среды.

Краткая таксационная характеристика древостоев пробных площадей приведена в табл. 1.

Обработка собранных материалов позволила с большой достоверностью проследить за изменением таксационных показателей с возрастом и установить ход естественного отпада деревьев.

Таблица 1

№ пробной площади	Год таксации	Состав древостоя	Возраст, лет	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Сумма площадей сечений, м ²	Число деревьев	Полнота	Запас, м ³ /га
1	1950	6Е4С	50	Е—21,8 С—22,5	24,6 24,6	26,95 15,52	723 393	0,51 0,34	324 183
	1970	7, 4Е2, 6С	70	Е—30,4 С—29,6	30,4 30,1	30,0 10,45	466 168	0,48 0,21	383 159
2	1950	10С	50	23,5	24,6	34,96	806	0,78	404
	1970	10С	70	29,4	29,8	35,90	520	0,73	525
3	1950	10С	50	21,9	23,4	34,00	903	0,76	367
	1970	10С	70	27,4	28,2	30,9	484	0,62	420
4	1950	10Е	50	19,2	22,2	44,8	1545	0,86	510
	1970	10Е	70	24,2	27,6	36,3	831	0,59	530
5	1950	7, 7С2, 3Ли	50	С—22,3 Ли—25,6	23,6 25,6	25,04 7,56	663 160	0,59	278 87
	1970	7, 1С2, 9Ли	70	С—29,9 Ли—32,5	29,5 29,8	25,64 10,70	370 133	0,52	361 141
6	1950	10С	50	21,0	22,2	38,9	950	0,84	346
	1970	10С	70	27,3	27,6	33,9	584	0,68	438

В естественных условиях изменяются показатели роста, поэтому не исключается возможность перемещения деревьев из одного класса продуктивности в другой. Такие изменения наиболее ярко проявляются в молодых древостоях, в период массового отпада тонкомерных стволов. С возрастом меняется не только интенсивность, но и качественный состав отпада, в который начинают поступать средние по размеру деревья, а затем и крупные.

В исследуемых культурах заметно увеличился отпад деревьев старше 60 лет. У многих из них крона изредилась, понизилась жизнестойчивость. В течение 20 лет на пробных площадях проводили рубки ухода слабой интенсивности, при которых выбирали и учитывали сухостойные, усыхающие, буреломные и ветровальные деревья.

Таблица 2

№ пробной площади	Порода	Число деревьев на 1 га (в числителе — шт., в знаменателе — %)					отпад за 20 лет
		50	55	60	65	70	
3	Сосна	903	713	630	580	484	419
		100	78,9	68,9	64,2	53,6	46,4
4	Ель	1545	1335	1170	1054	831	714
		100	89,6	75,7	68,2	53,8	46,2

Обработка собранных материалов позволила установить ход естественного отпада в сосновых и еловых культурах в возрасте от 50 до 70 лет (табл. 2).

Показатели таблицы свидетельствуют о значительном уменьшении числа стволов в сосновых и еловых культурах. В процессе естественного изреживания отмирают не только мелкие, угнетенные, но и крупные, господствующие деревья (табл. 3).

При установлении качественного состава естественного отпада мы применили разработанную Б. Д. Жилкиным [1] классификацию де-

Таблица 3

Порода	Число деревьев, % (в числителе — растущих, в знаменателе — усохших) по ступеням толщины, см							
	12	16	20	24	28	32	36	40
Сосна . . .	3,7	21,2	28,3	27,7	14,9	3,7	0,3	0,2
	2,3	24,5	29,3	20,2	18,5	4,3	0,8	0,1
Ель	16,6	21,2	24,6	19,4	9,3	4,9	2,0	2,0
	22,5	18,9	25,4	12,8	14,3	4,6	0,5	1,0

ревьев по продуктивности, в основу которой положены таксационные закономерности в строении древостоев, в распределении деревьев по естественным ступеням толщины.

В табл. 4 приведен результат сравнения качественного состава растущего соснового древостоя и отпада, учтенного на шести пробных площадях в течение 20 лет.

Таблица 4

Класс продуктивности деревьев	Относительный диаметр	Число деревьев, %	
		растущих	усохших
I — очень крупные	1,46 и более	0,8	0,7
II — крупные	1,16—1,45	18,3	25,4
III — средние	0,86—1,15	51,2	38,7
IV — мелкие	0,76—0,85	18,3	19,8
V — очень мелкие	0,75 и менее	11,4	15,4

Таким образом, имеющиеся литературные данные о том, что в ходе естественного изреживания в отпад поступают лишь мелкие деревья, неверны. Очевидно, недостаточное количество длительных стационарных наблюдений затрудняет возможность установить величину и качественный состав естественного отпада в различные возрастные периоды древостоев.

При сопоставлении таксационных показателей установлено, что средний диаметр и средняя высота отпавших деревьев меньше, чем у растущего древостоя. Так, на пробной площади 1 средний диаметр соснового древостоя — 29,6 см, средняя высота — 30,1 м, а средние показатели отпада 27,6 см и 28,1 м; на пробной площади 2 соответственно 29,4 см и 29,8 м; 26 см и 27,2 м. Такое же различие наблюдается и на остальных пробных площадях.

В хвойных культурах 50—70 лет отпад по числу деревьев составил 40—46%, а по запасу 26—37% (от числа деревьев и запаса в возрасте 50 лет). Пониженная жизнеустойчивость лесных культур после 60—70 лет — следствие быстрого роста в начальные годы. Эти особенности в росте искусственных древостоев следует иметь в виду при обосновании оборота хозяйства и установлении возраста их рубки.

Величину естественного отпада необходимо учитывать для обоснования размера промежуточного пользования на перспективный период. При регулярном проведении рубок ухода с учетом величины естественного отпада он будет полностью использован. Если рубки ухода нерегулярны, естественный отпад в древостое увеличивается.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Б. Д. Жилкин. Классификация деревьев по продуктивности. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1965. [2]. В. К. Захаров. Исследование текущего прироста древостоев на постоянных пробных площадях. Госсельхозиздат УССР, Киев, 1963.

Поступила 10 июля 1972 г.

УДК 634.0.165.6

СЕЛЕКЦИОННАЯ ОЦЕНКА И ОТБОР ПЛЮСОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ ДУБА

В. Б. ЛУКЬЯНЕЦ

Воронежский лесотехнический институт

Обращается внимание на необходимость комплексной селекционной оценки деревьев дуба и рекомендуются придержки для такой оценки по росту и качеству. Приводятся результаты отбора плюсовых и лучших деревьев в дубравах ЦЧО, рассматриваются их признаки у деревьев семенного и порослевого происхождения.

Важнейший этап в работах по элитному семеноводству — отбор плюсовых деревьев. В одновозрастном насаждении плюсовыми считают деревья, которые значительно отличаются от окружающих хорошим ростом и качеством. Внесен ряд предложений по конкретизации понятий о плюсовых деревьях, причем некоторые из них предусматривают расчленение этой категории по определенным признакам. Так, Г. Шенбах [3] выделяет несколько самостоятельных групп плюсовых деревьев по продуктивности («продуктивные»), качеству («качественные»), устойчивости и в целом по комплексу признаков («комбинированные»).

Наиболее эффективным следует признать отбор плюсовых деревьев дуба по комплексу признаков, в первую очередь, по таким главнейшим, как рост и качество. В дубравах нецелесообразно, например, вести отбор продуктивных плюсовых деревьев. Он приемлем для быстрорастущих пород, древесина которых используется не в натуральном виде, а идет на переработку, и где основное значение имеет масса получаемой древесины. Древесина же дуба потребляется в натуральном виде и ценится за свои физико-механические свойства и красоту. При отборе его плюсовых деревьев следует учитывать силу роста и не в меньшей, а, может быть, в большей степени — качество. Именно улучшая качество, добиваясь увеличения выхода деловой и высококачественной древесины, можно в наибольшей степени повысить продуктивность дубрав. Поэтому плюсовые деревья дуба мы выделяли как комплексные, по совокупности основных признаков — росту и качеству. Естественно, что все отбираемые деревья характеризовались также и высокой их устойчивостью к разного рода неблагоприятным воздействиям. В противном случае они не отличались бы хорошим ростом на протяжении жизни и не имели бы сейчас выдающегося качества.

Для оценки деревьев по росту использовали классификацию их по продуктивности, предложенную проф. Б. Д. Жилкиным [1] и предусматривающую разделение деревьев на классы в зависимости от их относительных диаметров. При оценке качества деревьев учитывали ряд признаков: прямоствольность, степень очищения от сучьев, наличие водяных побегов, тип ветвления и форму кроны, наличие повреждений,

общее состояние и т. д. По совокупности этих признаков давали общую оценку качества (отличное, хорошее, удовлетворительное или неудовлетворительное). Принцип разделения деревьев на селекционные группы и возможные варианты сочетания роста и качества приведены в табл. 1.

Таблица 1

Селекционная группа дерева	Возможные варианты	Рост дерева — относительный диаметр	Качество дерева по совокупности признаков
Плюсовое	1	Более 1,45	Отличное (выдающееся)
Лучшее	1	1,45 — 1,16	Отличное
	2	Более 1,45	Хорошее (высокое)
Среднее	1	1,15 — 0,86	Хорошее
	2	Более 1,15	Удовлетворительное (среднее)
	3	Менее 0,86	Отличное
Минусовое	1	Менее 0,86	Хорошее и удовлетворительное
	2	0,86 и более	Неудовлетворительное (низкое)

«Наставлением по лесосеменному делу» [2] при селекционной оценке рекомендуется делить деревья на три группы: плюсовые, нормальные (с последующим разделением на лучшие и средние) и минусовые. По нашему мнению, целесообразнее сразу делить деревья на четыре селекционные группы: плюсовые, лучшие, средние и минусовые. При этом лучшие деревья как бы отодвигаются от средних, так как не входят в одну группу нормальных и приближаются по требованиям к плюсовым.

К качеству лучших деревьев обычно предъявляются почти такие же высокие требования, как и к качеству плюсовых, но по размерам лучшие деревья меньше и имеют относительный диаметр 1,16—1,45. В связи с такой большой амплитудой по диаметру, селекционную группу лучших деревьев целесообразно делить на две категории: с относительным диаметром 1,45—1,31 и 1,30—1,16. К группе лучших относятся также деревья с относительным диаметром более 1,45, но характеризующиеся только хорошим качеством ствола и кроны. Это не позволяет отнести их к плюсовым даже при крупных размерах, подтверждающих интенсивный рост.

Для того чтобы судить о встречаемости плюсовых и лучших деревьев, в процессе проведения полевых работ в ряде дубовых массивов Центрально-Черноземной области (ЦЧО) было отобрано 160 деревьев, из которых после обработки материала плюсовыми признаны 59 деревьев, лучшими — 86 и средними — 15. Средние показатели по плюсовым и лучшим деревьям I категории приведены в табл. 2. Они дают возможность установить параметры для отбора плюсовых деревьев в дубравах ЦЧО.

Все отобранные плюсовые и лучшие деревья приурочены к более благоприятным условиям роста в снытьево-осоковой и снытьевой дубравах. Встречаемость их в осоковых и злаковых дубравах на сухих и супесчаных почвах очень мала. Преобладающее большинство отобранных деревьев представлено поздно распускающейся формой дуба, образующей более ценные, прямоствольные деревья, не повреждаемые поздними заморозками и листогрызущими вредителями.

Для характеристики плюсовых деревьев используют не абсолютные показатели их роста, а относительные, дающие представление о преимуществах этих деревьев по сравнению со средними в насаждении. Относительные диаметр, высота и объем ствола плюсового дерева,

Лесхоз	Лесничество	Тип условий место-произрастания	Число деревьев	Происхождение	Возраст, лет
Плюсовые					
Бутуриновский	Морозовское	D ₂	20	Семенное — 100%	85—100
Алексеевский	Красногвардейское	"	9	" — 80%	75
Шебекинский	Ржевское	"	10	" — 100%	70—80
Хоперский запо-ведник	Северное	E ₂₋₃	8	" — 100%	80—90
Учебно-опытный	Правобережное	D ₂	5	Порослевое — 100%	70
Лучшие					
Бутуриновский	Морозовское	D ₂	3	Семенное — 100%	100
Алексеевский	Красногвардейское	"	6	" — 50%	75
Шебекинский	Ржевское	"	2	" — 100%	80
Учебно-опытный	Правобережное	"	6	Порослевое — 100%	70

вычисленные как отношения его фактических показателей к соответствующим средним показателям данного насаждения, указывают, во сколько раз размеры плюсового дерева превышают размеры среднего дерева. Важными признаками отбираемых плюсовых деревьев, дающими представление о качестве ствола и габитуальных особенностях, являются длина бессучковой части ствола, протяженность живой кроны и ширина кроны, которые выражают в процентах от высоты дерева.

Из приведенных в табл. 2 данных следует, что в качестве плюсовых во всех обследованных массивах отобраны преимущественно деревья семенного происхождения, характеризующиеся более высокими качествами, чем порослевые. Для плюсовых деревьев семенного происхождения характерно то, что они превышают средние деревья насаждения по диаметру в 1,5—1,6 раза, по высоте на 13—26% и по объему ствола в 2,6—3,0 раза. Эти деревья являются выдающимися по качеству, имеют прямой и полнодревесный ствол, оцениваемый как высококачественный, и хорошо развитую равномерную крону шатровидной формы с сучьями средних размеров. У них отсутствуют водяные побеги, повреждения ствола и кроны, а общее состояние дерева характеризуется как отличное или хорошее. Большинство плюсовых деревьев имеет моноподиальный тип ветвления, что свидетельствует о высоких селекционных качествах. С возрастом моноподиальный тип ветвления может заменяться смешанным, и число деревьев со смешанным типом ветвления увеличивается.

У плюсовых деревьев семенного происхождения, произрастающих в разных лесных массивах, наблюдаются некоторые различия. Так, деревья из западных массивов (Алексеевский, Шебекинский) лучше очищены от сучьев и имеют выше поднятые кроны. Длина бессучковой части ствола у них наибольшая. В то же время плюсовые деревья Шебекинского массива имеют довольно широкие, сильные и хорошо развитые кроны.

Плюсовые деревья порослевого происхождения, в сравнении с семенными, имеют меньшую относительную высоту, что говорит о их **большой** **сбежистости**, значительно меньшую длину бессучковой части

Таблица 2

Средние относительные показатели			Длина бессучковой части ствола, %	Протяженность живой кроны, %	Ширина кроны, % от высоты	Тип ветвления
диаметр	высота	объем ствола				
деревья						
1,63	1,26	3,01	44,7	45,8	28,4	50% — моноподиальное
1,51	1,21	2,80	54,2	41,7	28,3	50% — смешанное
1,53	1,17	2,62	53,6	36,8	36,0	100% — моноподиальное
1,59	1,13	2,81	—	40,4	31,4	100% "
1,50	1,03	2,27	38,6	48,9	35,5	63% "
1,50	1,03	2,27	38,6	48,9	35,5	100% "
деревья						
1,44	1,08	2,16	40,2	40,8	23,7	67% — моноподиальное
1,36	1,18	2,27	53,2	42,4	27,8	100% "
1,38	1,07	2,03	54,0	44,0	36,2	100% "
1,37	1,06	1,98	45,8	47,0	36,2	100% "

ствола и наибольшую протяженность живой кроны, занимающей почти половину высоты дерева при довольно большой ширине.

Деревья, отобранные из селекционной группы лучших, имеют меньшие относительные показатели роста по диаметру, высоте и объему, чем плюсовые. Так, средний объем их ствола превышает объем среднего дерева всего в 2,3 раза. Кроны лучших деревьев обычно несколько уже и более компактны. Эти деревья также представляют существенную ценность для семеноводства, особенно лучшие I категории. Они чаще встречаются в насаждениях, и их следует отбирать наряду с плюсовыми.

К настоящему времени в дубравах ЦЧО имеется довольно много плюсовых деревьев, отобранных представителями научных организаций и производителями по различным принципам. Необходимо произвести их общую инвентаризацию и приемку авторитетной комиссией по единым требованиям с составлением зонального реестра плюсовых деревьев дуба в лесах ЦЧО. Это будет способствовать более полному выявлению селекционных качеств отобранных плюсовых деревьев и их эффективному использованию.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Б. Д. Жилкин. Классификация деревьев по продуктивности. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1965. [2]. Наставление по лесосеменному делу. Изд-во ЦНИИТЭИлеспром, М., 1963. [3]. Э. Ромедер, Г. Шенбах. Генетика и селекция лесных пород. Сельхозиздат, М., 1962.

Поступила 4 сентября 1972 г.

УДК 634.0.5.131:674.032.475.2

ТАБЛИЦЫ ДЛЯ ТАКСАЦИИ СВЕЖЕСРУБЛЕННОЙ ЛАПКИ ИЗ СТВОЛОВ ПИХТЫ СИБИРСКОЙ АЛТАЙСКОГО КРАЯ И КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Н. Г. КОСАРЕВ

Воронежский лесотехнический институт

Установлены связи, позволяющие определять выход пихтовой лапки в килограммах на 1 м³ стволовой древесины в зависимости от возраста, диаметра деревьев и полноты насаждений. На основании полученных уравнений связи составлены таблицы для таксации свежесрубленной лапки из кроны пихты сибирской.

В последнее десятилетие в Алтайском крае и Кемеровской области уделяется большое внимание производству пихтового масла, так как оно служит одним из основных источников получения медицинской и технической камфоры. Пихтовое масло производят в большинстве лесхозов и леспромхозов этого района, где есть пихтовые насаждения. В Кемеровской области ежегодная выработка составляет до 300 т, а в Алтайском крае около 100 т. Производство пихтового масла с каждым годом увеличивается, так как возрастает спрос на камфору.

Сырье для получения этого масла — тонкие ветви диаметром до 8 мм и длиной 20—40 см (пихтовая лапка), которые заготавливают с растущих деревьев и при лесозаготовках.

В имеющихся литературных источниках ([1], [2], [5], [7], [8] и др.) нет полных данных о зависимости выхода сырья от таксационных элементов насаждений (возраста, диаметра, полноты и др.). Одна из работ автора [4] в какой-то мере восполняет этот пробел.

Цель настоящих исследований — выяснить, как таксационные элементы насаждения (полнота, возраст и диаметр) влияют на выход пихтовой лапки, и на основе установленных закономерностей построить таблицы для таксации свежесрубленной лапки из кроны пихты сибирской.

Исследования проводили в течение трех лет (1967—1969 гг.) в летние месяцы (июль, август) в лесхозах и леспромхозах Салаирского края и Кузнецкого Алатау. Были заложены 22 пробные площади в пихтовых насаждениях II и III классов бонитета, в наиболее распространенных типах леса: в пихтарниках разнотравном и широколиственном. Пробные площади закладывали в чистых и смешанных насаждениях, относящихся к категории средневозрастных, приспевающих и спелых, имеющих полноту 0,4 и выше.

На каждой пробной площади срубали 10—15 модельных деревьев пихты, взятых по ступеням толщины (всего 285), у которых кроме обычных таксационных показателей устанавливали объем и вес пихтовой лапки. Весовой метод учета охвоенных кроны и хвои деревьев применяли и другие авторы [6].

Результаты наших исследований показывают, что выход пихтовой лапки из отходов при заготовке 1 м³ стволовой древесины зависит от ряда таксационных показателей, в частности, от возраста деревьев и полноты насаждений.

Связь между выходом пихтовой лапки на 1 м³ стволовой древесины и возрастом деревьев, в зависимости от полноты насаждений, оказалась линейной (мера линейности 0,010—0,013, ее основная ошибка 0,0099—0,0155). Уравнения связи, полученные по способу наименьших квадратов, имеют следующий вид:

для насаждений с полнотой 0,3—0,5

$$y = -0,91A + 223; \quad (1)$$

для насаждений с полнотой 0,6—0,7

$$y = -0,95A + 202; \quad (2)$$

для насаждений с полнотой 0,8 и выше

$$y = -0,80A + 176, \quad (3)$$

где y — вес пихтовой лапки на 1 м^3 стволовой древесины, кг.

A — возраст деревьев, лет.

Степень соответствия опытных и выравненных данных характеризуется высоким коэффициентом корреляции ($r = 0,96 \div 0,98$).

Используя наличие тесной связи между возрастом и диаметром деревьев ($\eta > 0,70$, мера линейности 0,045, ее основная ошибка 0,003), мы попытались по диаметру стволов определить выход пихтовой лапки. Эта зависимость оказалась линейной (мера линейности 0,019—0,025, ее основная ошибка 0,0157—0,0186). Конкретные уравнения связи по данным исследования следующие:

для насаждений с полнотой 0,3—0,5

$$y = -3,64D + 268; \quad (4)$$

для насаждений с полнотой 0,6—0,7

$$y = -3,25D + 234; \quad (5)$$

для насаждений с полнотой 0,8 и выше

$$y = -2,34D + 182, \quad (6)$$

где y — вес пихтовой лапки на 1 м^3 стволовой древесины, кг;

D — диаметр деревьев на высоте 1,3 м, см.

Коэффициенты корреляции между опытными и выравненными данными оказались равными 0,96—0,98, что свидетельствует о правильности выравнивания.

По уравнениям связи (4), (5) и (6) мы установили выход пихтовой лапки из кроны одного ствола пихты сибирской в зависимости от его объема и полноты насаждений по ступеням толщины (табл. 1). Влажность свежесрубленной пихтовой лапки составляла 49,8—54,5%. При определении объемов стволов пихты по разрядам высот использованы данные сортиментных таблиц для пихты сибирской Алтайского края и Кемеровской области [3]. Чтобы планировать выработку пихтового масла, важно знать выход пихтовой лапки с лесосеки. Составленные нами таблицы позволяют довольно быстро определять возможный выход лапки, имея перечет деревьев по ступеням толщины.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. Н. Вшивцев. Производство пихтового масла. КОИЗ. М.—Л., 1941.
 [2]. В. В. Голиков, П. Мачернис. К вопросу учета хвоя для отдельно стоящих деревьев пихты сибирской. Труды Сибирского технологического института, сб., 35. Красноярск, 1963. [3]. А. Д. Дударев, Н. Г. Косарев. Сортиментные таблицы для пихты сибирской Алтайского края и Кемеровской области. Научные труды Воронежского лесотехнического института, т. 32, вып. 3, Центральнo-Черноземное книжное изд-во, Воронеж, 1969. [4]. Н. Г. Косарев. Влияние различных факторов на выработку пихтового масла. Журн. «Лесное хозяйство» № 3, 1971. [5]. А. П. Пентегов, М. А. Чиркова. Использование отходов лесозаготовок сибирской пихты в производстве пихтового масла. Труды по лесному хозяйству (Западносибирский филиал АН СССР и Западносибирское отделение ВНИТОЛес) вып. 2, Новосибирск, 1955.
 [6]. Л. К. Поздняков, В. В. Протопопов, В. М. Горбатенко. Биологиче-

Ступени толщины, см	Высота, м	Объем ствола, м ³	Выход пихтовой лапки, кг, в насаждениях с полнотой			Ступени толщины, см	Высота, м	Объем ствола, м ³	Выход пихтовой лапки, кг, в насаждениях, с полнотой		
			0,3—0,5	0,6—0,7	0,8 и выше				0,3—0,5	0,6—0,7	0,8 и выше
Разряд высот Ia						Разряд высот I					
8	11,0	0,03	7	6	5	8	9,5	0,03	7	6	5
10	13,0	0,05	12	10	8	10	11,5	0,05	12	10	8
12	15,5	0,09	20	18	14	12	13,5	0,08	18	16	12
14	17,5	0,13	28	24	19	14	15,5	0,11	24	21	16
16	20,0	0,18	38	33	26	16	17,5	0,16	34	29	23
18	21,5	0,25	51	44	35	18	19,0	0,22	44	39	31
20	23,0	0,32	62	54	43	20	20,5	0,29	57	49	39
24	25,5	0,50	91	78	63	24	23,0	0,45	81	70	57
28	28,0	0,73	121	104	85	28	25,5	0,66	110	94	77
32	30,5	1,02	155	133	109	32	27,5	0,92	140	120	98
36	32,0	1,34	184	157	131	36	29,0	1,22	167	143	120
40	33,0	1,69	206	176	149	40	30,0	1,54	188	160	136
44	34,0	2,09	226	190	165	44	31,0	1,91	206	174	151
48	35,0	2,54	236	198	178	48	32,0	2,33	217	182	163
52	36,0	3,05	241	198	183	52	33,0	2,81	222	183	169
Разряд высот II						Разряд высот III					
8	8,0	0,02	5	4	3	8	6,5	0,02	5	4	3
10	10,0	0,04	9	8	6	10	8,0	0,03	7	6	5
12	11,5	0,06	13	12	9	12	9,5	0,05	11	10	8
14	13,5	0,10	22	19	15	14	11,0	0,08	17	15	12
16	15,0	0,14	29	25	20	16	12,5	0,12	25	22	17
18	16,5	0,19	38	33	27	18	14,0	0,16	32	28	22
20	18,0	0,25	49	42	34	20	15,5	0,22	43	37	30
24	20,5	0,40	72	62	50	24	17,5	0,35	63	55	44
28	22,5	0,59	98	84	68	28	19,5	0,52	86	74	60
32	24,5	0,83	126	108	89	32	21,5	0,73	111	95	78
36	26,0	1,10	151	129	108	36	23,0	0,98	134	115	96
40	27,0	1,39	170	145	122	40	24,0	1,25	153	130	110
44	28,0	1,74	188	158	137	44	25,0	1,56	168	142	123
48	29,0	2,12	197	165	148	48	26,0	1,91	178	149	134
52	30,0	2,56	202	166	154	52	27,0	2,32	183	151	139

Ступени толщины, см	Высота, м	Объем ствола, м ³	Выход пихтовой лапки, кг, в насаждениях с полнотой			Ступени толщины, см	Высота, м	Объем ствола, м ³	Выход пихтовой лапки, кг, в насаждениях с полнотой		
			0,3—0,5	0,6—0,7	0,8 и выше				0,3—0,5	0,6—0,7	0,8 и выше
Разряд высот IV						Разряд высот IVa					
8	5,0	0,01	2	2	2	8	3,5	0,01	2	2	2
10	6,0	0,03	7	6	5	10	4,5	0,02	5	4	3
12	7,5	0,04	9	8	6	12	5,5	0,03	7	6	5
14	9,0	0,07	15	13	10	14	6,5	0,05	11	9	7
16	10,0	0,10	21	18	15	16	7,5	0,08	17	15	12
18	11,0	0,13	26	23	18	18	8,5	0,11	22	19	15
20	12,5	0,18	35	30	24	20	10,0	0,15	29	25	20
24	14,5	0,29	52	45	37	24	11,5	0,24	43	37	30
28	16,5	0,44	73	63	51	28	13,5	0,37	61	53	43
32	18,5	0,64	97	83	68	32	15,5	0,54	82	70	58
36	20,0	0,86	118	101	84	36	17,0	0,74	101	87	73
40	21,0	1,10	134	114	97	40	18,0	0,96	117	100	84
44	22,0	1,38	149	126	109	44	19,0	1,21	131	110	96
48	23,0	1,71	159	133	120	48	20,0	1,50	140	117	105
52	24,0	2,07	164	135	124						

ская продуктивность лесов Средней Сибири и Якутии. Красноярское книжное изд-во, Красноярск, 1969. [7]. Р. И. Томчук, Г. И. Томчук. Древесная зелень и ее использование. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1966. [8]. И. А. Урбан. Практическое руководство по производству пихтового масла. КОИЗ, М., 1949.

Поступила 7 августа 1972 г.

УДК 634.0.232.3

КАЧЕСТВО СЕМЯН И РОСТ КУЛЬТУР СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОКРАСКИ СЕМЯН

Э. И. ПИХЕЛЬГАС

Эстонская сельскохозяйственная академия

Рассмотрены вопросы распределения сосновых семян в Эстонской ССР по их окраске. Проанализированы признаки семян и сеянцев, а также опытных культур в зависимости от окраски семян. Сделан вывод, что культуры, заложенные черными семенами, растут лучше.

Сосновые семена, заготовленные за 8 лет в насаждениях Эстонской ССР, по окраске распределились следующим образом: черных — 48% (17—66%); коричневых — 25% (11—41%), пестрых — 19% (6—61%) и светлых — 8% (2—11%). Как показал критерий χ^2 , значения общего среднего показателя по годам существенно колебались. Большие различия наблюдались также в цвете семян из разных насаждений в одном году.

Группируя насаждения (32 в группе) по условиям влажности в соответствующих местах произрастания, мы получили следующие данные (табл. 1). Количество черных семян в насаждениях свежих и

Таблица 1

Почвы по влажности	Распределение семян по окраске, %				Критерий χ^2
	черные	коричневые	светлые	пестрые	
Свежая	50±3	14±2	10±2	26±2	0,0
Влажная до мокрой	47±3	25±3	6±1	22±2	11,0
Сухая	30±3	35±3	9±1	26±3	39,6

Примечание. Табличные значения χ^2 : 7,8; 11,3; 16,3.

влажных местопроизрастаний существенно не различается, но зато их значительно меньше в сухих местах ($t = 4,7$). Коричневые семена приурочены в основном к сухим местам; намного меньше их во влажных насаждениях ($t = 2,4$), но меньше всего в местах с оптимальным режимом влаги. Существенно также различие в распределении семян по цвету в свежих и переувлажненных местах ($t = 3,0$). Несколько меньше светлых семян встречается в местах с переувлажненной почвой, но различие это относительно невелико. Встречаемость пестрых семян в местах с разной увлажненностью различается несущественно. У одной и той же сосны могут встречаться семена различной окраски: от черной и до светлой (до светло-серой или белой) и от темно-коричневой до светлой (до светло-коричневой или белой). На одной сосне могут быть семена как коричневые или коричнево-пестрые, так и черные или черно-пестрые. У одной и той же сосны мы не обнаруживали

черных и коричневых семян, но зато нередко наблюдали коричнево-черно-пестрые.

В плодородных местах произрастания, имеющих оптимальные условия увлажнения, лучше всего растут сосны с черными семенами (100%), хуже с темно-коричневыми (87—94%). Деревья с пестрыми семенами также уступали в росте. В условиях переувлажнения почвы самые высокие сосны также имели черные семена, причем высота деревьев с темно-коричневыми семенами составляла 92—94%. В высоте деревьев с коричневыми, серыми и пестрыми семенами существенных различий не отмечалось.

Как показали данные анализа, наибольший вес имели пестрые семена. В насаждениях, где встречались также и черно-пестрые семена, вес черных семян составлял в среднем 87% от веса черно-пестрых, а коричневых — 85% от веса коричнево-пестрых. У семян однородной окраски (черных и темно-коричневых) существенных различий в весе не наблюдалось. Светлые семена (светло-коричневые и серые) всегда значительно уступали по весу семенам черным или темно-коричневым. Вес светло-коричневых семян составлял 86% от веса темно-коричневых. В табл. 2 приведены средние показатели для семян как с отдельных деревьев, так и из партий, заготовленных в различных насаждениях. Результаты дисперсионного анализа приведены в табл. 3.

Таблица 2

Окраска семян	Вес 1000 семян, г	Энергия прорастания, %	Техническая всхожесть, %	Абсолютная всхожесть, %	Скорость прорастания, дн.	Наличие пустых семян, %
	$\bar{x} \pm m$	$\bar{x} \pm m$	$\bar{x} \pm m$	$\bar{x} \pm m$	$\bar{x} \pm m$	$\bar{x} \pm m$
Пестрые	6,58 ± 0,26	63,7 ± 6,8	84,7 ± 2,6	89,8 ± 2,7	6,9 ± 0,69	5,7 ± 2,3
Черные	5,16 ± 0,11	57,7 ± 6,5	81,6 ± 2,7	86,5 ± 3,1	7,1 ± 0,63	5,8 ± 1,9
Коричневые	5,01 ± 0,15	66,2 ± 5,4	82,5 ± 3,2	86,7 ± 2,9	6,2 ± 0,44	4,8 ± 1,0
Светлые	3,12 ± 0,22	51,8 ± 7,4	55,4 ± 8,1	89,3 ± 3,2	5,9 ± 0,54	38,0 ± 4,0

Из данных табл. 2 видно, что вес 1000 семян зависит от их окраски. Светлые семена в два с лишним раза легче пестрых. Их вес составляет лишь 60% от веса семян черной окраски. Такое различие обусловлено, главным образом, большим количеством пустых семян среди светлоокрашенных (в 6—7 раз больше, чем среди семян с темной окраской). На энергию и скорость прорастания семян, равно как и на их абсолютную всхожесть, окраска семян заметного влияния не оказывала. Техническая всхожесть пестрых, черных и коричневых семян различалась несущественно, однако у светлых семян она значительно меньше.

Таблица 3

Показатели	F	В	$\bar{\eta}_{1x}^2 \pm m_{\eta_{1x}}^2$	$\bar{\eta}_{1x}^2 \pm \Delta$
Вес 1000 семян	44,0	0,999	0,70 ± 0,016	0,66—0,75
Энергия прорастания	0,7	0,95	0,05 ± 0,077	0,00—0,27
Техническая всхожесть	5,1	0,99	0,28 ± 0,050	0,14—0,52
Абсолютная всхожесть	0,0	0,95	0,01 ± 0,077	0,00—0,22
Скорость прорастания	1,0	0,95	0,07 ± 0,070	0,00—0,30
Наличие пустых семян	19,3	0,999	0,55 ± 0,029	0,47—0,63

Примечание. Табличные значения F: 2,8; 4,2; 6,4.

Влияние окраски семян на размеры сеянцев было проанализировано на основании данных опытных посевов семенами 97 сосен из 16 насаждений, отличающимися окраской. Эти посевы были произведены в 1958—1966 гг.

Из сравнения видно, что между весом сеянцев и окраской семян нет никакой взаимосвязи. Зато на длину стебля и диаметр корневой шейки сеянцев окраска семян оказывает заметное влияние. Высота сеянцев, полученных из коричневых семян, составляла $92 \pm 2,6\%$ ($t = 3,1$), а диаметр их корневой шейки $107 \pm 1,2\%$ ($t = 5,8$) от соответствующих показателей сеянцев из черных семян. Сила влияния окраски семян на длину сеянцев составляла $18,8 \pm 4,0\%$ (при уровне достоверности $> 95\%$) и на величину диаметра корневой шейки $51,6 \pm 2,4\%$ (при уровне достоверности $> 99,9$). Сеянцы, выросшие из черных семян, были значительно выше сеянцев, полученных из серых семян (86%) и белых (81%). Длина стебля сеянцев, полученных из пестрых семян, не отличалась сколько-нибудь значительно от сеянцев из одноцветных семян. Во всех опытах, где имелись черно-коричневые пестрые семена, сеянцы имели наибольшую толщину. Зато сеянцы, выросшие из белых семян, были всегда значительно тоньше других.

Влияние окраски семян на содержание минеральных веществ в хвое сеянцев проверяли на посевах 1960, 1962 и 1963 гг. Сравнительному изучению были подвергнуты сеянцы, полученные из семян 9 насаждений. Оказалось, что в сеянцах из черных семян содержалось больше N, CaO и P₂O₅, чем в сеянцах, выросших из коричневых семян. Сила влияния была не менее 10, 32 и 26% соответственно. На содержание K₂O окраска семян существенного влияния не оказывала.

Для выяснения влияния окраски семян на рост культур был заложен ряд опытных культур, начиная с 1959 г. Результаты опытов в квартале 220 лесхоза «Ярвселья» приведены в табл. 4. По этим данным видно, что потомки деревьев с семенами черной окраски в тече-

Таблица 4

Признаки	Показатель	Единицы измерения	Материнские насаждения					
			Я-1			Я-4		
			окраска семян					
			черные	коричневые	черные	серые с черными крапинками	коричневые	белые
Высота в 1967 г.	$\bar{x} \pm m$	см	394 ± 7	371 ± 9	375 ± 8	372 ± 10	354 ± 8	355 ± 10
	V	%	100	94	100	99	92	93
	P	%	11	15	14	16	15	17
	t	%	1,8	2,4	2,1	2,7	2,3	2,8
			0,0	2,0	0,0	0,2	2,0	1,6
Диаметр на высоте груди в 1968 г.	$\bar{x} \pm m$	мм	69 ± 2	64 ± 2	66 ± 2	66 ± 2	62 ± 2	61 ± 2
	V	%	100	93	100	100	94	93
	P	%	20	22	23	21	23	22
	t	%	3,5	3,3	3,5	3,6	3,4	3,2
			0,0	1,4	0,0	0,0	1,3	1,5
Высота в 1968 г. H	\bar{x}	см	467	445	458	452	441	435
		%	100	95	100	99	96	95
Диаметр кроны в 1968 г. D	\bar{x}	м	176	184	160	178	171	203
		с	100	105	100	111	107	127
	D/H	%	38	41	35	39	39	47

ние первых 12 лет жизни отличаются значительно более быстрым темпом роста, чем потомки деревьев с коричневыми семенами.

В 1962 г. в лесхозе «Ярвселья» в квартале 35 А были заложены соответствующие опыты: в I серии с потомками двух и во II — четырех насаждений. В I серии 10-летние культуры из черных семян были на 8—13% выше культур из коричневых семян. Влияние окраски семян на высоту культур было достоверным ($B > 99,9\%$), сила влияния равнялась по меньшей мере 3—21%. Влияния на величину диаметра кроны в одном случае не наблюдалось, в другом же случае сила влияния была не менее 8%. Во II серии опытов выяснилось превосходство высоты культур из пестрых семян над выросшими из светло-коричневых и серых семян. Влияние окраски семян на рост культур в высоту во всех случаях оказалось вполне достоверным ($B > 99,9\%$), сила влияния составляла не менее 8—41%.

Поступила 10 апреля 1972 г.

УДК 634.0.114.6.

ОБЩАЯ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЛЕСНЫХ ПОЧВ НИЖНЕГО ПРИКАМЬЯ ТАТАРСКОЙ АССР *

А. Х. ГАЗИЗУЛЛИН

Марийский политехнический институт

Изложены результаты лабораторных исследований биологической активности (интенсивности дыхания и аммонифицирующей способности) и физико-химических свойств наиболее распространенных лесных почв Татарской АССР. Установлена высокая биологическая активность лесных почв Татарии, что согласуется с уровнем их естественного плодородия и продуктивностью лесных насаждений.

Почвенные исследования, направленные на выявление потенциального плодородия лесных почв, и разработка мероприятий по рациональному их использованию имеют большое значение в повышении продуктивности и качественного состава лесов.

Важный показатель плодородия почв — их биохимические свойства. Указывая на ведущую роль в почвообразовании микробиохимических явлений, связанных с жизнедеятельностью почвенной микрофлоры и микрофауны, А. А. Роде [7] отмечает, что главным направлением в развитии генетического почвоведения в настоящее время должно быть развитие микробиологических и микробиохимических исследований.

Одним из основных и общепринятых показателей интенсивности биологических и биохимических процессов, протекающих в почве и лесной подстилке, считается количество выделяющейся из почвы углекислоты [1], [6], [8]—[11].

Интенсивность выделения CO_2 почвами изучали многие исследователи ([1]—[5], [8]—[11] и др.), однако в условиях Татарии биологическая активность лесных почв не изучена. Нами в лабораторных условиях исследована биологическая активность (интенсивность дыхания и аммонифицирующая способность) наиболее распространенных лесных почв Нижнего Прикамья Татарской АССР, в образцах, взятых в Камском леспромхозе.

* Работа выполнена под руководством проф. В. Н. Смирнова.

Интенсивность дыхания почв и лесной подстилки определяли по методике А. Ш. Галстяна [1], аммонифицирующую способность с увлажнением образцов до 60% от полной влагоемкости без компостирования и после 7-дневного компостирования в термостате — по С. П. Кравкову (в модификации Н. И. Болотиной). Исследованы образцы лесной подстилки и верхних горизонтов почв: дерново-скрытоподзолистой связнопесчаной; неоподзоленных (бурых лесных) супесчаных на двучленных наносах; дерново-карбонатной, коричнево-серой лесной; светло-серой, серой и темно-серой лесной; черноземов — выщелоченных и типичного и дерново-луговой. Одновременно с биологической активностью изучали физические, химические и физико-химические свойства этих почв.

В табл. I приведены данные анализа физико-химических свойств почв дерново-скрытоподзолистой связнопесчаной, светло-серой лесной и чернозема выщелоченного. Физико-химические свойства остальных почв близки к свойствам почв этих типов. Так, содержание гумуса в горизонте А супесчаных почв на двучленных наносах колеблется от 2,43 до 2,55%, общего азота — от 0,123 до 0,164%, сумма поглощенных оснований — от 8,9 до 15,7 мг-экв на 100 г почвы, рН солевое — от 5,0 до 5,3, физической глины — от 10,7 до 16,4% и иловатой фракции — от 4,1 до 8,7%.

Название почвы, местоположение и номер разреза	Характеристика насаждения	Горизонт	Глубина взятия образца, см	Гумус по Тюрину, %
Дерново-скрытоподзолистая связнопесчаная на песках, Берсутское лесничество, квартал 74, разрез 162	Сосняк кустарниково-мшистый, 10С+Б, Е, 67 лет, класс бонитета Ia	A'	2—15	1,32
		A''	15—25	0,37
		AB	40—50	0,15
		B ₁	70—80	Не опр.
		B ₂	100—110	"
		BC	150—160	"
Светло-серая лесная, тяжело-суглинистая на лёссовидных суглинках, Усалинское лесничество, квартал 51, разрез 130	Дубрава снытьевая, 9Д1Б+Лп, класс бонитета II	A ₁	2—16	7,08
		A ₁ A ₂	16—26	2,07
		A ₂ B	29—39	0,94
		B ₁	45—55	0,72
		B ₂	70—80	0,61
		C _{1к}	110—120	Не опр.
Чернозем выщелоченный, тяжело-суглинистый на лёссовидных суглинках, Чистопольское лесничество, квартал 6, разрез 13	Осинник II класса возраста, класс бонитета I	A'	1—30	7,31
		A''	40—50	3,83
		AB	70—80	2,80
		B ₁	100—110	1,37
		B ₂	130—140	Не опр.
		C	190—200	"

В перегнойно-аккумулятивном горизонте серой, коричнево-серой и темно-серой лесных почв содержание гумуса составляет соответственно 7,23; 8,60 и 11,50%, азота — 0,458; 0,455 и 0,503%; сумма поглощенных оснований — 27,4; 33,3 и 53,2 мг-экв на 100 г почвы; рН_{KCl} — 4,9; 5,2 и 5,4; физической глины — 47,03; 48,76 и 50,73%; илстой фракции — 17,75; 23,83 и 27,25%.

В дерново-карбонатной, дерново-луговой почве и черноземе типичном в горизонте A₁ содержание гумуса 10,64; 6,03 и 10,39%; азота общего — 0,605; 0,413 и 0,587%; суммы поглощенных оснований — 62,4; 36,7 и 53 мг-экв на 100 г почвы; рН_{KCl} — 5,4; 5,0 и 6,2; физической глины — 70,13; 52,71 и 48,72%; илстой фракции — 37,08; 26,07 и 27,13%.

Исследования показали (табл. 2), что наиболее активным горизонтом в лесных почвах является лесная подстилка. Наиболее активна подстилка широколиственных лесов, несколько меньше сосняков с липовым подлеском, значительно уступает им по активности подстилка сосняков кустарниково-мшистых. Ниже всего активность подстилки из-под чистых культур сосны IV класса возраста, высокой полноты, на выщелоченном черноземе. Следовательно, биологическая активность лесной подстилки зависит от характера и свойств опада и определяется в первую очередь составом растительности. Ее величина является показателем интенсивности разложения опада и круговорота азота и зольных элементов в системе почва — растение — почва. Она позволяет судить о влиянии лесной подстилки на ход почвообразовательного процесса и плодородие почвы.

Биологическая активность гумусового горизонта хотя и довольно высока, но значительно уступает активности лесных подстилок, на что указывал и В. Н. Смирнов [8]—[11]. Сопоставление с показателями активности лесных почв других районов страны [3], [10], [11] показы-

Таблица 1

Азот общий по Кьельдалю, %	C : N	Сумма поглощенных основных оснований (Ca + Mg)	Гидролитическая кислотность	Обменная кислотность по Соколову		Степень насыщенности основаниями, %	рН		Р ₂ O ₅ подвижная, мг/100 г	Сумма частиц < 0,01 мм, %	Сумма частиц < 0,001 мм, %
				Н+	А1+++		КСl	водной вытяжки			
0,070	10,71	5,9	4,4	0,07	0,24	57,6	4,7	6,4	6,3	9,61	8,43
0,033	6,36	3,4	2,5	0,05	0,30	57,6	4,9	6,6	16,4	6,02	3,09
0,019	4,44	2,0	1,9	0,04	0,22	50,5	5,1	6,7	22,5	3,71	2,98
He опр.	He опр.	1,5	1,2	0,03	0,06	54,7	5,2	6,6	20,4	2,99	1,83
"	"	2,0	1,0	0,03	0,02	67,1	5,1	6,7	23,0	2,89	2,03
"	"	2,0	0,9	0,03	0,01	69,3	5,2	6,6	23,0	2,50	2,31
"	"	2,0	0,9	0,03	0,01	69,3	5,3	6,8	21,4	2,69	2,41
0,412	9,95	36,6	5,6	0,36	0,30	86,8	5,3	6,3	7,8	46,84	20,18
0,143	8,39	11,9	5,0	0,11	0,15	70,5	5,8	6,5	2,5	39,73	10,45
0,088	6,14	9,4	6,2	0,21	0,87	60,3	4,0	5,7	2,5	42,69	18,16
0,063	6,67	22,8	5,8	0,29	0,64	81,1	4,2	5,7	4,3	56,14	37,54
0,057	6,14	32,7	1,4	0,0	0,0	95,9	5,9	7,3	20,5	53,64	36,95
He опр.	—	40,5	—	—	—	—	7,1	7,9	He опр.	44,25	30,16
"	—	41,6	—	—	—	—	7,1	8,0	"	32,02	7,95
0,404	10,5	49,6	6,5	He опр.	He опр.	85,8	5,2	5,9	2,3	48,84	29,19
0,215	10,3	48,7	6,5	"	"	85,7	4,8	5,8	5,8	49,71	33,92
0,164	9,3	39,7	3,3	"	"	90,0	5,1	6,2	4,8	50,58	34,01
0,088	9,0	37,6	2,0	"	"	93,4	5,8	6,7	8,3	45,42	30,98
He опр.	—	—	—	"	"	—	7,2	7,8	0,5	41,75	29,05
"	—	—	—	"	"	—	7,3	7,9	He опр.	38,84	26,49

вает более высокую активность исследованных нами почв. Общая биологическая активность лесных почв повышается от дерново-подзолистых к черноземам (табл. 2), что отмечалось ранее [3], [10], [11]. Наши исследования согласуются с выводами В. Н. Смирнова [11] о возрастании биологической активности почв с увеличением содержания в них гумуса и повышением карбонатности почвообразующих пород.

В образцах нижележащих горизонтов (A' и АВ) всех исследованных почв продукция CO₂ резко убывает и общая биологическая активность их почти выравнивается, несмотря на значительную разницу в содержании гумуса. Так, например, если в горизонте АВ дерново-скрытоподзолистой почвы биологическая активность составляет 16,8 мг CO₂

Название почвы, местоположение и номер разреза	Характеристика насаждения	Горизонт	Глубина взятия образца, см	Интенсивность дыхания, мг CO ₂ /час на 1 кг почвы	Аммонифицирующая спо- собность, мг азота на 1 кг сухой почвы	
					до компо- стирования	после 7-днев- ного компо- стирования
Дерново-скрытоподзолистая связнопесчаная на песках, Берсутское лесничество, квартал 74, разрез 162	Сосняк кустарниково-мшистый, 10С+Б, 67 лет, класс бонитета Iа	A ₀	0—2	249,1	292,3	608,1
		A ₁ ^г	2—15	56,7	87,5	135,3
		A ₁ ^б	15—25	17,3	28,1	81,7
		AB	40—50	16,8	24,0	73,3
Неоподзоленная (бурая лесная) легкосупесчаная на песках, подстилаемых пермскими песчанистыми мергелями, Берсутское лесничество, квартал 65, разрез 73	Дубняк осоковый, 6Д4Лп, 90 лет, класс бонитета III	A ₀	0—3	693,0	252,0	795,8
		A ₁ ^г	3—15	72,6	63,0	208,1
		A ₁ ^б	15—25	27,0	29,0	90,0
		AB	30—40	23,9	30,0	83,2
Неоподзоленная (бурая лесная) супесчаная на песках, подстилаемых суглинками, Берсутское лесничество, квартал 71, разрез 79	Сосняк липняковый, 10С+Б, Е, 68 лет, класс бонитета Iа	A ₀	0—3	448,3	517,2	937,5
		A ₁ ^г	5—15	25,7	63,0	290,8
		A ₁ ^б	18—28	10,2	48,0	138,3
		AB	35—45	18,6	34,0	73,3
Светло-серая лесная тяжелосуглинистая на лёссовидных суглинках, Усалинское лесничество, квартал 51, разрез 130	Дубрава снытьевая, 9Д1Б+Лп, 30 лет, класс бонитета II	A ₀	0—2	910,0	464,2	1250,0
		A ₁	2—16	157,2	162,5	325,4
		A ₁ A ₂	16—26	16,3	57,2	204,5
		A ₂ B	29—39	3,1	21,1	145,3
Серая лесная тяжелосуглинистая, на элювиально-делювиальных суглинках, Усалинское лесничество, квартал 26, разрез 64	Дубрава снытьевая, 8Д2Лп, 80 лет, класс бонитета II	A ₀	0—2	834,6	452,5	818,3
		A ₁ A ₂	13—20	21,3	74,4	161,2
		A ₂ B	30—40	4,0	9,9	85,0
Темно-серая легкосуглинистая на лёссовидных суглинках, Усалинское лесничество, квартал 40, разрез 99	Дубрава снытьевая, 7Д3К.о, И, В, 25 лет, класс бонитета II	A ₀	0—2	907,7	402,0	750,0
		A ₁ ^г	2—12	155,4	123,8	249,1
		A ₁ ^б	12—27	37,2	33,4	56,2
		AB	28—38	11,1	5,3	12,5
Коричнево-серая лесная, тяжелосуглинистая на пермских элювиальных глинах, Усалинское лесничество, квартал 40, разрез 86	Липняк дубовый, 8Лп2Д+К.о, И, В, 60 лет, класс бонитета II	A ₀	0—2	603,2	240,0	1058,3
		A ₁	2—20	66,0	38,0	325,5
		AB	30—40	7,5	20,0	55,0

Продолжение табл. 2

Название почвы, местоположение и номер разреза	Характеристика насаждения	Горизонт	Глубина взятия образца, см	Интенсивность дыхания, мг СО ₂ /час на 1 кг почвы	Аммонифицирующая способность, мг азота на 1 кг сухой почвы	
					до компостирования	после 7-дневного компостирования
Дерново-карбонатная выщелоченная, среднеглинистая на выветрелых мергелях, Усалинское лесничество, квартал 44, разрез 113	Дубрава снытьевая, 8Д2Лп+Кл, 130 лет, класс бонитета II	A ₀	0—4	987,5	372,0	754,0
		A ₁ ^г	5—17	178,8	40,0	210,0
		A ₁ ^з	25—35	40,0	26,0	78,0
		BC	45—55	41,6	21,0	63,5
Чернозем выщелоченный легкоглинистый, на элювии пермских мергелей и алевроитов. Чистопольское лесничество, квартал 37, разрез 8	Культуры сосны, 32 лет, класс бонитета I	A ₀	0—5	224,6	232,0	479,2
		A ₁	5—40	50,9	28,0	84,3
		AB	50—65	12,8	11,0	23,5
Чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый на лёссовидных суглинках, Чистопольское лесничество, квартал 6, разрез 13	Осинник 8Ос2Д, 28 лет, класс бонитета I	A ₀	0—1	956,3	352,0	950,0
		A ₁ ^г	1—30	65,1	20,0	82,2
		A ₁ ^з	40—50	25,7	15,0	48,3
		AB	70—80	21,7	16,0	45,2
Чернозем типичный, тяжелосуглинистый, на пермских известковистых песчаниках, Чистопольское лесничество, квартал 59, разрез 4	Дубняк вишневый, ЮД, класс возраста IV, класс бонитета IV	A ₀	0—2	930,0	257,0	436,7
		A ₁ ^г	2—15	179,3	127,0	279,4
		A ₁ ^з	20—30	28,7	55,0	137,5
		AB	40—55	28,7	22,0	61,2
Пойменная дерново-луговая зернистая легкоглинистая на современных аллювиальных отложениях, Прикамское лесничество, квартал 82	Луговая поляна в пойме р. Камы	A ₁ ^г	0—10	86,8	22,3	62,5
		A ₁ ^з	10—20	59,3	4,0	9,8
		III ^г	20—30	29,7	3,7	8,7
		IV	50—60	29,2	5,0	12,4

в час на 1 кг почвы при содержании гумуса 0,15%, то в образцах того же горизонта выщелоченного чернозема она равна 12,8 мг-час на 1 кг почвы при содержании гумуса 2,3%. Это говорит о том, что гумус нижележащих горизонтов почвы труднодоступен для микроорганизмов. По-видимому, в более глубоких слоях почвы органическое вещество претерпевает столь глубокие изменения, что превращается в весьма устойчивое против разложения образование [11].

Аммонифицирующая способность лесных почв относительно низка, за исключением лесной подстилки. Компостирование образцов привело к значительному усилению аммонификации, что согласуется с данными В. Н. Смирнова [10], [11].

В целом лесные почвы Нижнего Прикамья Татарии характеризуются высокой биологической активностью, что соответствует уровню их естественного плодородия. Однако, если в лабораторных условиях интенсивность продуцирования CO_2 дает возможность сравнивать биологическую активность различных почв при одинаковом гидротермическом режиме, то в природной обстановке этот показатель может отражать лишь потенциальное плодородие, не всегда объективно характеризуя эффективное плодородие. В первую очередь это относится к почвам с маломощным профилем. Об этом же говорит высокая биологическая активность образцов типичного чернозема при низкой производительности произрастающего на нем насаждения. Поэтому о плодородии почвы необходимо судить по всей совокупности ее свойств.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. Ш. Галстян. Дыхание почвы как один из показателей ее биологической активности. «Сообщение лаборатории агрохимии АН Армянской ССР» № 4, 1961. [2]. Н. И. Горбунов. Углекислота почвенного воздуха и методы ее определения. Сб. «Современные методы исследования физико-химических свойств почв», АН СССР, т. IV, вып. 2, 1947. [3]. Б. Н. Макаров, В. П. Игнатов а. Биологическая активность некоторых типов почв Советского Союза (по интенсивности продуцирования CO_2). Доклады АН СССР, т. 138, вып. 2, 1961. [4]. В. Н. Мина. Состав почвенного воздуха в лесных почвах. Труды Института леса АН СССР, т. 7, М., 1951. [5]. А. А. Низова. К вопросу о биологической активности почв. Журн. «Почвоведение» № 10, 1960. [6]. В. Л. Омелянский. Краткий курс общей и почвенной микробиологии. М.—Л., 1929. [7]. А. А. Роде. Система методов исследования в почвоведении. Изд-во «Наука», Новосибирск, 1971. [8]. В. Н. Смирнов. К вопросу о биологической активности почв под лесами южной части таежной зоны. Труды Института леса АН СССР, т. XXIИ, 1954. [9]. В. Н. Смирнов. К вопросу взаимосвязи между продукцией почвенной углекислоты и производительностью лесных почв. Журн. «Почвоведение» № 6, 1955. [10]. В. Н. Смирнов, Е. В. Гришкун, В. А. Усынина. О ферментативной активности и интенсивности дыхания почв в лесу и на пашне. Журн. «Почвоведение» № 1, 1962. [11]. В. Н. Смирнов. Почвы Марийской АССР, их генезис, эволюция и пути улучшения. Йошкар-Ола, 1968.

Поступила 18 апреля 1972 г.

УДК 634.0.453

**О ПРИЧИНАХ РАЗМНОЖЕНИЯ БОЛЬШОГО ЕЛОВОГО ЛУБОЕДА
В НАСАЖДЕНИЯХ ЕЛИ ВОСТОЧНОЙ**

А. Д. МАСЛОВ

ВНИИЛМ

Д. А. НИЖАРАДЗЕ

Горийский опытно-показательный лесхоз
Тбилисского института леса

Приводятся данные о распространении механических повреждений деревьев, опенка и корневой губки в насаждениях ели восточной в лесах Боржомского ущелья Грузинской ССР. Указывается на связь этих патологических явлений с заселенностью деревьев большим еловым лубоедом и делается вывод о их решающей роли в появлении очагов массового размножения вредителя в Закавказье.

Массовое размножение большого елового лубоеда, или дендроктона (*Dendroctonus micans* Kug.), в насаждениях ели восточной (*Picea orientalis* Link.) в Грузинской ССР продолжается уже более 10 лет. Судя по исключительным масштабам очага, для лубоеда в лесах Грузии сложились особо благоприятные условия. На наш взгляд, определенную роль в его распространении сыграли многочисленные механические повреждения и корневые гнили восточной ели.

Ранее отмечалось [1], [2], [4], [5], [7], что большой еловый лубоед в Грузии поселяется, в частности, на стволах ели с механическими повреждениями. Но этому, вероятно, не было придано особого значения, потому что только в одной из работ [2] конкретно указывалось, что из числа заселенных лубоедом деревьев 31,2% имели механические повреждения. Известна также лишь одна публикация [6] о роли опенка (*Armillaria mellea* Karst.) в заселении восточной ели дендроктоном.

Проведенное нами в мае 1966 г. обследование еловых насаждений в Боржомском и Бакурианском лесхозах, а также наблюдения на постоянных пробных площадях позволили получить дополнительные материалы по рассматриваемому вопросу.

При учете состояния деревьев в очагах лубоеда-дендроктона в Боржомском ущелье видна сильная поврежденность стволов и корневых лап восточной ели. Перечет на пробных площадях показал, что в разных участках леса повреждено от 13 до 95% деревьев.

Механические повреждения деревьев разнообразны: зарубы, затесы, обдиры, ошмыги, искривления ствола в верхушечной части и пр. Соответственно различны и причины их появления: повреждения при рубке и транспортировке леса, снеголоме и камнепаде, пастьбе скота, а также посещения леса отдыхающими и туристами. Д. И. Лозовой [3], указывая на широкое распространение в еловых лесах Грузии механических повреждений, объясняет появление на стволах зарубов и затесов практиковавшимися в прошлом пробами, имевшими целью определить пригодность деревьев на кровельную дрань. Все эти ранения нередко служат местом проникновения в стволы и корневые лапы деревьев различных гнилевых инфекций.

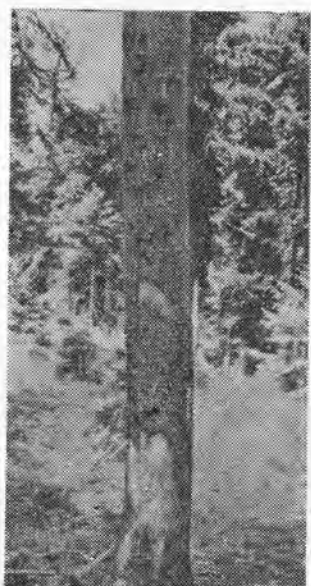


Рис. 1.



Рис. 2.

Установлено, что поврежденность древостоев зависит от близости к населенным пунктам и дорогам, то есть от интенсивности посещаемости людьми, повторяемости рубок и т. д. На часто посещаемых участках повреждено в среднем в два раза больше деревьев, чем на более удаленных и труднодоступных (61 и 32% деревьев). Даже в пределах одного урочища больше повреждены деревья на опушках, непосредственно прилегающих к населенным пунктам.

Лубоед заселяет деревья с механическими повреждениями в 2—5 раз сильнее, чем здоровые. Обычно он поселяется возле поврежденных (рис. 1), которые, очевидно, вызывают местное снижение защитной реакции дерева, в результате чего создаются оптимальные условия для поселения жуков и развития их потомства. Новые поколения лубоедов предпочитают селиться рядом со старыми ходами, границы поврежденного участка постепенно расширяются. Со временем ствол и корневые лапы окольцовываются ходами лубоеда, что существенно сказывается на общем физиологическом состоянии дерева. Ствол заселяется другими вредителями и усыхает.

Заселенные лубоедом деревья без механических повреждений имеют различные скрытые пороки, прежде всего корневые гнили. Анализ пней усохших и срубленных деревьев показал, что в Боржомском ущелье, помимо опенка, распространена корневая губка *Fomes annosus* Fr. (Скс.). В Бакуриани в местах выборочных санитарных рубок $\frac{1}{3}$ обследованных пней имела признаки поражения опенком, еще $\frac{1}{3}$ — признаки гнили от корневой губки (рис. 2).

Пораженные корневыми гнилями деревья встречаются повсеместно в обследованных урочищах, хотя обычно их участие не превышает нескольких процентов. Как правило, они расположены единично или небольшими группами.

Исключением служит высокогорный участок Даба дзвели. В связи с его удаленностью механическая поврежденность древостоев здесь относительно невысока (в среднем 20%). Но заселенность лубоедом в

целом очень значительна (в среднем 70%), причем как поврежденных, так и здоровых деревьев. Причиной этого следует считать сильную зараженность ели корневыми гнилями.

П. А. Положенцев и А. Т. Науменко [6], детально исследовав это урочище, выяснили, что пораженность ельника опенком в среднем равна 19%, а в местах усиленной пастьбы скота и низкой полноты древостоев достигает даже 87%. Наши наблюдения подтверждают это, однако здесь вредит также и корневая губка, которая обнаружена на 20% пней срубленных елей, поврежденных лубоедом елей (опенок — на 40% пней).

Изучение литературы показало, что большой еловый лубоед ведет себя сходным образом и в других районах своего огромного ареала (в Подмоскovie, Карпатах, Прибалтике, на Дальнем Востоке, в Словакии, Дании, Нидерландах, ФРГ).

Таким образом, все материалы свидетельствуют, что механические повреждения стволов и корневые гнили способствуют поселению и развитию большого елового лубоеда и, несомненно, появлению очагов массового размножения этого вредителя в еловых лесах Грузинской ССР. Чтобы предупредить распространение механических повреждений деревьев, необходимо принимать соответствующие меры при всех видах выборочных рубок и транспортировке леса, запретить или регламентировать пастьбу скота в лесу, усилить пропаганду охраны леса среди населения. Следует начать углубленное изучение биологии возбудителей корневых гнилей древесных пород в местных условиях для того, чтобы разработать мероприятия по локализации старых и предупреждению новых очагов, особенно в молодых культурах.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. К. В. Еганов. Большой еловый лубоед в лесах Боржомского ущелья. Журн. «Лесное хозяйство» № 1, 1965. [2]. Д. Н. Кобахидзе, Б. В. Мурусидзе, А. Л. Мухашаврия, Т. В. Циргиладзе, Т. Ш. Имнадзе, Т. Г. Ниждарадзе. Материалы по микротопографическому поселению *Dendroctonus micans* Kugel на *Picea orientalis* Link. в условиях Боржомского ущелья (Грузинская ССР). Сообщения АН Грузинской ССР, т. 47, № 2, 1967. [3]. Д. И. Лозовой. Хозяйственно важные виды короедов хвойных (еловых) насаждений Грузии и меры борьбы с ними. Изд-во «Мецниереба», Тбилиси, 1966. [4]. Д. И. Лозовой, И. В. Тропини. Короеды — вредители восточной ели. Сб. «Защита лесных насаждений от вредителей и болезней», ЦНИИТЭИЛеспром, М., 1965. [5]. А. Т. Науменко. Еще раз об оздоровлении ельников Боржомского ущелья. Журн. «Лесное хозяйство» № 1, 1966. [6]. П. А. Положенцев, А. Т. Науменко. Армиллиариоз ели восточной (*Picea orientalis* Carr.) в Боржомских лесах. Сб. «Защита горных лесов от вредителей и болезней» (Тезисы докладов на 1-м республиканском совещании), Ереван, 1965. [7]. Ш. М. Супаташвили. Биологические особенности большого елового лубоеда и меры борьбы с ним в Грузии. Сб. «Защита леса от вредителей и болезней», ЦНИИТЭИЛеспром, М., 1963.

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 539.4.014.1

**ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ГЕРЦА—БЕЛЯЕВА
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАКСИМАЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ
КОНТАКТИРУЮЩЕЙ ПАРЫ КАТОК—КАНАТ
ОТКРЫТОГО ТИПА***Н. М. БЕЛАЯ, И. И. СЛЕПКО*

Львовский лесотехнический институт

На основании теории Герца—Беляева получено выражение для определения максимальных контактных напряжений в центре площадки контакта катка и несущего каната в зависимости от физико-механических характеристик материала обода катка, величины давления, диаметра проволоки и геометрии контактирующих поверхностей.

Несущие канаты подвесных лесотранспортных установок в процессе эксплуатации находятся в сложном напряженном состоянии под действием растягивающих изгибных и контактных напряжений. Величинами и сочетанием этих напряжений определяются сроки службы канатов и их выносливость.

В известных работах о прочности [3], [2] и выносливости [6], [8] несущих канатов вопросы влияния контактных напряжений до настоящего времени не нашли достаточного отражения. Вопросам общей теории контактных напряжений посвящены работы Г. Герца [10], Н. М. Беляева [4], Б. С. Ковальского [7], А. Н. Динника, А. Л. Галина, И. Я. Штаермана и др. Х. Сегаль, В. И. Сухинин и А. П. Ветров исследовали контактные напряжения, возникающие в несущих канатах закрытого и открытого типов при их работе на блоках и барабанах.

Первую попытку применить основные положения теории контактных напряжений к исследованию канатов подвесных лесотранспортных установок предпринял В. Г. Каплун [6]. Однако его выводы основываются на ряде допущений:

- 1) предполагается, что сила давления катка приложена к одной проволоке;
- 2) главный радиус кривизны проволоки в точке контакта принят равным радиусу выточки катка;
- 3) угол φ между плоскостями, содержащими главные радиусы кривизны, принят равным углу γ наклона касательной к оси проволоки в точке контакта к оси каната.

Фактически при соприкосновении катка с канатом открытого типа мы имеем несколько точек контакта; их число зависит от конструкции каната (вида свивки, количества и диаметра проволок в наружном слое пряди и др.). Действительные значения главных радиусов кривизны и угла φ приводятся ниже.

Настоящее исследование посвящено определению максимальных напряжений, возникающих в центре площадки контакта катка и проволоки несущего каната двойной свивки, и установлению зависимости этих напряжений от ряда физических и конструктивных факторов.

При соприкосании проволоки и катка мы имеем контактирующую пару цилиндрических поверхностей. Если нет силы, прижимающей цилиндры друг к другу, они соприкасаются в точке. Примем ее за начало координат, касательную к оси проволоки — за ось Ox , ось Oy перпендикулярна Ox .

Г. Герц показал, что под действием силы P образуется площадка соприкосания, которая представляет собой эллипс с полуосями a и b . На площадке контакта нормальное давление распределяется по закону

$$p = p_0 \sqrt{1 - \frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2}}, \quad (1)$$

где p_0 — давление в центре площадки

$$p_0 = \frac{3}{2} \frac{P}{a \cdot b \cdot \pi}. \quad (2)$$

В общем случае размеры площадки контакта зависят от главных кривизн одной (ρ_{11} , ρ_{12}) и другой (ρ_{21} , ρ_{22}) соприкасающихся поверхностей и от угла φ между плоскостями, содержащими главные кривизны ρ_{11} и ρ_{21} , то есть

$$a = m \sqrt[3]{\frac{3 \cdot k \cdot P}{2\rho}}; \quad (3)$$

$$b = n \sqrt[3]{\frac{3 \cdot k \cdot P}{2\rho}}, \quad (4)$$

где ρ — приведенная кривизна в точке контакта

$$\rho = \rho_{11} + \rho_{12} + \rho_{21} + \rho_{22}; \quad (5)$$

$$\rho_{11} = \frac{2}{D}, \quad (6)$$

D — диаметр катка;

$$\rho_{12} = \frac{1}{r_k}, \quad (7)$$

r_k — радиус выточки канавки катка;

$$\rho_{21} = \frac{2}{\delta}, \quad (8)$$

δ — диаметр проволоки внешнего ряда;

$$\rho_{22} = \frac{1}{R_{22}}, \quad (9)$$

R_{22} — радиус кривизны поверхности проволоки в точке контакта.

Пренебрегая толщиной проволоки, кривизну ее оси можно определить как для прямой пряди [9], то есть

$$R_{22} = \frac{r}{\sin^2 \alpha}, \quad (10)$$

r — радиус окружности центров проволок в поперечном сечении пряди;

α — угол свивки проволок внешнего ряда в прядь, равный 12—15°;

k — коэффициент, зависящий от упругих постоянных материала катка (μ_1 , E_1) и проволоки (μ_2 , E_2)

$$k = \frac{1 - \mu_1^2}{E_1} + \frac{1 - \mu_2^2}{E_2}. \quad (11)$$

Если положить $\mu_1 = \mu_2 = \mu$ и ввести понятие приведенного модуля упругости

$$\frac{1}{E} = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2} \right), \quad (12)$$

то выражение (11) примет вид

$$k = \frac{2(1 - \mu^2)}{E}; \quad (13)$$

m и n — коэффициенты, являющиеся функцией $\cos \Theta$, причем

$$\cos \Theta = \frac{B - A}{B + A}. \quad (14)$$

Величина коэффициентов A и B связана с геометрией тел в точке контакта.

$$2(A + B) = \rho; \quad (15)$$

$$2(B - A) = [(\rho_{11} - \rho_{12})^2 + 2(\rho_{11} - \rho_{12})(\rho_{21} - \rho_{22}) \cos 2\varphi + (\rho_{21} - \rho_{22})^2]^{\frac{1}{2}}; \quad (16)$$

$$\varphi = 90 - \gamma. \quad (17)$$

Приближенно [6] можно принять

$$\gamma = \alpha \pm \beta, \quad (18)$$

β — угол свивки прядей в канат.

Для канатов крестовой свивки записывается знак «минус», поэтому при $\alpha \approx \beta$ $\gamma = 0$. Подставляя значение кривизны в формулы (15), (16) и (14), с учетом уравнения (17) имеем

$$\cos \Theta = \frac{\left[\left(\frac{2}{D} + \frac{1}{r_k} \right)^2 - 2 \left(\frac{2}{D} + \frac{1}{r_k} \right) \left(\frac{2}{\delta} - \frac{1}{R_{22}} \right) \cos 2\gamma + \left(\frac{2}{\delta} - \frac{1}{R_{22}} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}}{\frac{2}{D} - \frac{1}{r_k} - \frac{1}{R_{22}} - \frac{2}{\delta}}. \quad (19)$$

Умножая на $\frac{\delta}{2}$ и вводя упрощающие обозначения ряда величин

$$C_1 = \frac{\delta}{D}; \quad (20)$$

$$C_2 = \frac{\delta}{2r_k}; \quad (21)$$

$$C_3 = \frac{\delta}{2R_{22}}, \quad (22)$$

где C_1 — коэффициент, характеризующий отношение диаметра проволоки к диаметру катка;

C_2 — коэффициент, характеризующий отношение диаметра проволоки к диаметру выточки катка;

C_3 — коэффициент, характеризующий отношение главных радиусов кривизны поверхности проволоки в точке контакта,

получим

$$\rho = \frac{2}{\delta} (1 + C_1 + C_3 - C_2); \quad (23)$$

$$2(B-A) = \frac{2}{\delta} [(1-C_3)^2 - 2(1-C_3)(C_1+C_2) \cdot \cos 2\gamma + (C_1+C_2)^2]^{\frac{1}{2}}; \quad (24)$$

$$\cos \theta = \frac{[(1-C_3)^2 - 2(1-C_3)(C_1+C_2) \cos 2\gamma + (C_1+C_2)^2]^{\frac{1}{2}}}{1+C_1+C_3-C_2}. \quad (25)$$

Подставляя значения (23) и (11) в формулы (3) и (4), имеем

$$a = m \sqrt[3]{\frac{3 \cdot k \cdot P \cdot \delta}{4(1+C_1+C_3-C_2)}}; \quad (26)$$

$$b = n \sqrt[3]{\frac{3 \cdot k \cdot P \cdot \delta}{4(1+C_1+C_3-C_2)}}. \quad (27)$$

Выражение (2) примет вид

$$p_0 = \frac{A_0}{m \cdot n} \sqrt[3]{\frac{P(1+C_1+C_3-C_2)^2}{\delta^2}}, \quad (28)$$

где

$$A_0 = \frac{1}{\pi} \sqrt[3]{\frac{6}{\frac{1-\mu_1^2}{E_1} - \frac{1-\mu_2^2}{E_2}}}. \quad (29)$$

Для $\mu_1 = \mu_2 = 0,3$ с учетом (12), выражение (28) будет иметь вид

$$p_0 = \frac{0,388}{m \cdot n} \sqrt[3]{\frac{P \cdot E^2 (1+C_1+C_3-C_2)^2}{\delta^2}}. \quad (30)$$

Из уравнения (28) следует, что максимальные контактные напряжения, возникающие в центре площадки давления, зависят от упругих постоянных материала обода катка μ_1, E_1 , величины давления P , диаметра проволоки δ и геометрии контактирующих поверхностей.

Значения $m \cdot n = f(\cos \theta)$ с использованием данных [1] приведены в табл. 1.

Таблица 1

cos θ	0	0,2	0,4	0,5	0,7	0,75	0,8	0,9	0,925	0,95	0,975	1
$m \cdot n$	1	1,02	1,04	1,06	1,16	1,2	1,25	1,42	1,51	1,64	1,84	—

Таблица 2

Материал обода катка	Упругие постоянные					A_0
	E_1	μ_1	E_2	μ_2	E	
Сталь	$2 \cdot 10^4$	0,3	$2 \cdot 10^4$	0,3	$2 \cdot 10^4$	286
Чугун	$1,2 \cdot 10^4$	0,26	$2 \cdot 10^4$	0,3	$1,5 \cdot 10^4$	236
Бронза	$1,1 \cdot 10^4$	0,35	$2 \cdot 10^4$	0,3	$1,4 \cdot 10^4$	228
Алюминий	$7 \cdot 10^3$	0,35	$2 \cdot 10^4$	0,3	$1,04 \cdot 10^4$	185
ДСП	$3 \cdot 10^3$	—	$2 \cdot 10^4$	0,3	$5,2 \cdot 10^3$	117
Гетинакс	$1,5 \cdot 10^3$	—	$2 \cdot 10^4$	0,3	$2,8 \cdot 10^3$	77
Текстолит	800	—	$2 \cdot 10^4$	0,3	1540	52
Резина	100	0,47	$2 \cdot 10^4$	0,3	200	15
Древесина твердолиственных пород	80	—	$2 \cdot 10^4$	0,3	160	12
Кожа	10	—	$2 \cdot 10^4$	0,3	20	3

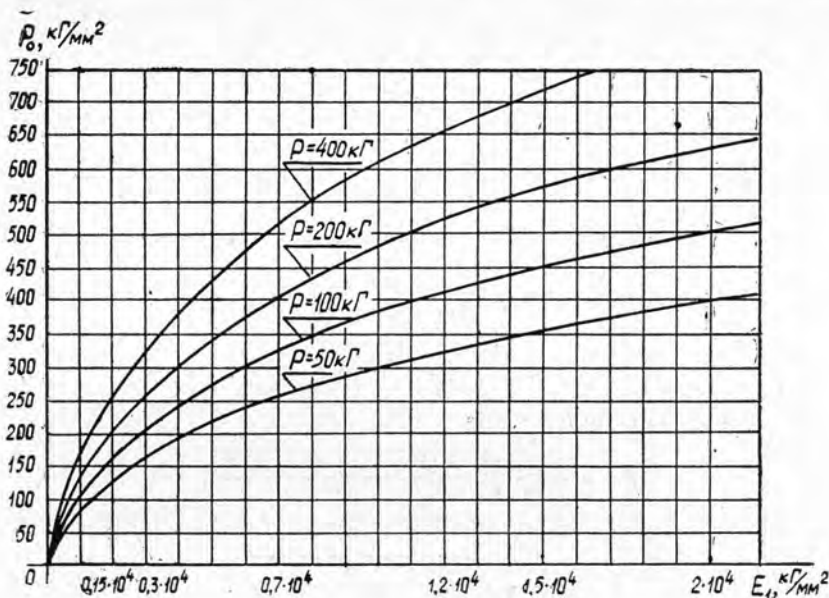


Рис. 1.

Для ободов катков используют материалы, указанные в табл. 2. Подставляя значения μ_1 и E_1 для каждого материала в формулу (29) и принимая $\mu_2 = 0,3$ и $E_2 = 2 \cdot 10^4$ кг/мм², находим значения приведенного модуля упругости E из выражения (12) и коэффициента A_0 .

График зависимости $p_0 = f(E_1)$ для каната крестовой свивки типа ЛК-06x19+10С (ГОСТ 3077-55) диаметром 25 мм для различных значений силы P приведен на рис. 1. Исходные данные: $D = 150$ мм; $r_k = 14$ мм; $\alpha = 13^\circ 30'$; $\beta = 18^\circ 20'$; $\delta = 2$ мм.

Результаты расчетов сведены в табл. 3.

Таблица 3

E_1 , кг/мм ²	p_0 , кг/мм ² , при P , кг			
	50	100	200	400
100	21	26,4	33,3	42
800	72,5	91,5	115	145
$1,5 \cdot 10^3$	107	135	170	214
$3 \cdot 10^3$	163	206	260	327
$7 \cdot 10^3$	258	325	410	515
$1,2 \cdot 10^4$	330	415	525	658
$2 \cdot 10^4$	399	503	635	799

Величина силы P , действующей в точке контакта, зависит от числа катков каретки, конструкции каната и веса груза и определяется по формуле

$$P = \frac{Q}{n_1 \cdot n_2}, \quad (31)$$

где Q — вес пачки бревен с кареткой;

n_1 — число катков каретки;

n_2 — число проволок, одновременно касающихся катка, которое зависит от конструкции каната и устанавливается экспериментально.

Таблица 4

ГОСТ	Конструкция	Диаметр каната, мм	δ , мм	α	Разрывное усилие, Т
3069—55	$6 \times 7 + 10C$	24,5	2,6	12°	31,7
3077—55	$6 \times 19 + 10C$	25	2	$13^\circ 20'$	33,1
3078—55	$6 \times 27 + 10C$	24	1,8	$13^\circ 50'$	30,35
3079—55	$6 \times 37 + 10C$	24,5	1,3	15°	31,1

График $p_0 = f(P)$ построен для канатов, применяемых на подвесных лесотранспортных установках, характеристика которых приведена в табл. 4.

Расчетное разрывное усилие в канате принято равным 31 Т.

Диаметр катка $D = 150$ мм; радиус выточки, по рекомендации А. И. Дукельского [5], $r_k = 14$ мм; материал катка — сталь Ст. 5. Определяем значение коэффициентов C_1, C_2, C_3 и данные сводим в табл. 5. Значение $\cos \theta$ определяем при допущении, что $\gamma = 0$, то есть

$$\cos \theta = \frac{1 - C_1 - C_2 - C_3}{1 + C_1 + C_2 + C_3} \quad (32)$$

и записываем в табл. 5. Произведение коэффициентов $m \cdot n$ находим из графика $m \cdot n = f(\cos \theta)$ — рис. 1.

Таблица 5

ГОСТ	C_1	C_2	C_3	$1 + C_1 + C_3 - C_2$	$\cos \theta$	$m \cdot n$
3069—55	0,0173	0,093	0,0206	0,9451	0,921	1,50
3077—55	0,0133	0,0715	0,0172	0,959	0,936	1,56
3078—55	0,012	0,0643	0,017	0,9747	0,932	1,53
3079—55	0,0087	0,0463	0,013	0,9754	0,955	1,675

Подставляя значения величин в уравнение (28) и имея в виду, что $A_0 = 286$, находим p_0 . Результаты расчета представлены в табл. 6.

Таблица 6

P , кг	p_0 , кг/мм ² , при δ , мм			
	2,6	2	1,8	1,3
25	284	317	360	417
50	358	399	455	526
100	451	503	572	662
200	569	635	722	835
250	612	682	775	898

Проведенные исследования позволяют более обоснованно подойти к определению влияния контактных напряжений на выносливость несущих канатов подвесных лесотранспортных установок.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Р. Д. Бейзельман, Б. В. Ципкин, Л. Я. Перель. Подшипники качения. Справочник, Машгиз, М., 1967. [2]. Н. М. Белая. Исследование работы несущих канатов. Сб. «Стальные канаты», вып. 2, изд-во «Техника», Киев, 1965. [3]. Н. М. Белая. Основы расчета несущих канатов. Сб. «Стальные канаты», вып. 2, изд-во «Техника», Киев, 1965. [4]. Н. М. Беляев. Труды по теории упругости и пластичности.

Физматгиз, М., 1957. [5]. А. И. Дукельский. Подвесные канатные дороги и канатные краны. Изд-во «Машиностроение», М.—Л., 1966. [6]. В. Г. Каплун. Исследование долговечности несущих канатов подвесных лесотранспортных установок. Автореферат диссертации. ЛОЛПИ, Львов, 1968. [7]. Б. С. Ковальский. Расчет деталей на местное сжатие. Изд-во ХВКИУ, Харьков, 1967. [8]. А. Г. Прохоренко. Напряжения изгиба в несущих канатах открытого типа. Сб. «Стальные канаты», вып. 4, изд-во «Техника», Киев, 1967. [9]. С. Т. Сергеев. Надежность и долговечность подъемных канатов. Изд-во «Техника», Киев, 1968. [10]. Н. Hertz. Druckkräfte in einem Kreiszyylinder. Gesammelte Werke, I, 1895.

УДК 625.2

К ВОПРОСУ ОБОСНОВАНИЯ ОБОБЩЕННЫХ РАСЧЕТНЫХ СХЕМ КОЛЕБАНИЙ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ И ЛЕСОТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

А. В. ЖУКОВ

Белорусский технологический институт

В результате анализа применяемых на лесозаготовках машин выбраны наиболее типичные, объединяющие, в свою очередь, наиболее близкие виды. Приведенная схема может быть использована при проектных работах, связанных с исследованиями колебаний лесных машин.

Операции по заготовке леса обычно связаны с различными по характеру перемещениями хлыстов, деревьев и пакетов. Однако во всех случаях из-за гибкости хлыстов, а также неизбежности действия внешних возмущающих сил перемещения деревьев сопровождаются колебаниями их масс. Характер колебаний упруго соединенных масс зависит от особенностей операций, в процессе которых деревья взаимодействуют через рабочие органы с заготовительной, погрузочной или транспортной машиной, с ее механизмами и узлами.

Например, при повале дерева на машину характер перемещения его зависит не только от колебательных параметров и внешних сил, но и от свойств самой машины, ее массы, конструкции, качества и типа подвески осей. Это же можно сказать и о других операциях.

На колебания систем значительно влияют особенности соединения, размещения и связи деревьев с машиной [6], встречающиеся при выполнении одной и той же операции; например, при трелевке — повал на одну или две опоры, при транспортировании — на тягаче и прицепе-роспуске, целиком на машине (поперек или вдоль ее продольной оси), при бесчokerной трелевке — комбинированное перемещение подвешенных за один конец деревьев и одновременная погрузка их на трактор и т. д.

На рис. 1 показаны наиболее часто встречающиеся в практике лесозаготовок схемы перемещения хлыстов при различном размещении на машине или соединении с рабочими органами. Для всех приведенных динамических систем общей является способность совершать колебания в зависимости от способа соединения хлыстов с машиной и их размещения.

При разработке расчетных схем приняты следующие основные допущения [1], [7].

1. Массы системы соединены упругими элементами (рессоры, шины, деревья и др.), имеющими линейные характеристики.

2. Неподдресоренные массы лесотранспортных систем (оси колес) не учтены.

3. Распределенная масса пакета хлыстов заменяется тремя дискретными массами.

К выбору допущений при составлении расчетных схем не следует подходить шаблонно. Необходимо, на основании уже сделанных исследований, выделить основные звенья динамического процесса, излишне не усложняя задачу, однако и не забывая о точности конечных результатов. Перечисленные допущения приемлемы для большинства типов рассматриваемых машин, что подтверждено исследованиями В. И. Мельникова, Б. Г. Гастева, Р. В. Ротенберга, Н. А. Взятышева и др.

К I варианту относятся транспортные системы типа лесовозного автопоезда. Расчетная схема, соответствующая колебаниям лесовозного автопоезда в продольной вертикальной плоскости, разработана Б. Г. Гастевым [1]. К точке O_1 приведены масса автомобиля и дискретная масса пакета деревьев m_1 . В точках O_2 и O_3 сосредоточены две другие дискретные массы: пакета m_2 , прицепа m_3 и прицепа.

Подвеска автомобиля и прицепа-ропуски независимо от числа осей заменена условной подвеской с приведенными характеристиками жесткости $c_{пр}$ и демпфирования $k_{пр}$. Система в продольной плоскости имеет три степени свободы, характеризующиеся обобщенными координатами z_1 , z_2 и z_3 . Колебания автопоезда в поперечной плоскости, вследствие симметрии системы относительно продольной вертикальной плоскости, проходящей через центр ее тяжести, можем считать не связанными с вертикальными и продольно-угловыми и рассматривать отдельно [1], [7].

В работах Б. Г. Гастева, В. И. Мельникова и др. факторы, влияющие на угол поперечного крена автопоезда, исследованы недостаточно. В частности, не рассматривается вопрос взаимного влияния на угол крена тягача прицепа-ропуски и пакета хлыстов при скручивании.

Наши исследования показали, что учет упругости хлыстов при скручивании и поперечных перемещений прицепа-ропуски значительно повышает точность расчетов. Рассматриваемая система в поперечной вертикальной плоскости имеет две степени свободы: поперечное отклонение тягача — угол γ и прицепа — угол φ .

Расчетная схема, соответствующая I варианту таблицы, может быть использована при исследовании колебаний большинства типов лесовозных автомобильных поездов и других типов транспортных систем.

Частным случаем этой расчетной схемы является II вариант (рис. 1) — трелевочный трактор, перемещающий хлысты в полупогруженном положении. В отличие от варианта I данная система имеет в продольной плоскости две степени свободы, соответствующие перемещениям z_1 и z_2 , а в поперечной — одну (угловое перемещение γ).

При трелевке полупогруженных хлыстов колебания системы в продольной плоскости описываются двумя дифференциальными уравнениями (вместо трех для варианта I), вследствие равенства нулю перемещения z_3 . При изучении колебаний в поперечной плоскости остается только одно уравнение, содержащее обобщенную координату γ .

В случае трелевки полуподвешенных хлыстов, что соответствует варианту III, колебания в поперечной плоскости носят более сложный характер. Подвешенный за один конец пакет хлыстов имеет дополнительную степень свободы (координата β), совершает колебания относительно точки подвеса O и одновременно оси крена A системы, наподобие двойного маятника.

Исследования [2] поперечной устойчивости в вариантах II и III показывают существенное различие реакции системы на одинаковое воздействие от пути.

В варианте III при поперечных кренах системы, вызванных свободным раскачиванием подвешенного пакета, заметного закручивания не будет. Колебания рассматриваемой системы в продольной плоскости аналогичны варианту II, то есть являются частным случаем варианта I, так как сильного раскачивания пакета в продольной плоскости вокруг точки подвеса O_1 не происходит.

К машинам IV варианта можно отнести системы, транспортирующие хлысты в полностью погруженном состоянии. Пакет расположен вдоль продольной оси машины, и величина свисания переднего и заднего концов пакета достаточно велика по сравнению с расстоянием между опорами. Данные системы следует отличать от систем с размещением деревьев на опорах, значительно отдаленных друг от друга, как, например, на лесовозном автопоезде (вариант I).

Рассмотрим колебания системы в продольной вертикальной плоскости. Без особого ущерба для точности результатов исследований [8] подвеска может быть принята полужесткой. Система имеет три степени свободы: угловое перемещение корпуса машины α и вертикальные перемещения свисающих концов пакета z_1 и z_3 . В поперечной плоскости данная система имеет также три степени свободы, характеризующиеся обобщенными координатами γ , y_1 и y_3 .

Кроме указанного случая, к варианту IV колебательной системы легко могут быть приведены расчетные схемы, соответствующие колебаниям машины при повале дерева на себя на две опоры. Сюда же можно отнести машины, рабочие органы которых сопровождают дерево при повале с укладкой на себя («Дятел-2»), случаи погрузки на подвижной состав хлыстов с захватом их близко к середине и др.

Широко используются также машины с поперечным размещением пакета, например, челюстные погрузчики. Данный тип систем относится к V варианту. Расчетная схема, соответствующая поперечно-угловым колебаниям данной системы, аналогична расчетной схеме IV варианта для колебаний в продольной вертикальной плоскости. Колебания в поперечной плоскости имеют свои особенности.

Если при оценке динамики машин с продольным расположением пакета хлыстов (вариант I) принимается во внимание характер его изгиба или кручения, то для варианта V следует учитывать колебания свисающих концов пакета. Их интенсивность зависит от конструктивных параметров машины и других факторов. Проведенные нами с помощью ЭЦВМ исследования подтверждают необходимость учета своеобразности колебания пакета хлыстов при значительном свисании их концов независимо от типа машины и расположения продольной оси стволов относительно оси машины.

В настоящее время имеется множество разнообразных грузоподъемных машин, осуществляющих операции с деревьями или пакетами. Они имеют грузоподъемные устройства (манипуляторы) со значительным вылетом грузоподъемного элемента. Расчетная схема наиболее распространенных таких машин соответствует VI варианту таблицы.

Подвеска машины условно принимается полужесткой. Подвешенный в точке O_1 хлыст опирается вторым концом на землю (точка O_2).

Под действием нагрузки рассматриваемая упругая система совершает сложные колебания. Учитывая принятые допущения, а также считая стрелу жесткой, число степеней свободы указанной системы можно значительно ограничить.

При колебаниях в поперечной плоскости система имеет три степени свободы: поперечное угловое перемещение корпуса машины (угол φ), вертикальное перемещение масс m_1 и m_2 полуподвешенного груза (один или несколько хлыстов).

При колебаниях в продольной вертикальной плоскости также имеют три степени свободы, которые описываются тремя обобщенными координатами z , x_1 , x_2 .

Таким образом, при изучении динамики большинства типов лесозаготовительных и лесотранспортных машин расчетная схема ее колебаний в продольной или поперечной плоскостях может быть приведена к одному из шести вариантов, показанных на рисунке.

Исследования ([1]—[5], [8] и др.) указывают на приемлемость выбранных схем при достаточной точности конечных результатов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Б. Г. Гастев, В. И. Мельников. Основы динамики лесовозного подвижного состава. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1967. [2]. А. В. Жуков. К вопросу о поперечной устойчивости механизмов на трелевке леса. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1969. [3]. А. В. Жуков. Исследование динамики лесотранспортных систем с учетом колебаний свисающих концов пакета хлыстов. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 6, 1971. [4]. А. В. Жуков. О динамической устойчивости лесозаготовительных самоходно-погрузочных машин. Журн. «Тракторы и сельхозмашины» № 5, 1972. [5]. А. В. Жуков, О. Ф. Резников. Влияние гибкого скручивания пакета хлыстов на поперечную устойчивость лесовозного автопоезда. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1971. [6]. С. Ф. Орлов. Теория и применение агрегатных машин на лесозаготовках. Гослесбумиздат, 1963. [7]. Р. В. Ротенберг. Подвеска автомобиля и его колебания. Машгиз, 1960. [8]. С. П. Тимошенко. Колебания в инженерном деле. Физматгиз, 1959.

Поступила 9 октября 1972 г.

УДК 634.0.378.33

ОБ ОПТИМАЛЬНОМ РЕЖИМЕ ТОРМОЖЕНИЯ ПЛОТОВ ПРИ ОСТАНОВКАХ В ПУНКТАХ ПРИБЫТИЯ

К. А. ЧЕКАЛКИН

Архангельский лесотехнический институт

Предложен метод определения тормозного пути, скорости и ускорения плота при заданной тормозной силе в функции от времени торможения. Излагается также метод расчета сил в системе тормозное устройство — плот при остановке. Режим торможения, при котором тормозная сила равна прочности продольных такелажных связей плота, назван оптимальным. При этом режиме имеют место минимальные значения тормозного пути и обеспечивается безаварийная остановка плота.

В известных исследованиях процессов остановки плотов [1], [3], [8], [9], [11]—[13] рассматриваются преимущественно их инерционные характеристики: длительность торможения и тормозной путь на различных этапах остановки. Оценка и анализ сил, возникающих в системе тормозное устройство — плот в процессе остановки, в известной нам литературе отсутствуют, хотя представляют несомненный теоретический и практический интерес.

Сечения такелажных связей, как известно, назначаются из условий их прочности при равномерном движении плота в процессе буксировки [2]—[4]. Определяющий фактор при этом — сила тяги на гаке теплохода-буксировщика. В. Н. Худоногов [7] пытался анализировать силы, возникающие в такелажных креплениях плота при остановке его прижимом к берегу, а также при стоянке плотов на рейдах, но методики и результаты этих исследований не опубликованы. Между тем в такелажных элементах плота при остановке могут появиться напряжения,

значительно превосходящие те, которые способен вызвать теплоход-буксировщик. Следовательно, при назначении количества и сечений такелажных связей плота надо предусматривать усилия, которые могут возникнуть при остановке, заранее учитывая экстремальные гидрологические условия в пунктах прибытия. Разработка методики расчета усилий в системе тормоз — плот при остановке является целью настоящей работы.

Силы, возникающие при остановке в системе тормозное устройство — плот, по природе делятся на инерционные, от влечения плота потоком, от уклона реки и от влечения плота ветром. Силы инерционные и от влечения плота потоком в процессе торможения не остаются постоянными, силы влечения плота от уклона постоянны.

Поскольку тормозные устройства должны рассчитываться на скорости речного потока в пунктах остановки редкой повторяемости, то мы [10] считаем, что ветровую нагрузку не нужно принимать во внимание.

Предположим, что торможение плота осуществляется от начала и до конца постоянной силой F^* . Предположим далее, что с помощью специальной системы соединения тормозных канатов с плотом тормозная сила передается как на бортовые, так и на внутренние продольные такелажные элементы плота и, таким образом, при торможении используется вся несущая способность продольных такелажных связей плота.

Режим торможения, при котором тормозная сила F равна продольной прочности плота, назовем оптимальным. При таком режиме длительность торможения и тормозной путь минимальны и, вместе с тем, гарантирована безаварийная остановка плота.

Как известно [8], процесс остановки плота описывается уравнением

$$M_{01} \frac{dv}{dt} = \mp r_1 (v - v_{p1})^2 + R_i - F, \quad (1)$$

где M_{01} — действующая масса плота;

$\frac{dv}{dt}$ — ускорение;

r_1 — приведенное сопротивление воды движению плота;

v — техническая скорость движения плота (скорость относительно берега);

v_{p1} — поверхностная скорость течения в реке на линии движения плота при остановке;

R_i — сила влечения плота от уклона;

F — тормозная сила.

Действующая масса плота

$$M_{01} = M_1 (1 + n_1),$$

где M_1 — масса древесины в плоту;

n_1 — коэффициент, учитывающий совокупное влияние присоединенных масс и нестационарности процесса на процесс остановки.

Как показали исследования [6], коэффициент n_1 в общем случае величина переменная и зависит от формы погруженной части плота и отношения мгновенных скоростей обтекания его потоком к начальной скорости. Однако в целях упрощения анализа примем данный коэффициент постоянным (обозначение n) и равным осредненному значению n_1 на всем пути торможения. Подобное допущение, разумеется, вносит

* Постоянство тормозной силы может быть реализовано при торможении плота специальным судном-остановщиком [9], а также при применении фрикционного устройства конструкции АЛТИ [5].

некоторые погрешности в конечный результат решения уравнения (1), однако, как будет показано далее, они для практики мало существенны. Таким образом,

$$M_{01} = M_1 (1 + n) = \text{const.}$$

Знак перед первым слагаемым правой части уравнения (1) на первой стадии остановки ($v > v_{p1}$) отрицателен, на второй ($v < v_{p1}$) — положителен.

Сумму постоянных величин R_i и F обозначим P и, имея в виду $|F| > |R_i|$, получим

$$M_{01} \frac{dv}{dt} = \mp r_1 (v - v_{p1})^2 - P. \quad (2)$$

Рассмотрим первый этап остановки, когда скорость движения плота изменяется от $v = v_n$ до $v = v_p$, где v_n — скорость подхода плота к пункту остановки, определяемая по методике автора [11].

Разделив переменные и проинтегрировав уравнение (2), получим

$$t = - \frac{M_{01}}{\sqrt{r_1 P}} \operatorname{arctg} \frac{r_1 (v - v_{p1})}{\sqrt{r_1 P}} + C_1.$$

При $t = 0$ $v = v_n$, поэтому

$$C_1 = \frac{M_{01}}{\sqrt{r_1 P}} \operatorname{arctg} \frac{r_1 (v_n - v_{p1})}{\sqrt{r_1 P}},$$

тогда

$$t = \frac{M_{01}}{\sqrt{r_1 P}} \left[\operatorname{arctg} \sqrt{\frac{r_1}{P}} (v_n - v_{p1}) - \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{r_1}{P}} (v - v_{p1}) \right]. \quad (3)$$

Для конкретного плота и конкретных условий остановки первый член выражения в квадратных скобках — величина постоянная

$$K_1 = \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{r_1}{P}} (v_n - v_{p1}). \quad (4)$$

Следовательно,

$$t = \frac{M_{01}}{\sqrt{r_1 P}} \left[K_1 - \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{r_1}{P}} (v - v_{p1}) \right]. \quad (3a)$$

Отсюда длительность первого этапа остановки

$$t_1 = \frac{M_{01}}{\sqrt{r_1 P}} \cdot K_1, \quad (5)$$

что совпадает с формулой, полученной нами ранее [8], [9].

Определим из уравнения (3a) переменную скорость движения плота v

$$v = v_{p1} + \sqrt{\frac{P}{r_1}} \operatorname{tg} \left(K_1 - \frac{\sqrt{r_1 P}}{M_{01}} \cdot t \right). \quad (6)$$

Тогда ускорение движения плота

$$\frac{dv}{dt} = - \frac{P}{M_{01}} \sec^2 \left(K_1 - \frac{\sqrt{r_1 P}}{M_{01}} \cdot t \right). \quad (7)$$

Согласно выражению (6) зависимость тормозного пути от времени

$$S = \int v \cdot dt = v_{p1} \int dt + \sqrt{\frac{P}{r_1}} \int \operatorname{tg} \left(K_1 - \frac{\sqrt{r_1 P}}{M_{01}} \cdot t \right) dt.$$

После интегрирования

$$S = v_{p1}t - \frac{M_{01}}{r_1} \left[-\ln \cos \left(K_1 - \frac{V_{r_1 P}}{M_{01}} \cdot t \right) \right] + C_2.$$

При $t = 0$ $s = 0$, поэтому

$$C_2 = \frac{M_{01}}{r_1} (-\ln \cos K_1).$$

С учетом этого, окончательно

$$S = v_{p1} \cdot t - \frac{M_{01}}{r_1} \ln \frac{\cos K_1}{\cos \left(K_1 - \frac{V_{r_1 P}}{M_{01}} \cdot t \right)}. \quad (8)$$

Для определения полного тормозного пути на первом этапе остановки надо в формулу (8) подставить значение t_1 по уравнению (5).

Усилия в канате, связывающем тормозное устройство с плотом, а следовательно, и такелажных элементах плота для различных моментов времени первого этапа остановки от нуля до t_1 могут быть вычислены с использованием уравнения (2)

$$F = -M_{01} \frac{dv}{dt} - r_1 (v - v_{p1})^2 + R_i. \quad (9)$$

Решать выражение (9) следует с учетом знака ускорения.

На втором этапе остановки скорость плота уменьшается от v_{p1} до нуля.

Из уравнения (2) для этого этапа после разделения переменных и интегрирования получаем

$$t = \frac{M_{01}}{V_{r_1 P}} \operatorname{Arth} \sqrt{\frac{r_1}{P}} (v_{p1} - v) + C_3.$$

При $t = 0$ (отсчет времени здесь ведется снова от начала этапа) $v = v_{p1}$, и поэтому $C_3 = 0$. Таким образом

$$t = \frac{M_{01}}{V_{r_1 P}} \operatorname{Arth} \sqrt{\frac{r_1}{P}} (v_{p1} - v). \quad (10)$$

В конце остановки $v = 0$, поэтому длительность второго этапа остановки

$$t_2 = \frac{M_{01}}{V_{r_1 P}} \operatorname{Arth} \sqrt{\frac{r_1}{P}} v_{p1}, \quad (10a)$$

что известно из наших работ [8], [9].

Решив выражение (10) относительно скорости плота, получим

$$v = v_{p1} - \sqrt{\frac{P}{r_1}} \operatorname{th} \frac{V_{r_1 P}}{M_{01}} \cdot t. \quad (11)$$

Взяв производную от скорости по времени, будем иметь формулу для расчета ускорения плота на втором этапе

$$\frac{dv}{dt} = -\frac{P}{M_{01}} \operatorname{sch}^2 \frac{V_{r_1 P}}{M_{01}} \cdot t. \quad (12)$$

Зависимость тормозного пути от времени

$$S = v_{p1} \int dt - \sqrt{\frac{P}{r_1}} \int \operatorname{th} \frac{V_{r_1 P}}{M_{01}} \cdot t dt,$$

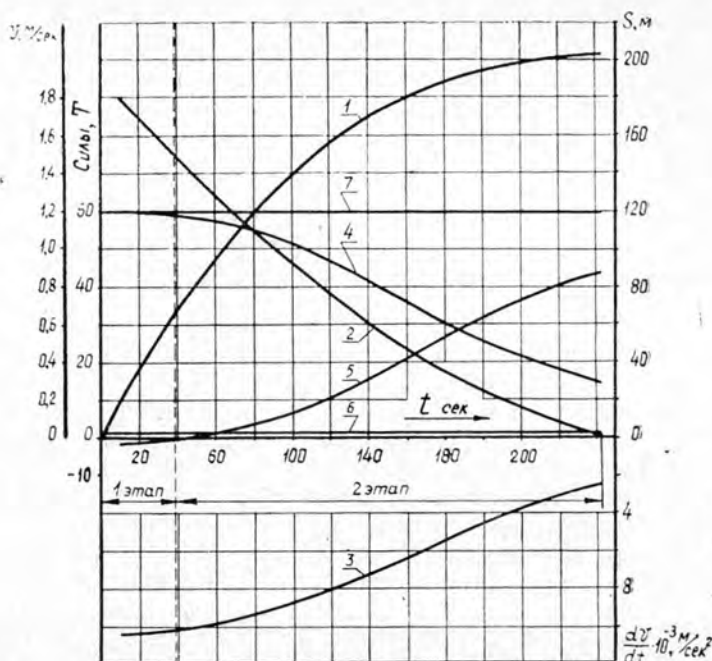


Рис. 1.

- 1 — $S = f_1(t)$; 2 — $v = f_2(t)$; 3 — $\frac{dv}{dt} = f_3(t)$; 4 — $M_{01} \frac{dv}{dt} = f_4(t)$;
 5 — $r_1(v - v_{p1})^2 = f_5(t)$; 6 — $R_i = f_6(t)$; 7 — сумма всех сил.

или

$$S = v_{p1}t - \frac{M_{01}}{r_1} \ln \operatorname{ch} \frac{V \sqrt{r_1 P}}{M_{01}} \cdot t + C_4.$$

При $t = 0$ $S = 0$, поэтому очевидно, что $C_4 = 0$; тогда окончательно

$$S = v_{p1}t - \frac{M_{01}}{r_1} \ln \operatorname{ch} \frac{V \sqrt{r_1 P}}{M_{01}} \cdot t. \quad (13)$$

Из уравнения (2) следует, что для второго этапа остановки

$$F = -M_{01} \cdot \frac{dv}{dt} + r_1(v_p - v)^2 + R_i. \quad (14)$$

Решать последнее выражение следует снова с учетом знака ускорения.

Для примера на рис. 1 приводим кривые зависимости от времени тормозных расстояний, скорости, ускорения плота и составляющих сил в канате, соединяющем тормозное устройство с плотом*. Расчеты выполнены для плота габаритами $L \times B \times T = 415 \times 80 \times 1,8$ м, (плот, буксируемый по р. Северная Двина) при скорости реки в пункте остановки $v_{p1} = 1,5$ м/сек и скорости подхода $v_n = 1,9$ м/сек. Тормозная сила для этого случая принята равной продольной прочности плота в 60 т; $r_1 = 19,42 \cdot 10^3 \frac{\text{кг} \cdot \text{сек}^2}{\text{м}^2}$; $M_{01} = 5,72 \cdot 10^6 \frac{\text{кг} \cdot \text{сек}^2}{\text{м}}$.

* Вычисления к графикам выполнены Г. Я. Суровым.

Из графиков видно, что при торможении плота на оптимальном режиме общая длительность остановки составляет 263 сек, а суммарный тормозной путь — 204 м. Вычисленные инерционные характеристики плота следует считать минимальными, так как их дальнейшее уменьшение (за счет повышения величины тормозной силы) может вызвать разрыв такелажных креплений.

Инерционная составляющая усилий $M_{01} \frac{dv}{dt}$ изменяется от максимума в начале торможения до минимума в его конце, в то время как член $r_1 (v - v_{p1})^2$ возрастает от отрицательных значений на первом этапе остановки до максимума в конце. Сумма трех составляющих сил — постоянной R_i и переменных $M_{01} \frac{dv}{dt}$ и $r_1 (v - v_p)^2$ — остается все время постоянной и не превосходит продольной прочности плота.

Возьмемся теперь к вопросу о размерах ошибок в определении составляющих силы торможения, связанных с допущением о постоянстве действующей массы плота M_{01} . О размерах ошибок, вносимых в расчет, можно судить, сравнив расчетные ускорения плота с опытными. Воспользуемся для этого опытами по торможению моделей плотов, результаты которых изложены ранее [6].

При отсутствии течения и постоянстве действующей массы будем иметь следующие формулы для расчета скорости, ускорения и пути плота:

$$v = \sqrt{\frac{P}{r_1}} \operatorname{tg} \left(K - \frac{\sqrt{Pr_1}}{M_{01}} \cdot t \right); \quad (15)$$

$$\frac{dv}{dt} = - \frac{P}{M_{01}} \sec^2 \left(K - \frac{\sqrt{Pr_1}}{M_{01}} \cdot t \right); \quad (16)$$

$$S = \frac{M_{01}}{r_1} \ln \frac{\cos \left(K - \frac{\sqrt{Pr_1}}{M_{01}} \cdot t \right)}{\cos K}, \quad (17)$$

где

$$K = \operatorname{arctg} v_T \sqrt{\frac{r_1}{P}}. \quad (18)$$

В последней формуле v_T — скорость плота перед началом торможения.

Отклонения ускорений модели плота, вычисленных по формуле (16), от фактически замеренных для различных моментов тормозного времени приведены в табл. 1. При испытании одну и ту же модель пять раз разгоняли до одинаковой начальной скорости, а затем тормозили

Таблица 1

№ опыта	Осредненное значение коэффициента n	Отклонение расчетного ускорения от ускорения из опыта, %, в моменты времени, сек от начала торможения							
		1	2	3	5	10	15	20	25
1	0,595	+6,01	+5,49	+4,53	+1,69	-3,12	-7,13	-0,59	+ 8,39
2	0,642	-6,40	+0,27	-3,06	-1,46	-1,76	+0,07	+7,45	+25,00
3	0,631	-3,93	-1,61	-0,85	-1,07	-1,29	+0,56	+7,46	+19,53
4	0,669	+3,54	-0,59	-2,69	-4,80	-7,25	-3,03	+8,93	+17,70
5	0,686	+3,07	+1,10	-1,13	-4,13	-7,22	-4,29	+5,70	+26,10

одинаковым и постоянным по величине грузом. Общая длительность торможения колебалась от 25 до 27 сек.

При пользовании формулой (16) действующую массу модели принимали постоянной с поправочным коэффициентом n , вычисленным отдельно для каждого опыта. Данные таблицы указывают на хорошую сходимости ускорений; лишь в конце торможения расчетное ускорение заметно выше опытного. Но поскольку их абсолютные значения в обоих случаях невелики, то это расхождение не вносит сколько-нибудь ощутимых ошибок в результаты расчетов сил. Ошибка в определении ускорения в конце торможения на 25% влечет за собой ошибку в расчете инерционной силы в размере 6% от общей тормозной силы.

Таким образом, правомерен вывод о том, что предложенный метод расчета скоростей и ускорений плотов при остановках, а также тормозных расстояний и составляющих сил в системе тормозное устройство — плот может быть использован при проектировании тормозных устройств.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. И. Г. Борисов, М. Г. Видонов. Управляемость буксируемого плота. Изд-во «Речной транспорт», М., 1957. [2]. С. А. Владимиров. Расчет максимальных продольных и поперечных сил, действующих на секционный плот при буксировке. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 6, 1962. [3]. А. А. Гоник. Плотовой сплав леса. Гослесбуиздат, М., 1951. [4]. В. И. Кузьмин, В. Ф. Митин. Рационализация перевозок лесных грузов речным транспортом. Изд-во «Транспорт», М., 1971. [5]. Л. В. Мельников, К. А. Чекалкин. Расчет фрикционного тормоза для остановки плота. Труды АЛТИ, сб. 33, Архангельск, 1972. [6]. А. А. Митрофанов, К. А. Чекалкин. Результаты исследования неустановившегося поступательного движения плотов на моделях. Труды АЛТИ, сб. 33, Архангельск, 1972. [7]. В. Н. Худогов. Гидродинамическое взаимодействие плотов и внешней среды. Красноярское книжное изд-во, 1966. [8]. К. А. Чекалкин. К теории расчетов средств остановки плотов. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 1963. [9]. К. А. Чекалкин. Об остановке плотов в пунктах прибытия. Журн. «Лесная промышленность» № 3, 1963. [10]. К. А. Чекалкин. К вопросу об определении нагрузок на наплавные сооружения. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1967. [11]. К. А. Чекалкин. Теоретические предпосылки к расчету остановки плотов на рейдах приплава гидродинамическим торможением. Изд. АЛТИ, Архангельск, 1971. [12]. Г. М. Черкасов. К теории движения буксируемых плотов. Татгосиздат, Казань, 1949.

Поступила 12 апреля 1972 г.

УДК 634.0.361.7

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ КИНЕМАТИКИ РОТОРНЫХ ОКОРОЧНЫХ СТАНКОВ

А. А. ДОБРАЧЕВ

Уральский лесотехнический институт

Рассмотрены особенности кинематики процесса самозахода короснимателей, даны основные кинематические соотношения рабочих органов роторных станков. Предложена методика аналитического определения усилий, действующих на коросниматели, даны рекомендации по снижению величины динамических нагрузок. Материалы статьи могут быть использованы при проектировании роторных окорочных станков.

Одна из особенностей роторных окорочных станков — процесс самозахода короснимателей на поверхность окориваемого бревна. Кратковременность этого процесса дает основание предполагать наличие значительных динамических нагрузок, вызывающих преждевременный износ и разрушение механизмов рабочих органов. В предлагаемой работе сделана попытка аналитически определить усилия, действующие

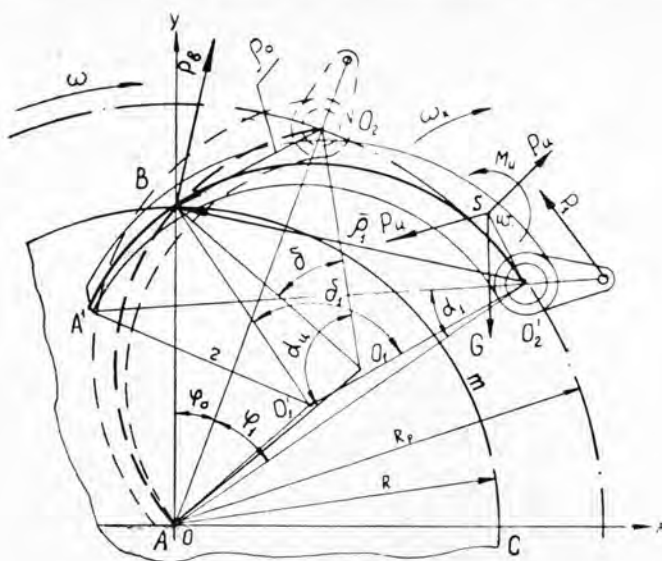


Рис. 1. Схема процесса самозахода короснимателя.

на коросниматели в момент их саморазведения и выявить кинематические соотношения рабочих органов роторных окорочных станков.

При поступлении бревна в ротор осуществляется саморазведение короснимателей при помощи кромок самозахода, выступающих на корпусе короснимателей навстречу подаваемому бревну и имеющих очертания дуги окружности. На схеме (рис. 1) поверхность окориваемого бревна радиуса R изображена дугой BmC ; положение короснимателя в момент его трогания с места обозначено дугой кромки самозахода O_2BA радиуса r , условно доведенной до центра вращения ротора O из оси качания короснимателя O_2 . При повороте ротора на некоторый угол φ_1 ось качания переместится в точку O_2' и коросниматель займет положение $O_2'BA'$, отклонившись от начального на некоторый угол $A'O_2'O = \alpha_1$ и находясь в постоянном контакте с бревном в точке B . Сложное абсолютное движение короснимателя состоит из относительного — поворота его вокруг оси качания и переносного — вращения вместе с ротором.

На коросниматель при самозаходе действуют силы (рис. 1):

- P_1 — усилие прижима короснимателя пружиной;
- P_n — центробежная сила, возникающая при вращении рабочего органа вместе с ротором и соответствующая нормальному ускорению переносного движения;
- $P_{и}$ — инерционная сила, возникающая при повороте короснимателя вокруг оси качания и соответствующая касательному ускорению относительного движения;
- M_n — инерционный момент относительно центра тяжести рабочего органа;
- G — вес механизма рабочего органа, приложенный в центре его тяжести;
- P_b — усилие выхода, являющееся реакцией бревна на коросниматель и обеспечивающее поворот рабочего органа вокруг оси качания.

Усилие выхода определится из условия равенства моментов всех сил относительно оси качания

$$P_{\text{в}} = \frac{P_1 l_1 + P_{\text{н}} l_{\text{с}} + M_{\text{и}} + P_{\text{и}} l_{\text{и}} \pm G l_{\text{д}}}{\rho}, \quad (1)$$

где ρ , l_1 , $l_{\text{с}}$, $l_{\text{д}}$ и $l_{\text{и}}$ — плечи приложения сил соответственно $P_{\text{в}}$, P_1 , $P_{\text{н}}$, G и $P_{\text{и}}$; их величина зависит от угла поворота короснимателя α .

Обозначим: $M_1 = P_1 l_1$ — момент от действия силы прижима;

$M_{\text{и}} = P_{\text{и}} l_{\text{и}}$ — момент от действия центробежной силы;

$M_0 = P_{\text{н}} l_{\text{с}} + M_{\text{и}}$ — сумма моментов центробежной силы и инерционного;

$M_{\text{д}} = G l_{\text{д}}$ — момент от веса рабочего органа.

Пренебрегая величиной $M_{\text{д}}$, запишем выражение (1) в таком виде:

$$P_{\text{в}} = \frac{M_0 + M_1 - M_{\text{и}}}{\rho}. \quad (2)$$

Момент M_0 может быть представлен как произведение углового ускорения поворота короснимателя $\varepsilon^{\text{к}}$ в относительном его движении на момент инерции рабочего органа I_0 относительно центра качания

$$M_0 = \varepsilon_{\text{к}} \cdot J_0. \quad (3)$$

Усилие $P_{\text{в}}$ изменяется обратно пропорционально радиусу-вектору ρ , проведенному из центра качания короснимателя в точку его контакта с бревном. Величина ρ изменяется при увеличении угла поворота ротора φ , начальное же значение радиуса-вектора ρ_0 зависит от соотношения радиусов самозаходной кромки короснимателя r , ротора $R_{\text{р}}$ и бревна R .

Из треугольника $O_2 O_1 B$

$$\rho_0 = 2r \sin \frac{\delta}{2},$$

где угол δ определим из треугольников $O_2 O_1 A$ и $BO_1 A$.

Угол $O_2 O_1 A$, равный $\alpha_{\text{и}}$, является центральным для дуги кромки самозахода и опирается на хорду $O_2 A = R_{\text{р}}$

$$\alpha_{\text{и}} = 2 \arcsin \frac{R_{\text{р}}}{2r}.$$

Аналогично

$$\angle BO_1 A = 2 \arcsin \frac{R}{2r}.$$

После подстановки и преобразований

$$\rho_0 = \frac{R_{\text{р}} \sqrt{4r^2 - R^2} - R \sqrt{4r^2 - R^2}}{2r}. \quad (4)$$

Значение радиуса-вектора ρ_1 для некоторого произвольного положения короснимателя при повороте ротора на угол φ_1 получим из треугольника $O B O'_2$

$$\rho_1 = \sqrt{R^2 + R_{\text{р}}^2 - 2 R R_{\text{р}} \cos(\varphi_0 + \varphi_1)}. \quad (5)$$

Угол φ_0 определим из разности углов $O_1 A B$ и $O_1 A O_2$

$$\varphi_0 = \arcsin \frac{R_{\text{р}}}{2r} - \arcsin \frac{R}{2r}.$$

Преобразовав это выражение, получим

$$\varphi_0 = \arcsin \left(\frac{R_p \sqrt{4r^2 - R^2} - R \sqrt{4r^2 - R_p^2}}{4r^2} \right) = \arcsin \frac{\rho_0}{2r}. \quad (6)$$

После подстановки φ_0 в уравнение (5) и преобразований найдем следующую формулу для определения радиуса-вектора ρ_1 при произвольном положении короснимателя:

$$\rho_1 = \sqrt{R^2 + R_p^2 - 2RR_p \left[\sqrt{1 - \left(\frac{\rho_0}{2r}\right)^2} \cos \varphi_1 - \frac{\rho_0}{2r} \sin \varphi_1 \right]}. \quad (7)$$

Как указывалось выше, вычисление значений моментов M_0 , M_1 и M_{II} связано с выявлением величины угла α отклонения короснимателя в зависимости от угла поворота ротора φ . При повороте ротора на некоторый угол φ_1 угол отклонения короснимателя определится из треугольников $BO_2'O$ и $A'BO_2'$ как разность углов $BO_2'O$ и $BO_2'A'$. Из треугольника $BO_2'O$

$$\angle BO_2'O = \arccos \frac{\rho_1^2 + R_p^2 - R^2}{2R_p \rho_1};$$

из треугольника $BO_2'A'$

$$\angle BO_2'A' = \arccos \frac{\rho_1^2 + R_p^2 - (A'B)^2}{2R_p \rho_1}, \quad (7a)$$

где

$$A'B = 2r \sin \left(\frac{\alpha_{II} - \delta'}{2} \right).$$

В свою очередь, из треугольника $BO_1'O_2'$

$$\angle BO_1'O_2' = 2 \arcsin \frac{\rho_1}{2r}.$$

С учетом этого

$$A'B = \frac{R_p \sqrt{4r^2 - \rho_1^2} - \rho_1 \sqrt{4r^2 - R_p^2}}{2r}.$$

Подставим значение $A'B$ в уравнение (7a) и преобразуем его

$$\angle BO_2'A' = \arccos \frac{\rho_1 R_p + \sqrt{4r^2 - \rho_1^2} \sqrt{4r^2 - R_p^2}}{4r^2},$$

после чего найдем

$$\alpha_1 = \arccos \frac{\rho_1^2 + R_p^2 - R^2}{2\rho_1 R_p} - \arccos \frac{\rho_1 R_p + \sqrt{4r^2 - \rho_1^2} \sqrt{4r^2 - R_p^2}}{4r^2}. \quad (8)$$

Наибольшее значение угла поворота короснимателя будет при выходе его рабочей кромки на поверхность бревна, когда $\rho_1 = R_p$

$$\alpha_{max} = \arccos \left(1 - \frac{R^2}{2R_p^2} \right). \quad (9)$$

За время выхода короснимателя на поверхность бревна ротор повернется на угол φ_{max} , который определим из треугольника $O_2'BA'$ при $\rho_1 = R_p$

$$\varphi_0 + \varphi_{max} = \arccos \frac{R}{2R_p}$$

или после подстановки φ_0

$$\varphi_{max} = \arccos \frac{R}{2R_p} - \arcsin \frac{\rho_0}{2r}. \quad (10)$$

Обладая большими моментами инерции, роторы окорочных станков практически не изменяют угловой скорости вращения ω за короткий промежуток времени t_B саморазведения короснимателей, поэтому

$$\varphi_{max} = \omega t_B.$$

В соответствии с этим выражение (5) для радиуса-вектора можно представить в таком виде:

$$\rho = \sqrt{R^2 + R_p^2 - 2RR_p \cos(\varphi_0 + \omega t)}, \quad (11)$$

где t — любой промежуток времени в интервале $0 \leq t \leq t_B$.

После подстановки (11) в (8) получаем уравнение углового пути оси короснимателя. Дифференцируя это уравнение по времени, определяем угловую скорость относительного движения короснимателя

$$\omega_k = \frac{d\alpha}{dt} = \omega \frac{\rho \sqrt{4r^2 \rho^2 - (\rho^2 + R^2 - R_p^2)^2} - (\rho^2 + R^2 - R_p^2) \sqrt{4r^2 - \rho^2}}{2\rho^2 \sqrt{4r^2 - \rho^2}}. \quad (12)$$

Формула (12) справедлива для всех короснимателей с радиусом кромки самозахода $\frac{R_p}{2} \leq r \leq R_p$. При радиусе $r < \frac{R_p}{2}$ (например, для станка ОК-35М) уравнение угловой скорости можно записать так:

$$\omega'_k = \omega \frac{(\rho^2 - \rho_0^2) \sqrt{4r^2 \rho^2 - (R^2 + \rho^2 - R_p^2)^2} - (R^2 + \rho^2 - R_p^2) \sqrt{4r^2 \rho^2 - (\rho^2 - \rho_0^2)^2}}{2\rho^2 \sqrt{4r^2 \rho^2 - (\rho^2 - \rho_0^2)^2}}. \quad (12a)$$

а)

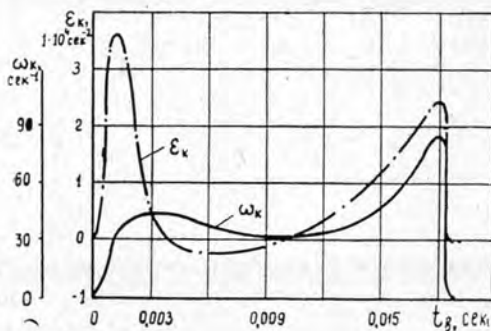
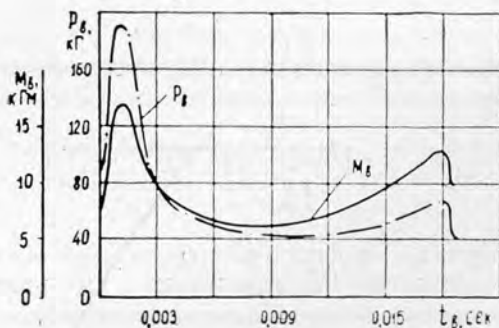


Рис. 2. Графики изменения: а — скорости и ускорения; б — момента и силы выхода при самозаходе короснимателя.

б)



На рис. 2, а построен график изменения угловой скорости короснимателя станка ОК-35М для $R_p = 22,5$ см, $r = 10,5$ см и наибольшего диаметра бревна 35 см. Общее время выхода при этом определяем по углу поворота ротора φ_{max} , который находим из выражения (10). График показывает, что наибольших значений скорость поворота короснимателя ω_k достигает в начале и в конце процесса самозахода, причем при $t_b = 0$ угловая скорость отлична от нуля. Учитывая, что древесина и материал короснимателя обладают упругостью и пластичностью, строим этот график из начала координат. Более точно характер изменения угловой скорости в момент трогания и разгона необходимо определить экспериментальным путем.

Применив известный способ графического дифференцирования, по графику скоростей строим график угловых ускорений ϵ_k короснимателя (рис. 2, а). Величину инерционного момента M_0 , действующего на валик короснимателя, вычисляем по известному для станка ОК-35М моменту инерции механизма рабочего органа и графику угловых ускорений. Кроме того, из уравнения (8) по углу поворота α находим плечи l_{II} и l_1 , а затем и моменты M_{II} и M_1 . Значения суммарного момента $M_b = M_0 - M_{II} + M_1$ для моментов времени $t_1, t_2, t_3, \dots, t_7$ и расстояния от оси качания короснимателя до точки его контакта с бревном ρ позволяют построить график изменения усилия выхода P_b (рис. 2, б), из которого видно, что наибольшей величины усилие выхода P_b достигает в момент трогания (184 кг). В этот момент коросниматель должен достаточно глубоко врезаться кромкой в древесину, что вызывает значительное боковое давление, возрастающее по мере затупления кромки самозахода. Характер изменения скорости выхода показывает, что достижения постоянства давления на коросниматели со стороны надвигаемого бревна профиль кромок самозахода должен быть переменным. Угол скоса развертки кромки для любой точки контакта определяется из выражения

$$\operatorname{tg} \beta' = \frac{v_n}{v_r}, \quad (13)$$

где β' — угол в плане для определенного положения короснимателя;
 v_n — скорость подачи бревна;
 v_r — линейная относительная скорость короснимателя в любой момент времени выхода t_b , направленная из точки контакта короснимателя с бревном по касательной к дуге кромки самозахода.

Для короснимателя с $r > \frac{R_p}{2}$

$$v_r = \omega \frac{R_p^2 \sqrt{4r^2 - \rho^2}}{r \sqrt{4\rho^2 R^2 - (R^2 + \rho^2 - R_p^2)^2}}, \quad (14)$$

для короснимателя с $r < \frac{R_p}{2}$

$$v_r = \omega \frac{r \sqrt{4r^2 \rho^2 - (R^2 + \rho^2 - R_p^2)^2}}{\sqrt{4r^2 \rho^2 - (\rho^2 - \rho_0^2)^2}}. \quad (14a)$$

Точность построения профиля развертки самозаходной кромки короснимателя по уравнению (13) возрастает с уменьшением интервалов времени t_b .

Анализ процесса самозахода короснимателей на поверхность бревна позволяет сделать некоторые выводы.

1. Время саморазведения короснимателей ничтожно мало и составляет 0,02 сек для станка ОК-35М при наибольшем диаметре бревна 35 см. При этом на рабочие органы (коросниматели, механизмы прижима, подшипники и т. п.) действуют значительные динамические нагрузки, вызывающие ускоренный износ и разрушение узлов.

2. Из уравнения (12) следует, что уменьшение радиуса самоходной кромки короснимателя влечет за собой снижение скорости в начальной и возрастание в конечной фазах выхода. Увеличение r приводит к противоположным результатам.

3. Снижения динамических нагрузок на рабочие органы в момент вхождения бревна в ротор можно достичь путем применения короснимателей с кромками самохода переменного профиля, построенного по уравнению (13).

Поступила 4 сентября 1972 г.

УДК 634.0.531 : 634.0.31

ОТПАД ЭЛЕМЕНТОВ КРОНЫ ДЕРЕВЬЕВ ПРИ ВАЛКЕ И ФОРМИРОВАНИИ ТРЕЛЕВОЧНОГО ВОЗА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА

А. В. РОСТОВЦЕВ, Л. В. КОРОТЯЕВ

Архангельский лесотехнический институт

Приведены формулы и графики зависимости отпада элементов кроны от температуры воздуха, полученные впервые опытным путем и необходимые для нормирования работ на трелевке, погрузке и вывозке деревьев и для решения задачи утилизации лесосечных отходов.

Для расчета производительности и потребного количества трелевочных, погрузочно-разгрузочных и транспортных средств и для решения вопросов использования отходов лесозаготовок требуется знать не только общую массу кроны деревьев, но и отпад ее элементов в процессе работ.

Вес кроны деревьев основных пород, заготавливаемых в лесах Европейского Севера СССР, установлен авторами ранее [2] — [4]. Однако известно [3], [1], что часть сучьев в процессе работ обламывается и на нижний склад не поступает. Наибольший отпад, как показали опыты [3], [1], наблюдается при валке и сборе деревьев в пачку на пасеке. Отпад при перемещении сформированной пачки по трелевочному волоку и при погрузке, по нашим исследованиям [3], оказался незначительным. Это видно из табл. 1 (отпад дан в процентах от массы кроны). Со всем ничтожен отпад при вывозке.

Таблица 1

Время года	Отпад на волоке, %, по породам			Отпад при погрузке, %, по породам			
	Е	С	Б	Е	С	Б	Ос
Зима . . .	3,8	2,2	1,0	0,1—2,7	1,1	0,1	1,3
Лето . . .	0	0,6	0	0,8	1,0	0,4	0

Величина отпада элементов кроны деревьев зависит от ряда факторов. Главные из них — древесная порода, возраст деревьев, температура воздуха, объем хлыста, глубина снежного покрова и применяемая

технология лесосечных работ. Давно замечено, что с усилением мороза и повышением хрупкости сучьев отпад их увеличивается. Поэтому нашей задачей было исследовать, согласно методике авторов [3], влияние температуры воздуха на отпад элементов кроны сосны, ели и березы в процессе валки деревьев (без подкладки) и формировании пачки при тракторной трелевке комлем вперед. Опыты проводили в спелых и перестойных эксплуатационных древостоях, характерных для Архангельской области, в летнее время и зимой при температуре воздуха от -3 до -30°C и глубине снега $60-70$ см. Количество наблюдений (или число обработанных деревьев) приведено в табл. 2.

Таблица 2

Порода дерева	Средний объем хлыста, м^3	Число наблюдений при средней температуре воздуха, $^{\circ}\text{C}$										Итого опытов
		0 и выше	-3	-4	-6	-10	-12	-13	-15	-20	-28	
Ель . . .	0,25	206	34	67	50	29	41	29	32	64	25	577
Сосна . .	0,85	88	—	—	—	10	6	—	8	34	6	152
Береза . .	0,25	14	4	25	10	2	1	6	3	20	1	71

Материалы исследований обработаны приемами математической статистики. Результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3

Порода дерева	r	$\frac{r}{m_r}$	η	$\frac{\eta}{m_\eta}$	$\pm\sigma, ^{\circ}$	Уравнение связи
Ель	0,835	54	0,972	365	8,1	$\Delta = 8 - 2,4t$
					7,4	$\Delta = 8,45 - 2,15t + 0,012t^2 + 0,00008t^3$
Сосна	0,880	35	0,950	86	2,7	$\Delta = 70 - t$
					1,6	$\Delta = 70 + 1,4t + 0,25t^2 + 0,006t^3$

Примечание. r — коэффициент корреляции; η — корреляционное отношение; $\frac{r}{m_r}$ и $\frac{\eta}{m_\eta}$ — их достоверность; σ — среднее квадратическое отклонение.

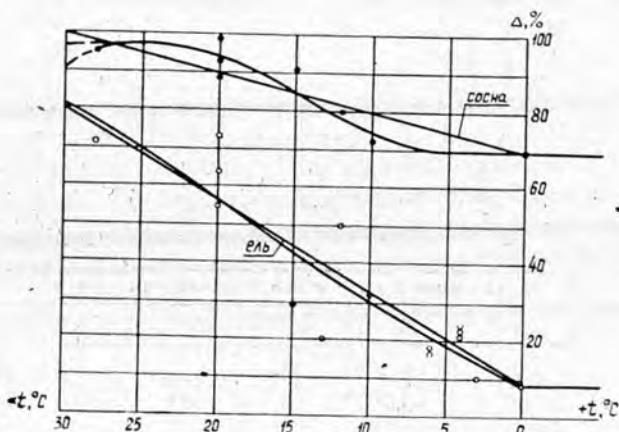


Рис. 1. Графики зависимости отпада сучьев от температуры воздуха.

Статистические характеристики показывают, что между отпадом сучьев на пазеке Δ и отрицательной температурой воздуха t существует криволинейная корреляционная связь, которая выражается кубической параболой. Однако в исследованных, пределах изменения температуры связь $\Delta = f(t)$ можно считать линейной. Уравнения выявленной связи приведены в табл. 3, а графики связи — на рис. 1. Вес каждой точки графиков дан в табл. 2. Коэффициенты уравнений найдены способом наименьших квадратов.

Из уравнений и графиков связи видно, что с понижением температуры воздуха от 0° до -30°C отпад кроны возрастает. При морозе $26-30^\circ\text{C}$ у сосны обламывается практически вся крона, а у ели на 80%.

Закономерность $\Delta = f(t)$ хорошо соблюдается для сосны и ели. У березы в большинстве случаев отпад сучьев отсутствовал. По данным В. Г. Нестеренко [5], это объясняется разрушением сучьев березы только при температуре ниже -40°C , то есть за пределами наших опытов.

Результаты исследований рекомендуются для обоснования норм выработки на трелевке, погрузке и вывозке деревьев и для определения массы кроны, которая поступает на нижний склад лесовозной дороги и может быть использована для промышленной переработки. При положительной температуре отпад сучьев может быть принят в среднем 70% для сосны, 8% для ели и 2% для березы; в зимних условиях, аналогичных условиям опыта, для березы он равен 2,6%, а для сосны и ели определяется по графикам или уравнениям связи в зависимости от температуры воздуха.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Б. И. Бобылев. Отпад сучьев при валке и трелевке деревьев с кронами. Журн. «Лесная промышленность» № 10, 1956. [2]. Л. В. Коротяев. Вес кроны еловых деревьев в лесонасаждениях Севера. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1959. [3]. Л. В. Коротяев, А. В. Ростовцев. Количество лесосечных отходов и распределение их по местам образования. Труды АЛТИ, сб. XX, 1968. [4]. Л. В. Коротяев, А. В. Ростовцев. Вес кроны деревьев основных промышленных пород Севера. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1972. [5]. В. Г. Нестеренко. Исследования в области механизации очистки деревьев от сучьев. Автореферат диссертации, М., 1968.

Поступила 29 мая 1972 г.

УДК 621.85

НАГРУЖЕННОСТЬ И УСТАЛОСТНАЯ ПОВРЕЖДАЕМОСТЬ ДЕТАЛЕЙ ТРАНСМИССИИ ЛЕСОВОЗНОГО АВТОПОЕЗДА

Ю. Д. СИЛУКОВ

Уральский лесотехнический институт

Проводится новая расчетная модель, эквивалентная лесовозному автопоезду, и методика расчета усталостной повреждаемости деталей трансмиссии автомобиля.

Специфические условия эксплуатации на лесотранспорте вызывают повышенные нагрузки в трансмиссии лесовозных автопоездов. Сроки службы их узлов и деталей значительно ниже, чем у автомобилей, работающих на дорогах общего пользования [2].

Создание для лесной промышленности автомобилей, обладающих достаточной надежностью и долговечностью, имеет большое народнохозяйственное значение. В связи с этим актуальны проблемы по созданию базы для расчетов и конструирования деталей и узлов колесных машин с учетом специфики их эксплуатации на лесоразработках.

В настоящее время резкие динамические перегрузки в трансмиссии автомобиля изучены достаточно хорошо. Циклическая нагруженность трансмиссии автомобиля, влияющая на усталостную прочность деталей, на дорогах общего пользования изучена мало, а на лесотранспорте вообще не исследована.

Для решения задачи усталостной повреждаемости деталей необходимо найти зависимости между скоростью движения, ровностью дороги, параметрами колебательной системы и нагружающими ее элементы упругими силами и моментами. С этой целью разработана расчетная схема, эквивалентная лесовозному автопоезду, груженному хлыстами. Ее описание и решение составленных с ее помощью уравнений подробно рассмотрены нами ранее [1].

Расчетно-экспериментальную оценку долговечности деталей машин, подверженных действию случайных нагрузок, производят методами теории случайных функций. По экспериментально определенным статистическим характеристикам воздействия со стороны неровностей лесовозных дорог и параметрам колебательной системы можно исследовать процессы нагружения как существующих, так и проектируемых деталей машин. Благодаря этому появляется возможность проектировать колесные машины с обеспечением требуемой долговечности их деталей при эксплуатации на лесовозных дорогах, а также более точно нормировать расход запасных частей.

Сравнительную долговечность деталей автопоезда на лесовозных магистралях, ветках, усах и дороге общего пользования с асфальтированным покрытием определяем с помощью коэффициента эквивалентности [3]. Он представляет отношение показателей накопления усталостного повреждения в деталях при пробеге на разных дорогах и на разных режимах. Характеристики цикличности нагружения детали выражают через статистические характеристики случайного стационарного процесса, что соответствует принятым условиям нагружения деталей. Коэффициент эквивалентности вычисляют по формуле

$$K_3 = \frac{\left| \frac{T}{L} \left(\sqrt{\frac{D_{v\tau}}{D_\tau}} \right) (J)_{x_0}^{x_{max}} \right|_d}{\left| \frac{T}{L} \left(\sqrt{\frac{D_{vx}}{D_x}} \right) (J)_{x_0}^{x_{max}} \right|_t},$$

где K_3 — коэффициент эквивалентности пробега в режиме t к пробегу в режиме d ;

L — протяженность участков дороги;

T — время проезда по участку дороги;

D_x, D_{vx} — дисперсии соответственно ординат напряжений и скоростей их изменения в наблюдаемом случайном процессе нагружения детали.

Выражение $(J)_{x_0}^{x_{max}}$ равно

$$J = n_0 x_1^m + n_1 (x_2^m - x_1^m) + \dots + n_{i-1} (x_i^m - x_{i-1}^m) - n_i x_i^m,$$

где

$$n_i = \exp \left[- \left(\frac{x_0 + i\Delta x - x_{cp}}{\sqrt{2D_x}} \right)^2 \right]; \quad x_i = x_0 + (i - 0,5) \Delta x;$$

$$\Delta x = \frac{x_{max} - x_0}{r},$$

здесь x_{cp} — среднее значение напряжения при нагружении детали;

Δx — ширина интервала исследуемого процесса;

- x_{max}, x_0 — соответственно верхняя и нижняя границы учитываемых напряжений;
 i — индекс, обозначающий выбранный интервал уровней изменения переменного напряжения x ;
 m — показатель наклона кривой усталости.

Значения D_x и $D_{v,x}$ находят с помощью планиметрирования площади под кривой спектральной плотности переменного напряжения в конкретной детали и под кривой скорости изменения спектральной плотности переменного напряжения.

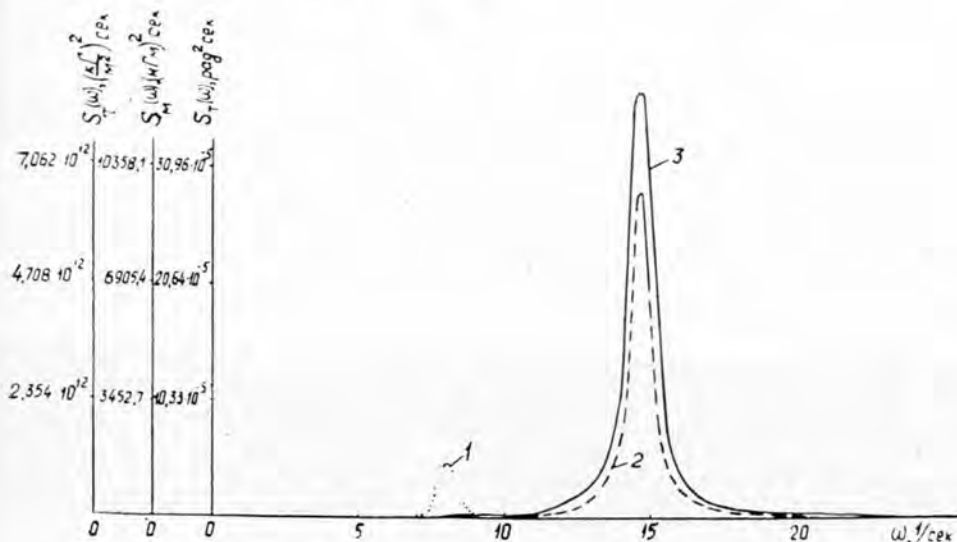


Рис. 1.

1 — скорость, 15 км/час; 2 — 30 км/час; 3 — 50 км/час.

На рис. 1 показаны спектральные плотности деформации $S_T(\omega)$, переменного момента $S_M(\omega)$ и напряжения $S_T(\omega)$ для наиболее нагруженной детали трансмиссии автомобиля типа МАЗ — полуоси заднего моста при движении автопоезда по гравийной дороге. С ростом скорости движения значительно возрастает нагруженность полуоси.

Показатели, необходимые для определения усталостной повреждаемости задней полуоси автомобиля МАЗ на различных лесовозных дорогах и асфальтированном шоссе при разной скорости движения лесовозного автопоезда, приведены в табл. 1. По данным таблицы вычислены коэффициенты эквивалентности пробега задней полуоси автомобиля МАЗ на лесовозных дорогах в сравнении с асфальтированным шоссе (табл. 2).

При одинаковой скорости движения (15 км/час) сравнительная повреждаемость деталей трансмиссии автопоезда, груженого хлыстами, на лесовозных дорогах в 3—4,6 раза больше, чем на асфальтированном шоссе.

Один из резервов повышения производительности труда на лесоразработках — увеличение скоростей движения автопоездов на вывозке леса. Однако при этом значительно уменьшается срок службы деталей автопоезда. Так, при скорости движения 30—50 км/час усталостная повреждаемость деталей трансмиссии автопоезда в 6—6,6 раза выше, чем на асфальтированном покрытии.

Таблица 1

Тип дороги	Скорость движения автопоезда, км/час	Дисперсия напряжения D_x' , кг/мм ⁴	Дисперсия скорости изменения напряжения $D_{\dot{x}}$, $\frac{кг^2}{мм^4 \cdot сек^2}$	Верхний предел учитываемых напряжений x_{max} , кг/мм ²	Максимальное напряжение за процесс нагружения τ'_{max} , кг/мм ²	Сопоставимый показатель накопленного поврежденя
Магистраль с гравийным покрытием на песчаном основании	15	0,971	100	6,386	6,005	244,542
	30	7,945	1760	11,885	11,504	1359,607
	50	12,653	2740	14,102	13,721	1385,532
Ветка с гравийным покрытием	15	1,380	120	8,511	6,575	279,588
	30	8,157	1940	11,999	11,618	1449,422
Ус, укрепленный порубочными остатками и низкосортным гравием, укатанный	15	1,85	163,134	7,511	7,130	379,923
Асфальтированное шоссе	15	0,258	23,502	4,952	4,571	82,197
	30	1,471	294,356	7,070	6,689	209,059
	50	2,658	576,162	7,133	6,752	237,403

Таблица 2

Тип дороги	Скорость движения автопоезда, км/час	Коэффициенты эквивалентности пробегов K_3
Магистраль с гравийным покрытием на песчаном основании	15	2,975
	30	5,836
	50	6,627
Ветка с гравийным покрытием	15	3,401
	30	6,110
Ус, укрепленный порубочными остатками и низкосортным гравием, укатанный	15	4,622

По данным табл. 1, рост скорости движения на магистрали лесовозных дорог с 15 до 50 км/час ведет к увеличению усталостного повреждения деталей трансмиссии в 5,68 раза, а на асфальтированном шоссе только в 2,9 раза. Эту разницу следует принимать во внимание

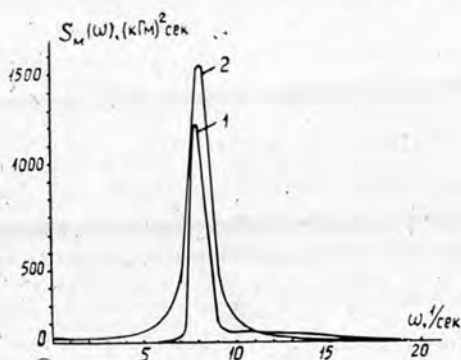


Рис. 2.

1 — по расчетным данным; 2 — по экспериментальным данным.

при конструкторских расчетах и определении потребности в запасных частях.

Для проверки теоретических исследований сравнивали значения переменного момента, нагружающего полуось заднего моста, полученные расчетным и опытным путем. Спектральные плотности переменного момента (рис. 2) при движении автопоезда со скоростью 15 км/час, полученные расчетным и экспериментальным путем, хорошо совпадают. Наибольшие отклонения не превышают 18—20%, что подтверждает правильность выполненных теоретических расчетов.

Разработанная методика может служить базой для расчета сравнительной долговечности деталей лесовозных колесных машин и для обоснованного нормирования расхода запасных частей с учетом специфических условий лесотранспорта.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ю. Д. Силуков, Н. И. Плужников. Динамика связи между вертикальными колебаниями лесовозного автомобильного поезда и крутильными колебаниями его трансмиссии с учетом «реактивных элементов». Труды Свердловского научно-исследовательского института лесной промышленности, вып. 7, Свердловск, 1972. [2]. В. П. Тюкавин, Л. А. Завьялов, А. Г. Веденеев, В. Н. Мельников. Учет специфики эксплуатации лесовозных автопоездов. Журн. «Лесная промышленность» № 4, 1972. [3]. Н. Н. Яценко, В. С. Шупляков. Нагруженность трансмиссии автомобиля и ровность дороги. Изд-во «Транспорт», М., 1967.

Поступила 16 октября 1972 г.

УДК 625.843

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ ДЛЯ КОЛЕЙНЫХ ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ МЕТОДОМ ПОИСКА ЭКСТРЕМУМА

Б. В. УВАРОВ

СевНИИП

Описывается реализованный на ЭВМ метод расчета параметров поперечного сечения плиты, удовлетворяющих требованию минимальной стоимости материалов, необходимых для изготовления конструкции. При расчете на прочность плиты рассматриваются как балки, лежащие на комбинированном нелинейно-деформируемом основании.

Колейные покрытия из железобетонных плит по эксплуатационным качествам и возможности применения промышленных методов строительства превосходят все другие типы дорожных одежд лесовозных дорог. Единственный недостаток колейных дорог — их относительно высокая стоимость. Поэтому разработка экономически оптимальной конструкции плит является весьма актуальной задачей, решение которой позволит расширить область использования рассматриваемых покрытий.

Плиты колейных покрытий рассчитывают по схеме железобетонной балки на упругом основании, работающей на изгиб. Расчет включает две стадии: определение максимальных изгибающих моментов и подбор параметров конструкции, удовлетворяющей требованиям прочности. Первый этап расчета, будучи достаточно сложным, все же поддается формализации. Имеется много методов прямого решения задачи

отыскания изгибающего момента в балке, лежащей на упругом основании. Что касается второго этапа, то в практике расчетов kolejных покрытий пока применяется только метод вариантного подбора, который, как известно, практически не позволяет получить решение, достаточно близкое к оптимальному.

В строительной механике начинают применять математические методы отыскания оптимального сочетания параметров конструкций [2], [6]. В настоящей статье рассматривается один из аналогичных методов для расчета железобетонной балки на упругом основании. Предлагаемый подход позволяет совместить задачу подбора поперечного сечения балки с расчетом усилий в ней, что гарантирует отыскание оптимального решения.

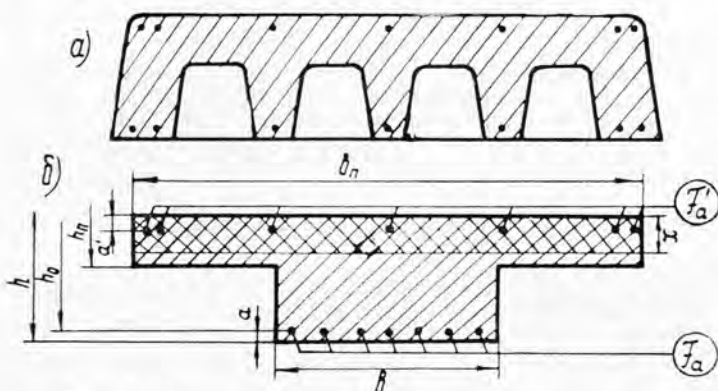


Рис. 1. Схема поперечного сечения — а и расчетного поперечного сечения — б железобетонной плиты.

На величину изгибающего момента в балке, лежащей на упругом основании, влияют, при заданных характеристиках грунта и внешней нагрузки, размеры балки в плане и ее жесткость. Ширина b_n (рис. 1) и длина дорожных плит определяются технологическими требованиями изготовления и сборки покрытия, условиями эксплуатации и взаимодействия одежды с грунтом, а потому могут считаться фиксированными. Жесткость плит EJ определяется искомыми параметрами поперечного сечения, и в расчете необходимо учитывать ее изменение. На величину EJ влияют высота и форма поперечного сечения, количество, класс и расположение арматуры, марка бетона.

Стоимость плит складывается из стоимости исходных материалов (около 50% [6]) и затрат на изготовление. Учитывая, что при расчете конструкции можно варьировать, главным образом, только параметры, определяющие количество материалов и их тип, рационально в качестве критерия оптимальности принять показатель стоимости материалов в расчете на единицу длины плиты, определяемый следующим выражением:

$$C = W_6 U_6 + W_a U_a, \quad (1)$$

где W_6 и W_a — соответственно рабочие площади поперечного сечения бетона и продольной арматуры;
 U_6 и U_a — стоимости единицы объема бетона и арматуры, которые можно рассматривать как функции марки бетона и класса стали:

$$U_6 = f(R_n); \quad U_a = f(R_s),$$

здесь R_n — расчетное сопротивление бетона на сжатие при изгибе;
 R_a — расчетное сопротивление стали на растяжение.

Критерий (1) не учитывает стоимости вспомогательной арматуры и бетона, не участвующего в работе на поперечный изгиб.

В качестве расчетной рационально принять наиболее распространенную на практике форму поперечного сечения ячеистой плиты (рис. 1), рассматривая сплошную плиту как частный случай при нулевой глубине ячеек. Расчетным эквивалентным поперечным сечением плиты может быть тавровое [6], с толщиной стенки b и значениями толщин защитных слоев a и a' , ограниченными конструктивными условиями.

При указанных предположениях величину C можно рассматривать как целевую функцию

$$C = f(h, h_n, R_n, R_a), \quad (2)$$

считая b_n, b, a, a' заданными (обозначения показаны на рис. 1).

Рассматриваемая проблема, таким образом, может быть сформулирована как задача нелинейного программирования, состоящая в нахождении вектора в четырехмерном пространстве:

$$\bar{X} = (h, R_n, R_a, h_n),$$

минимизирующего функцию C и удовлетворяющего неравенствам, определяющим область допустимых решений,

$$g_k(\bar{X}) \geq 0 \quad (k = 1, 2, 3, \dots, m); \quad h^{\min} \leq h \leq h^{\max};$$

$$R_n^{\min} \leq R_n \leq R_n^{\max}; \quad R_a^{\min} \leq R_a \leq R_a^{\max}; \quad h_n^{\min} \leq h_n \leq h_n^{\max}.$$

Зависимости g_k и C нелинейны, в связи с чем отыскание вектора \bar{X} управляемых переменных может быть выполнено только численным методом с применением ЭВМ.

В данной статье для решения задачи поиска экстремума функции C (отыскивается максимум отрицательного значения C) в четырехмерном пространстве искомых параметров применена следующая модификация метода конфигураций [3]. В заданной области возможного изменения параметров выбирается произвольная точка X_0 (на рис. 2 расчетная схема проиллюстрирована для двухмерного пространства). Путем поочередного изменения координат на величину заданного шага δ может быть найдено направление максимального возрастания целевой функции. По этому направлению рассматриваемую точку переносим на удвоенную величину шага путем соответствующего изменения координат, после чего анализ повторяем. При выходе на границу области приращение координат за допустимые пределы следует блокировать.

На попадание точки в область экстремума указывает отсутствие в исследуемой окрестности точек с большим по сравнению с предыдущим отрицательным значением критерия C . Аналогичное положение может возникнуть при попадании на гребень (точка X_2). Правильность нахождения экстремума проверяется путем повторного деления первоначально заданного шага [3], который выгодно принимать большим, чтобы быстро достигнуть экстремума. Желаемая точность расчетов может быть обеспечена достаточным количеством повторных делений, которое предварительно задается.

Для расчета целевой функции C применяли следующий реализованный на ЭВМ алгоритм. Задавали ориентировочную жесткость балки EJ и рассчитывали максимальные положительный и отрицательный из-

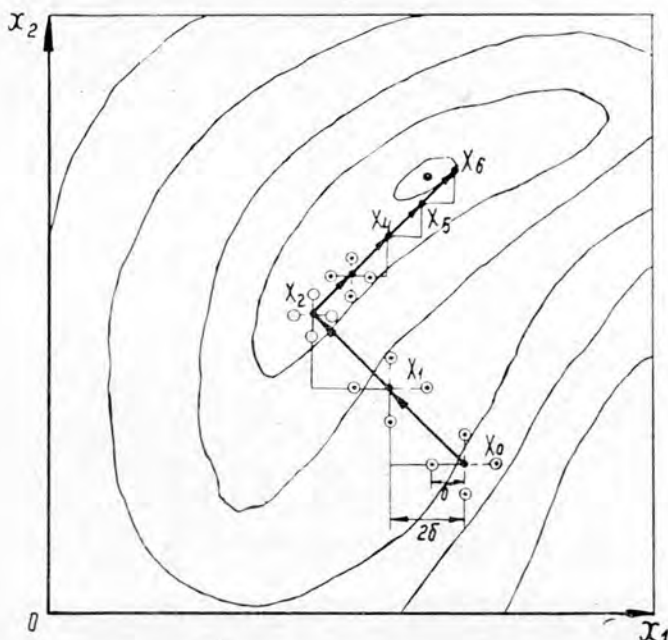


Рис. 2. Схема поиска экстремума
(кружками показаны обследуемые точки).

гибающие моменты. При этом использовали расчетную схему шарнирно соединенной балки на упругом основании, представленном моделью комбинированного нелинейно-деформируемого полупространства, не способного к восприятию растягивающих усилий [4]. Данная модель в наибольшей степени соответствует реальным свойствам грунтов. Методика расчета одиночной балки на таком основании описана нами ранее [4]. Учет шарниров не вносит принципиальных изменений в алгоритм расчета. Для нахождения дополнительных неизвестных — скачков угла поворота сечения балки — использовали равенство нулю моментов в шарнирах. Для экономии машинного времени зависимости изгибающих моментов от жесткости аппроксимировали параболлами достаточного большого порядка, предварительно выполнив все расчеты балки на упругом основании.

Для расчета железобетонной балки на положительный изгибающий момент рекомендуется применять следующие формулы [6]:

$$\left. \begin{aligned}
 x &= h_0 - \sqrt{h_0^2 + \frac{1,6R_n h_n (b_n - b) \left(h_0 - \frac{h_n}{2}\right) + 2R_{ac} F'_a (h_0 - a') - 2M_{пол.}}{R_n b}}; \\
 F_a &= \frac{0,8R_n h_n (b_n - b) + R_{ac} F'_a + R_n b x}{R_a} \quad (\text{при } x \geq 2a'); \\
 F_a &= \frac{M_{пол.}}{R_a (h_0 - a')} \quad (\text{при } x < 2a'),
 \end{aligned} \right\} (3)$$

где $M_{пол.}$ — расчетный положительный изгибающий момент;
 x — высота сжатой зоны бетона;
 F_a и F'_a — площади арматуры нижнего и верхнего рядов;

R_{ac} — расчетное сопротивление сжатой арматуры. В расчетах использовали зависимость R_{ac} от R_a в виде

$$R_{ac} = 1,364 R_a - 0,1614 \cdot 10^{-4} R_a^2 + 0,598 \cdot 10^{-10} R_a^3,$$

при корреляционном отношении $r = 0,963$. Зависимости $R_{ac} = f(R_a)$ и далее $\alpha_{max} = f(R_n)$ и $E_0 = f(R_n)$ получены нами методом корреляционного анализа на основании данных Б. В. Якубовского [6].

Применение зависимостей (3) требует проверки выполнения условия

$$x > \alpha_{max} h_0, \quad (4)$$

где α_{max} — функция марки бетона.

При выполнении условия (4) рассматриваемое в данный момент сочетание параметров недопустимо. В программе предусмотрена соответствующая блокировка, по которой машина печатает требование изменения заданных ограничений. Зависимость α_{max} от R_n также была получена с помощью корреляционного анализа

$$\alpha_{max} = 0,776 + 0,147 \cdot 10^{-3} R_n$$

при $r = 0,988$.

В расчетах первый раз полагали $F'_a = 0$. Фактическое значение F'_a находили с помощью тех же формул (3), предварительно заменив $M_{пол}$ на $M_{отр}$, h_0 на $h - a'$ и т.д. и приняв $h_n = 0$. Затем повторно вычисляли величину F_a при уже найденном F'_a и так до тех пор, пока разность между последовательными приближениями величины F'_a не становилась меньше заданной. Расчеты показали быструю сходимость данного итерационного процесса. При погрешности в пределах 5% не требуется больше 3—4 приближений.

В результате расчета на прочность определяли требуемое количество арматуры в плите, что позволяет найти значение критерия C по формуле

$$C = (F_a + F'_a) U_a + [b_n h_n + (h - h_n) b] U_0. \quad (5)$$

На основании действующих преysкурантов нами получены следующие зависимости для U_a и U_0 (для размерностей в руб./м³ и в т/м²):

$$\left. \begin{aligned} U_a &= 0,936 \cdot 10^3 + 0,205 \cdot 10^{-1} R_a - 0,948 \cdot 10^{-7} R_a^2 \\ U_0 &= 0,162 \cdot 10^2 + 0,545 \cdot 10^{-2} R_n + 0,153 \cdot 10^{-5} R_n^2 \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

при $r = 0,986$ и $r = 0,996$ соответственно. Если стоимость плит принимать не по преysкуранту, а по себестоимости, то зависимости (6) следует уточнять.

После нахождения оптимальной по критерию C конструкции плиты необходимо уточнить фактическую жесткость, которая может отличаться от произвольно заданной в начале расчета, что приведет к ошибке в определении изгибающих моментов. Жесткость, соответствующую найденным характеристикам поперечного сечения, определяли по формуле [6].

$$EJ = 0,85 E_0 \left[\frac{b_n x^3}{3} - \frac{(b_n - b)(x - h_n)}{3} U(x - h_n) + \frac{E_a}{E_0} F'_a (x - a') + \frac{E_a}{E_0} F_a (h - x)^2 \right],$$

где $U(x - h_n)$ — единичная функция;
 E_0 — модуль упругости бетона

$$E_0 = 0,781 \cdot 10^6 + 0,209 \cdot 10^4 R_{и} - 0,347 R_{и}^2$$

при $r = 0,994$.

Если полученное значение жесткости отличалось от заданного на величину больше допустимой, то расчет повторяли соответствующее количество раз. Выяснилось, что и этот итерационный процесс имеет хорошую сходимость, и для получения результата с погрешностью в пределах 5% обычно не требуется более четырех приближений.

После окончания работы оптимизирующей части программы предусмотрено определить ширину раскрытия трещин в бетоне.

По реализованной на ЭВМ «Наири-С» программе выполняли расчеты применительно к плитам ПТВ-2, используемым на временных лесовозных дорогах. Расчетные характеристики грунта ($\frac{1 - \mu_k^2}{E_0} = 0,002 \text{ м}^2/\text{т}$; $c = \infty$, $K = 0,0000339 \text{ м}^5/\text{т}^2$, $n = 2[4]$) определяли по осадке штампа диаметром 34 см на основании в виде 0,30-метрового слоя песка, подстилаемого плотным торфом. Внешняя нагрузка на покрытие соответствует воздействию колеса лесовозного автомобиля МАЗ-509 при коэф-

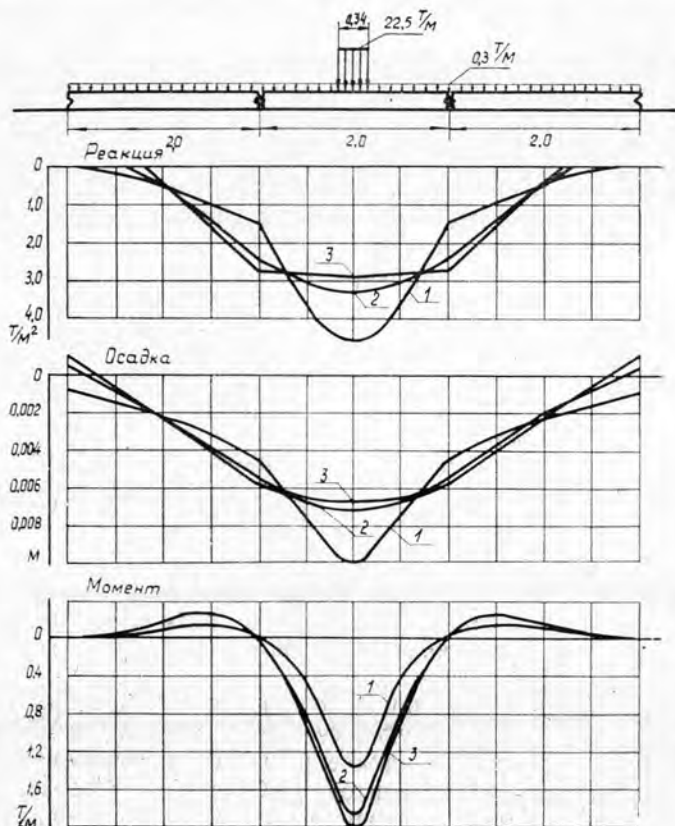


Рис. 3. Пример расчета шарнирно соединенных балок на комбинированном нелинейно-деформируемом основании.

$$1 - EJ = 100 \text{ т} \cdot \text{м}^2; \quad 2 - EJ = 400 \text{ т} \cdot \text{м}^2; \\ 3 - EJ = 600 \text{ т} \cdot \text{м}^2.$$

коэффициенте статической перегрузки 1,4 и коэффициенте динамичности 1,115. Результаты расчета шарнирно соединенных балок на упругом основании приведены на рис. 3.

Расчет на неподвижную нагрузку дает величину $M_{отр}$, значительно меньшую $M_{пол}$. Однако учитывая, что вследствие динамического воздействия движущегося автомобиля на конец плиты $M_{отр}$ может возрасти [5], ориентировочно было принято $M_{отр} = M_{пол}$. При подборе арматуры учитывали коэффициент условий работы, равный 0,85 для положительного изгибающего момента, и 0,65 — для отрицательного.

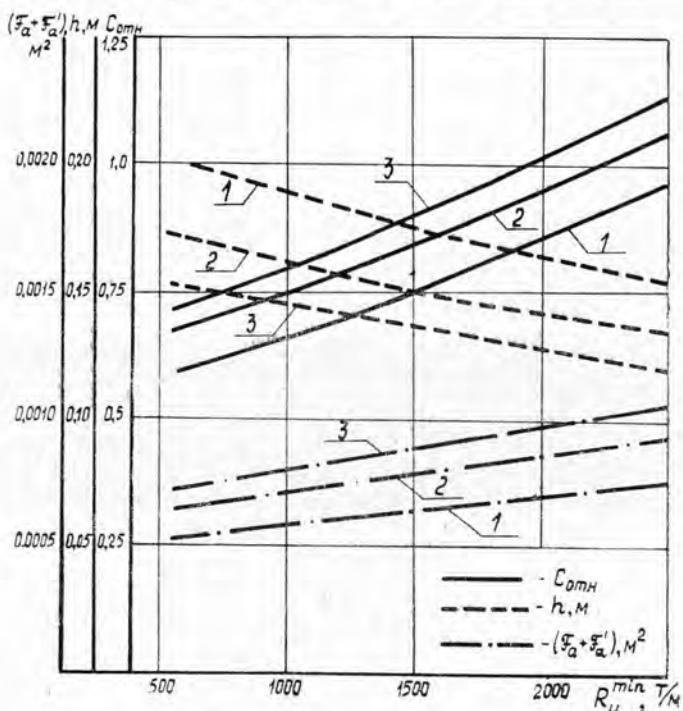


Рис. 4. Результаты расчета оптимальной конструкции плиты.

$R_a = 51000$ т/м²; 1 — $b = 0,3$ м; 2 — $b = 0,46$ м; 3 — $b = 0,6$ м.

Расчеты показали, что функция $C(h, R_n, R_a, h_n)$ является строго одномеральной. Экстремум для рассмотренных нами диапазонов изменения параметров всегда находился на границе. Оказалось экономически целесообразнее назначать минимальную прочность бетона ($R_n = R_n^{min}$), самый высокий класс арматуры ($R_a = R_a^{max}$) и минимальное значение толщины полки ($h_n = h_n^{min}$). Представляет интерес исследование зависимостей целевой функции от ограничений R_n^{min} и R_a^{max} . На рис. 4 показаны (для $b_n = 1,05$ м, $h_n = 0,058$ м, $a = 0,02$ м и $a' = 0,025$ м) графики зависимостей $C_{отн}$, h и $(F_a + F'_a)$ от R_n^{min} ($C_{отн}$ — отношение вычисленных C к соответствующему значению, найденному для применяемой на дорогах конструкции плиты). Результаты расчетов приведены для различных значений b . В применяемой на практике конструкции принято: $b = 0,46$ м, $b_n = 1,05$ м, $h_n = 0,058$ м, $a = 0,02$ м, $h = 0,16$ м, $a' = 0,025$ м, $F_a + F'_a = 0,0011$ м², $R_n = 1600$ т/м², $R_a = 34000$ т/м². Ширина раскрытия трещин в бетоне для рассмотрен-

ных вариантов оказалась в пределах 0,3 мм, что можно считать допустимым [6].

Полученные результаты позволяют наметить следующие пути оптимизации конструкции плиты рассмотренного типа:

а) применение арматуры более высокого класса при одновременном возможном снижении марки бетона (например, благодаря устройству износостойкого слоя на поверхности плиты [1]);

б) уменьшение размера b , который в применяемом варианте больше допустимого по рекомендуемым значениям минимальной толщины защитного слоя бетона для плит и балок [6];

в) назначение оптимального соотношения между толщиной плиты h и остальными параметрами поперечного сечения (можно пользоваться графиками на рис. 4);

г) следует рассмотреть возможность уменьшения размера h_n до минимально необходимого для сопротивления нагрузкам от колес транспорта.

Совместное применение перечисленных рекомендаций позволит уменьшить стоимость материалов для железобетонных плит не менее, чем на 25%. Например, если в соответствии с рис. 4 принять $R_a = 51000 \text{ т/м}^2$; $b = 0,3 \text{ м}$; $h = 0,175 \text{ м}$; $F_a + F'_a = 0,00063 \text{ м}^2$, оставив остальные параметры прежними, то даже и в этом случае экономия в стоимости материалов составит 24% или около 18% от общей стоимости плиты ПТВ-2. Еще больший эффект может быть получен, если в расчетах стоимость материалов определять не по прейскуранту, а по себестоимости их производства.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. К. Гарматюк. Об износе железобетонных плит на колеевых лесовозных дорогах. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1969. [2]. Ю. М. Почтман, Г. В. Филатов. Оптимизация формы поперечных сечений элементов конструкций методом случайного поиска. Журн. «Строительная механика и расчет сооружений» № 4, 1971. [3]. Д. Уайлд. Методы поиска экстремума. М., 1967. [4]. Б. В. Уваров. О расчете балок на нелинейно-деформируемом основании, представленном комбинированной моделью. Журн. «Основания, фундаменты и механика грунтов» № 4, 1971. [5]. Б. В. Уваров. Расчет балок конечной длины на упруго-вязком весомом основании при подвижной нагрузке. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 1971. [6]. Б. В. Якубовский. Железобетонные и бетонные конструкции. М., 1970.

Поступила 23 мая 1972 г.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 634.0.812

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ
ЛЕСОСЕЧНЫХ ОТХОДОВ УДАРНЫМ СЖАТИЕМ

Б. В. ПУЧКОВ

Московский лесотехнический институт

Установлено, что наиболее рационально измельчать сучья в свежесрубленном состоянии при положительных температурах. Удельная энергия удара должна составлять 3—6 квт-ч/м³; при этом форма нижней поверхности ударника должна быть плоской, а стенки камеры не должны препятствовать свободному распределению древесины по поверхности.

Однослойные плиты из измельченных ударным сжатием сучьев и вершинок имеют сравнительно высокие прочностные показатели.

Сущность измельчения древесины ударным сжатием состоит в том, что при воздействии на нее периодических ударных сжимающих нагрузок, приложенных перпендикулярно направлению волокон, при определенных условиях происходит разделение древесины на тонкие длинные частицы.

Цель проведенных в МЛТИ исследований — выяснить влияние основных технологических факторов на эффективность и характер измельчения сучьев, а также механизм происходящих при этом явлений и физико-механические свойства плит.

Критерии оценки процесса измельчения:

1) эффективность измельчения древесины вдоль волокон E'' , равная отношению приращения удельной боковой поверхности древесины к затраченной удельной работе,

$$E'' = \frac{\Delta F''_{уд}}{A_{уд}};$$

2) эффективность измельчения древесины поперек волокон E' , равная отношению приращения торцевой поверхности древесины к затраченной удельной работе,

$$E' = \frac{\Delta F'^{\perp}}{A_{уд}^{\perp}};$$

3) коэффициент анизотропии процесса измельчения K_A , равный отношению приращения удельной боковой поверхности древесины к приращению удельной торцевой поверхности,

$$K_A = \frac{\Delta F''_{уд}}{\Delta F'^{\perp}_{уд}} = \frac{E''}{E'}.$$

Для учета расщепленности целую частицу и расщепленную менее чем на половину считают за одну; частицу, расщепленную более чем на половину, считают за столько частиц, на сколько концов она расщеплена более чем на половину своей длины.

В качестве показателя, учитывающего расщепленность частиц, предложен коэффициент расщепленности K_p , который равен отношению приращения удельной поверхности с учетом расщепленности к приращению удельной поверхности без учета расщепленности,

$$K_p'' = \frac{\Delta F_{уд.р}''}{\Delta F_{уд}''};$$

$$K_p^\perp = \frac{\Delta F_{уд.р}^\perp}{\Delta F_{уд}^\perp},$$

где K_p'' — коэффициент расщепленности частиц вдоль волокон;

$\Delta F_{уд.р}''$ — приращение удельной боковой поверхности частиц с учетом их расщепленности;

K_p^\perp — коэффициент расщепленности частиц поперек волокон;

$\Delta F_{уд.р}^\perp$ — приращение удельной торцевой поверхности частиц с учетом их расщепленности.

Все критерии оценки процесса измельчения определяли как с учетом расщепленности частиц, так и без учета.

Приращение удельных поверхностей определяли по следующим формулам:

$$\Delta F_{уд}'' = 4 \left(\frac{\sum \frac{g}{d}}{\sum g} - \frac{1}{d_0} \right);$$

$$\Delta F_{уд}^\perp = 4 \left(\frac{\sum \frac{g}{l}}{\sum g} - \frac{1}{l_0} \right),$$

где d и l — средние диаметр и длина частиц во фракциях;

d_0 и l_0 — средние диаметр и длина образца;

g — процентное содержание фракции.

Образцы разрушали ударным сжатием на экспериментальной установке, сконструированной автором, в камере, предотвращающей разлет частиц по сторонам. В установке предусмотрено автоматическое изменение массы падающих частей, изменение скорости удара. Для исследований брали образцы из сучьев тополя, березы, ели, сосны и дуба диаметром 50—100 мм и длиной 4 см.

Микроскопический анализ измельченной древесины проводили с помощью биологического микроскопа с фотоприставкой. Сучья в процессе разрушения фотографировали скоростной кинокамерой СКС-1М.

Для регистрации изменения усилия во времени использовали электроннолучевой осциллограф С1-19Б с фотоприставкой и фотоаппаратом «Зенит-3». С помощью графического интегрирования осциллограммы усилие — время удалось выделить затраты энергии на отдельные этапы деформации.

Осциллограмма процесса — заданная графическая функция времени

$$P = f(t),$$

где P — сила;

t — время.

Пренебрегая упругими свойствами ударника, можно записать

$$P = -ma,$$

здесь m — масса ударника;
 a — ускорение в момент удара,
 тогда

$$a = -\frac{1}{m} f(t).$$

Дважды интегрируя это уравнение, получили величину деформации ударного сжатия

$$\Delta h = v_0 t - \frac{1}{m} \int_0^t \int_0^t f(t) dt.$$

Работу, затраченную на разрушение и деформирование образца,

$$A = \int_0^h f(h) dh$$

определяли по площади диаграммы усилие — деформация.

Исследования показали, что эффективность измельчения древесины сучьев вдоль и поперек волокон и коэффициент анизотропии увеличиваются как с понижением влажности ниже предела гигроскопичности, так и с повышением выше этого предела (рис. 1).

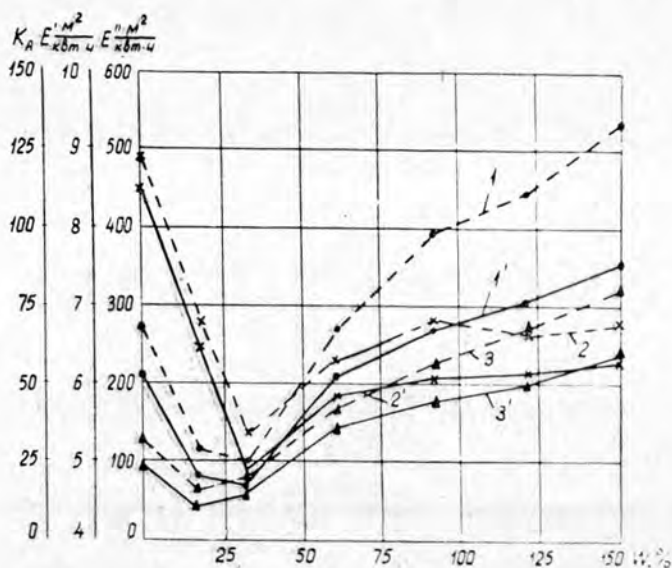


Рис. 1. Зависимость показателей измельчения сучьев ударным сжатием от их влажности

1 — эффективность измельчения древесины вдоль волокон с учетом расщепленности; 1' — то же без учета расщепленности; 2 — эффективность измельчения древесины поперек волокон с учетом расщепленности; 2' — то же без учета расщепленности; 3 — коэффициент анизотропии с учетом расщепленности; 3' — то же без учета расщепленности.

Компоненты, из которых состоит древесина, имеют различную сопротивляемость действию ударной нагрузки. Древесина влажностью до предела гигроскопичности деформируется, в основном, вследствие сжатия клеточных полостей и воздуха. Если же клетки значительно заполнены водой, то под действием кратковременной сжимающей на-

грузки вода не успевает перемещаться, клетки ведут себя как жесткие тела. Такое положение вполне соответствует принципу разделения древесины по межволоконным связям, когда сами полости клеток деформируются незначительно, а основное скольжение происходит по межклеточному веществу. Под микроскопом ясно наблюдалось сжатие полостей и сосудов клеток при влажности около 30% и незначительное их деформирование при влажности 120% (рис. 2 и 3).

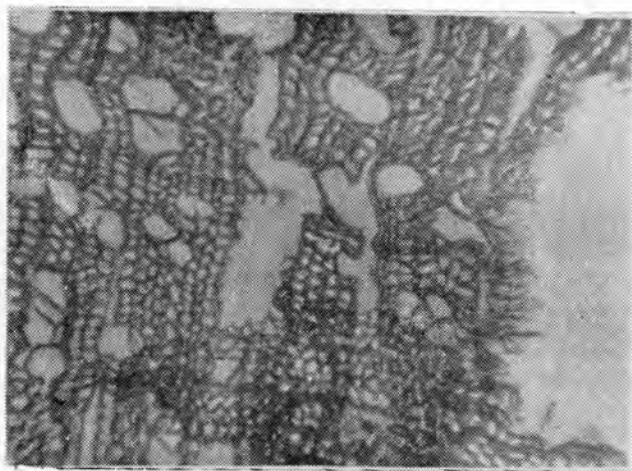


Рис. 2. Поперечный срез частицы древесины тополя, измельченной при влажности 30%.

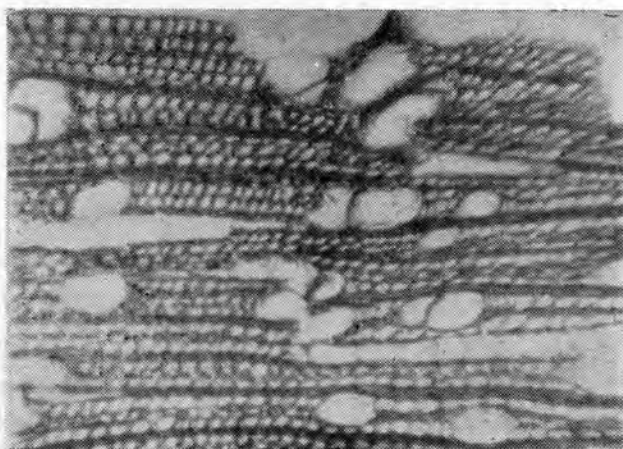


Рис. 3. Поперечный срез частицы древесины тополя, измельченной при влажности 120%.

Увеличение эффективности измельчения древесины с уменьшением влажности ниже 30% связано с возрастанием жесткости при высыхании, однако это не дает такого эффекта, как заполнение полостей клеток свободной водой. Повышение температуры от 20 до 100°C

приводит к возрастанию коэффициента анизотрии. Однако незначительное повышение эффективности измельчения вдоль волокон и необходимость дополнительных затрат на нагрев не позволяют рекомендовать нагрев как обязательную операцию.

При разрушении лиственных пород получают сильно расщепленные частицы. Сравнительно правильное анатомическое строение хвойных пород приводит к образованию мало расщепленных частиц почти правильной формы. Коэффициенты расщепленности вдоль волокон для тополя, березы, дуба, осины, ели, сосны соответственно равны 1,47; 1,25; 1,21; 1,45; 1,17; 1,05. Как показал анализ осциллограммы, более плотные породы разрушаются при больших напряжениях.

С увеличением удельной энергии удара до $7 \text{ квт}\cdot\text{ч}/\text{м}^3$ эффективность измельчения древесины сучьев вдоль и поперек волокон возрастает, но одновременно уменьшается коэффициент анизотрии процесса измельчения, что связано с укорочением частиц. Анализ полученных осциллограмм позволил вскрыть сущность происходящих явлений.

На кривой осциллограммы усилие — время (рис. 4) можно выделить три участка: быстрое возрастание усилия (упругая деформация), плавное изменение усилия (пластическая деформация и разрушение), быстрая разгрузка (упругая деформация) — отскок падающих частей. В дальнейшем наблюдаются упругие колебания системы: шабот — древесина — падающие части.

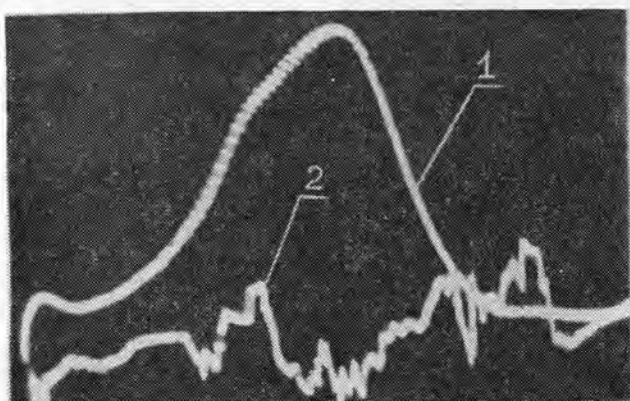


Рис. 4. Осциллограмма изменения усилия во времени.

1 — при ударном сжатии древесины; 2 — при упругих колебаниях системы после удара.

С увеличением удельной энергии удара доля упругих непроизводительных затрат уменьшается, что приводит к повышению эффективности процесса измельчения. Укорочение частиц связано с тем, что напряженное состояние древесины увеличивается с возрастанием удельной энергии удара. При скоростях удара 4—8 м/сек (при этих скоростях работает большинство современных ударных механизмов) эффективность и характер измельчения существенно не меняются. С увеличением количества ударов эффективность процесса измельчения, особенно вдоль волокон, снижается. При этом возрастает максимальное усилие удара, уменьшается время действия удара и повышается доля упругой отдачи в общей работе удара. На наш взгляд, указанные явления связаны с тем, что промежутки между более крупны-

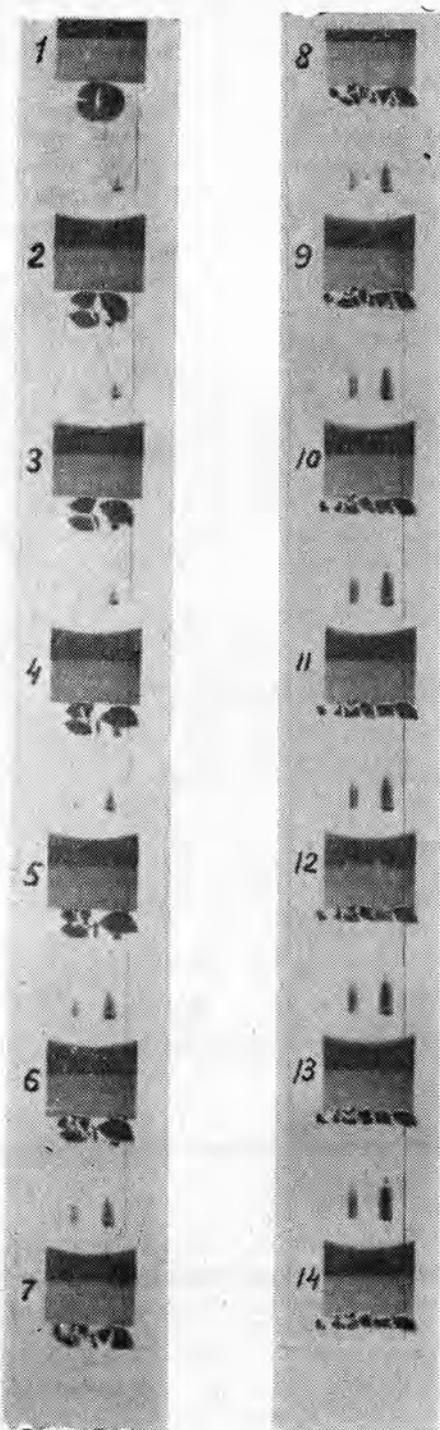


Рис. 5. Картина разрушения древесины сучьев при ударном сжатии.
1, 2, 3 и т. д. — последовательность кадров.

ми частицами заполняются мелкими, и по мере уменьшения крупности частицы освобождаются от дефектов.

Полученные результаты позволили предположить, что в процессе измельчения целесообразно применять сепарацию, то есть отделение частиц оптимальных размеров и мелких фракций. Для проверки такого предположения через один, два, три удара мелкие фракции отбирали и измельчали шестью ударами без промежуточного отбора. Число ударов между сепарациями названо цикличностью отсевов. С уменьшением цикличности однородность частиц по размерам увеличивалась, однако значительного повышения эффективности процесса измельчения не наблюдалось. Это, по-видимому, связано с уменьшением количества мелких фракций и недостаточным развитием отдельных трещин в частицах, удаленных из процесса.

Уменьшение размеров камеры измельчения в направлении, перпендикулярном волокнам древесины, снижает эффективность процесса измельчения как вдоль, так и поперек волокон. Это можно объяснить ограничивающим действием стенок, которые подпирают древесину, не давая возможности частицам свободно распределяться по поверхности при измельчении. Скоростная киносъемка позволяет вскрыть сущность происходящих явлений (рис. 5). Во время разрушения древесины сначала образуются пустоты между отделившимися частицами; если дробление продолжается, то частицы измельчаются еще больше, а меньшие из них выдавливаются в свободные пространства между более крупными, препятствуя дальнейшему разрушению древесины.

Лучшее измельчение происходит в случае применения ударника с плоской нижней поверхностью. Любые же неровности на поверхности приводят к концентрации напряжений и разрушению волокон в местах воздействия на древесину наиболее выступающих частей. Кро-

ме того, древесина, попадая во впадины, прессуется с боков, что замедляет процесс измельчения.

В случае измельчения сучьев, предварительно не раскроманных по длине, некоторая часть энергии расходуется на деформацию местного изгиба и перерезание волокон на границе контакта ударника с древесиной. Как показали исследования, эффективность измельчения древесины вдоль волокон при последовательном измельчении нераскроманной ветви снижается на 10—12% по сравнению с измельчением образцов длиной 4 см.

При изготовлении древесных частиц на молоте МБ-412 измельчали сучья и вершинки влажностью 80—120% при температуре 20°C; удельная энергия удара обеспечивала эффективное измельчение сучьев и составляла 3—6 квт-ч/м³, скорость удара 6 м/сек. Сучья подавали под молот не раскроманными по длине, форма нижней поверхности ударника плоская, боковые стенки камеры не препятствовали свободному распределению древесины по поверхности нижнего ударника. Отделяющиеся от ветви частицы удаляли из камеры и в дальнейшем их подавали под молот в определенном объеме. Так как энергия полных ударов молота постоянна, то путем изменения объема частиц древесины достигали оптимальной степени измельчения. Общие удельные затраты эффективной кинетической энергии на измельчение составляли 15—18 квт-ч/м³. Изготовленные из полученных частиц однослойные плиты при объемном весе 700 кгс/м³ и содержании связующего 9% имели сравнительно высокие физико-механические показатели (табл. 1). Для древесностружечных плит из отходов лесозаготовок при такой же плотности и таком же содержании связующего предел прочности при статическом изгибе равнялся 80—160 кгс/см².

Таблица 1

Физико-механические свойства плит	Порода		
	тополь	береза	ель
Предел прочности при статическом изгибе, кгс/см ²	199	183	260
Предел прочности при растяжении перпендикулярно пласти, кгс/см ²	3,6	4,1	5,4
Разбухание по толщине, %	11,7	13,8	12,9

Для осуществления измельчения древесины ударным сжатием можно использовать обычные молоты по металлу с пристройкой к ним подающего механизма.

Поступила 4 сентября 1972 г.

УДК 674.053 : 621.933.6

**ВЫСОКОЧАСТОТНАЯ ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА
ЗУБЬЕВ РАМНЫХ ПИЛ****К. И. ДЕМЬЯНОВСКИЙ*

Архангельский лесотехнический институт

Даны результаты экспериментальной разработки режимов закалки и смягчающей термообработки зубьев в ТВЧ. Приведены наиболее рациональные конструкции индукторов. Имеются сведения о повышении износостойкости опытных пил по сравнению с обычными пилами. Даны рекомендации о режимах закалки и отжига зубьев и использовании пил в промышленности.

Один из путей повышения эффективности лесопильных рам — улучшение работоспособности рамных пил. Для их изготовления применяют специальную сталь 9ХФ; разработана совершенная технология термической обработки пил. При подготовке к работе из-за необходимости плющения зубьев твердость пил ограничивается пределами *HRC* 40—45. Между тем обычно твердость дереворежущих инструментов значительно выше и равна 58—62. Известно, что износостойкость режущего инструмента при сохранении достаточной прочности увеличивается с повышением твердости. Это означает, что рамные пилы, изготавливаемые по ГОСТу, имеют заведомо пониженную износостойкость.

Противоречивые требования, предъявляемые к пилам при их изготовлении, не позволяют в полной мере использовать свойства стали для получения наилучших режущих качеств пил. Преодолеть противоречия и значительно повысить износостойкость рамных пил ученые стремятся различными путями. Наиболее известные из них: электроконтактная закалка зубьев; наплавка зубьев сталями повышенной износостойкости, стеллитом и сормайтотом; оснащение зубьев металлокерамическими твердыми сплавами; закалка поверхности режущей кромки в плазменном потоке и в поле токов высокой частоты.

Исследование технологии подготовки пил различными способами и испытание опытных пил позволяют объективно оценить каждый способ. Почти все способы существенно различаются между собой по трудоемкости подготовки пил и по другим важнейшим параметрам. Пока удалось внедрить в производство лишь рамные пилы с зубьями, наплавленными стеллитом ВЗК. Такие пилы, по данным СибНИИЛПа, успешно применяют на некоторых заводах Сибири при распиловке древесины различных пород. Простой способ существенного повышения износостойкости рамных пил — способ электроконтактной закалки зубьев [2] — не нашел широкого применения в промышленности, по-видимому, он требует дополнительного изучения и доработки некоторых вопросов технологии закалки зубьев [3].

В лесной промышленности, за малым исключением, продолжают применять пилы, износостойкость которых остается на уровне двадцатилетней давности.

* В работе принимал участие Ю. С. Кривошеин.

Один из реальных способов, позволяющих наиболее полно использовать свойства рамной стали, обусловленные химическим составом и термообработкой, — высокочастотная закалка зубьев.

Исследования показали, что при индукционном нагреве закаливаемых зубьев в отличие от электроконтактного нагрева полностью устранены всякие контактные трудности, нагрев характеризуется меньшим перегревом поверхности, более равномерным распределением температуры в закаливаемой зоне и большой гибкостью в варьировании температуры нагрева и протяженности закаливаемой зоны зубьев.

Опыт подготовки рамных пил высокочастотной закалкой зубьев показал, что это не сопряжено с коренными изменениями существующей технологии подготовки обычных пил с плющеными зубьями. В общую схему существующего технологического процесса подготовки пил добавляются лишь две операции — закалка и смягчающий отжиг зубьев. Обе эти операции осуществляются пропуском зубьев пил через индуктор высокочастотного генератора, подобно тому как пила проходит через заточный автомат.

Мы полагаем, что в настоящее время этот способ один из наиболее перспективных, так как дает реальную возможность широкого использования рамных пил с закаленными зубьями.

При исследовании решали следующие основные вопросы:

1. Разработка режимов закалки зубьев, обеспечивающих полную надежность рамных пил при существенном повышении износостойкости.

2. Изучение влияния многократного высокотемпературного нагрева зубьев на структуру стали и прочностные характеристики. (Для стали 9ХФ такие исследования не проводились.)

3. Разработка режимов смягчающего отжига закаленных зубьев перед очередным плющением.

4. Производственные испытания рамных пил с закаленными зубьями с целью установления надежности и износостойкости пил.

Всю экспериментальную часть работы по индукционной закалке плющенных зубьев пил выполняли на ламповом генераторе мощностью до 8,5 квт и частотой тока около 2,5 кгц. Общий вид экспериментальной установки показан на рис. 1. Генератор изготовлен на Цигломенском ЛДК г. Архангельска.

Скорость и глубина нагреваемого слоя, а также к. п. д. индукционной установки в значительной степени зависят от конструкции индуктора и его положения по отношению к нагреваемому зубу.

Нами разработано и проверено на практике несколько конструкций индукторов (рис. 2). Все испытанные индукторы позволяют осуществлять прямолинейное продвижение пилы в процессе закалки зубьев.

Для быстрой и точной установки пилы в требуемое положение относительно активной части индуктора, а также для продвижения пилы при закалке зубьев сконструирован и изготовлен простейший механизм (рис. 1). Чтобы повысить к. п. д. индуктора и усилить плотность электромагнитного поля при нагреве зубьев, индукторы снабжали накладками из оксидного ферромагнетика.

Температуру нагрева зубьев контролировали термопарами и оптическим пирометром с эталонной нитью накала. Термопары типа хромель — алюминель и хромель — копель с толщиной провололок 0,4—0,45 мм использовали лишь для исследовательских целей в связи с разработкой режимов закалки и изучения других вопросов.

Спай термопары зачеканивали в зубья опытных образцов. В целях максимального приближения спаев термопары к вершине зуба зубья после зачеканки дополнительно затачивали.

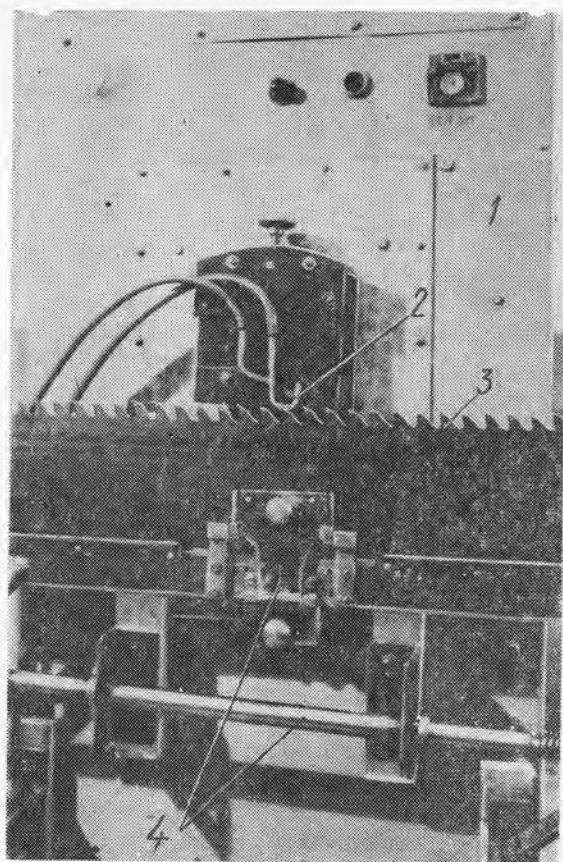


Рис. 1.

1 — генератор ТВЧ; 2 — индуктор;
3 — рамная пила; 4 — механизм
для регулирования положения пи-
лы в индукторе и ее перемещения.

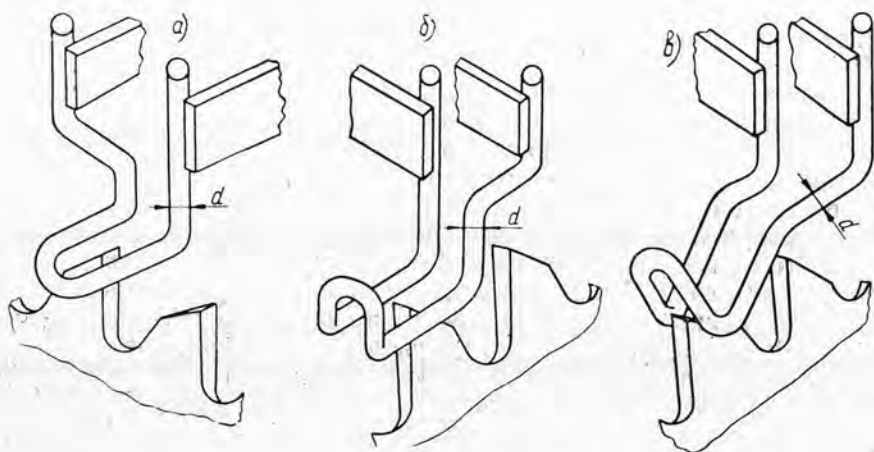


Рис. 2.

а — индуктор № 1; б — № 2; в — № 3.

Оптический пирометр использовали, главным образом, при закалке зубьев рамных пил для производственных испытаний. Для большей точности измерения перед включением нагрева эталонную нить предвари-

тельно накаливали до предполагаемой температуры. При большом числе зубьев имелась возможность постепенного корректирования накала нити прибора на нескольких зубьях. Такая методика позволила добиться необходимой для данных исследований точности измерений.

Исследования проводили при следующих условиях.

Постоянные факторы: толщина рамных пил; способ их предварительной подготовки (вальцовка, плющение зубьев и т. д.); твердость стандартных пил; способ охлаждения нагретых зубьев — спокойный воздух. В этих условиях охлаждение происходит, главным образом, вследствие отдачи тепла в тело пилы, размер (протяженность) закалочной зоны 5—6 мм (рис. 3).

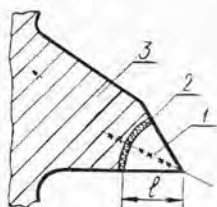


Рис. 3. Зуб, закаленный в ТВЧ.

1 — закалочная зона; 2 — переходная зона; 3 — исходная структура зуба; l — протяженность зоны закалки.

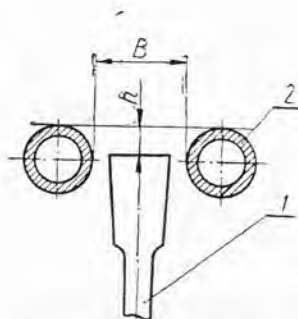


Рис. 4. Положение зуба в активной зоне индуктора.

1 — зуб; 2 — трубки индуктора.

Переменные факторы: конструкция индукторов; положение пилы в активной части индукторов h (рис. 4) от 0,3 до 6 мм; температура нагрева зубьев при закалке 8, 20, 900, 1000, 1160 и 1200°C; продолжительность нагрева 0,4—3 сек; расстояние между трубками в рабочей части индуктора 6—10 мм.

В качестве основных оценочных показателей закаленных зубьев приняты следующие.

1. Твердость закаленной или отожженной зоны зубьев, измеренная в направлении биссектрисы угла заточки (рис. 3) на расстоянии от вершины зуба от 0,3 до 9—10 мм. В зоне протяженности до 1 мм от вершины твердость измеряли на приборе ПМТ-3, а начиная от 1 мм и далее — на приборе Роквелла типа РВ (шкала С). Плоскости зубьев, предназначенные для измерения микротвердости, готовили как металлографические шлифы. Твердость измеряли на каждом зубе опытного образца и на двух-трех зубьях опытной рамной пилы.

2. Микроструктура закаливаемой зоны зубьев. Металлографические шлифы изготовляли по боковой, а в ряде случаев и по передней поверхности зубьев. От каждого опытного образца пилы, а также от каждой опытной рамной пилы для металлографического исследования отбирали не менее двух зубьев. Микроструктуру исследовали и фотографировали микроскопом МИМ-7 при увеличении до 600 раз.

3. Механические испытания с определением разрушающей силы при изгибе зубьев. Зуб нагружали силой через пуансон специальной конструкции на расстоянии 0,5 или 1 мм от вершины испытываемого зуба. Схема испытания, способ подготовки зубьев и другие данные приведены в одной из наших работ [4]. Все зубья, подлежащие испытанию,

дополнительно затачивали для получения единообразной геометрии. Исследования проводили на опытных образцах, вырезанных из отработанных рамных пил. Каждый образец имел 15—20 зубьев. Лишь после отработки режимов закалки на образцах закаливали зубья опытных пил, предназначенных для распиловки в условиях производства. Результаты испытаний обработаны статистически.

4. Работоспособность и износостойкость рамных пил с закаленными зубьями устанавливали на основании широких производственных испытаний при распиловке древесины. Всего испытано 38 опытных пил.

Производственные испытания проведены при распиловке круглого леса и бруса в весенне-осенний и зимний периоды на лесозаводах г. Архангельска. Лесорамы оснащали опытными пилами. Вместе с этими пилами в постав устанавливали также по две стандартных пилы в качестве контрольных.

Каждое полное испытание продолжалось не менее 3-х упрягов (около 8 час) работы без промежуточной переточки. Однако после каждого упряга пилы снимали с рамы для лабораторного контроля затупления. За каждое полное испытание пилы исследовали 4 раза: перед началом испытания и после каждого этапа работы.

Полное испытание контрольных пил продолжалось один упряг, а в некоторых случаях — два упряга. Вследствие резкого ухудшения качества распиловки работа контрольных пил в третьем упряге полностью исключалась.

При лабораторном исследовании пил определяли твердость на 2—3 зубьях и фотографировали профили 7—8 зубьев (12, 14, 16, 18, 20, 22, 26 и 28) при увеличении в 50 раз, а после полного испытания фотографировали зубья со стороны передней поверхности.

На основании фотографий определяли радиусы затупления главной режущей кромки ρ и трехгранных углов ρ_1 и ρ_2 . Однако эти данные не могут служить объективным критерием затупления. Поэтому в необходимых случаях мы дополнительно измеряли площадки износа со стороны передней грани зубьев.

После полного испытания пилы затачивали, и производственные распиловки повторяли. Значительная величина закалочной зоны позволяет трижды затачивать опытные пилы.

На основании выполненной работы сделаны выводы.

1. Разработаны режимы закалки. Оптимальные режимы при получении закалочной зоны протяженностью 5—6 мм приведены в табл. 1.

Таблица 1

Распиловка древесины	Температура нагрева, °С	Скорость нагрева, град/сек	Индуктор	Расстояние между витками индуктора, мм
Талой	940—980	400—500	№ 4 или 2	7—10
Промерзшей	900—940	450—500	№ 4 или 2	7—10

Примечание. При нагреве под закалку использовали ферритную накладку.

Микроструктура зубьев, закаленных по указанным режимам: бесструктурный мартенсит, троостит и мелкие карбиды. Количественное соотношение мартенсита и троостита изменяется в зависимости от режимов закалки (рис. 5). Мартенсит, имеющий особенности тонкой структуры [1], а также троостит, присутствующий одновременно с мартенситом, по-видимому, обеспечивают зубу высокую устойчивость против выкрашивания, несмотря на его высокую твердость.

2. Твердость закалочной зоны HRC 61—66, а переходной HRC 35—42 (рис. 6).

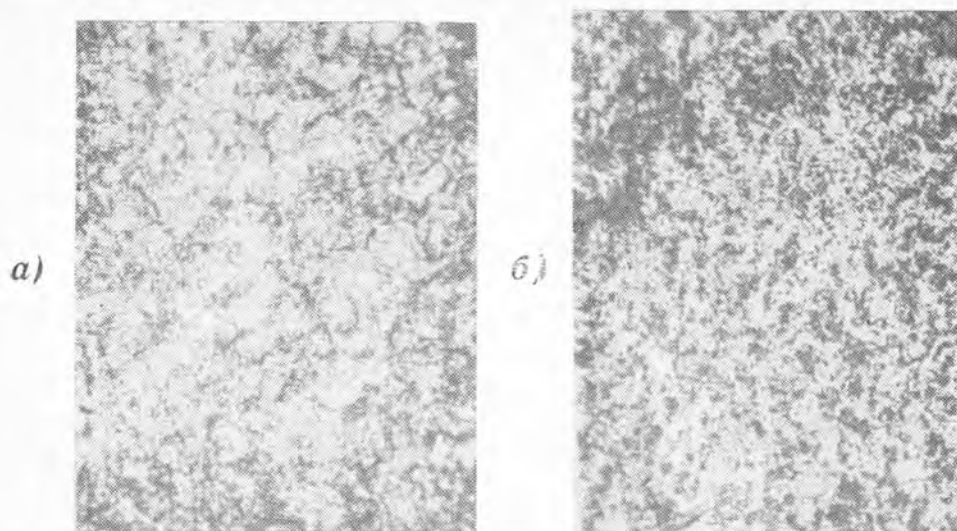


Рис. 5. Микроструктура закаленного зуба при разном режиме закалки (увелич. в 330 раз).

а — температура нагрева 940°C, продолжительность нагрева 1 сек;
б — температура та же, продолжительность — 2,5 сек.

3. Данные о прочности закаленных зубьев в условиях опыта приведены в табл. 2.

Таблица 2

Статистические показатели	Прочность зубьев, кг			
	закаленных при температуре нагрева, °C			до закалки
	920—940	990—1010	1180±10	
<i>M</i>	365—375	370	167	300—317
$\sigma \pm$	27,4	28,5	22,7	
<i>m</i> ±	8,67	9	7,2	
<i>p</i> %	2,38	2,44	7,2	
			4,3	

4. Разработан предварительный вариант диаграммы преимущественных режимов нагрева зубьев рамных пил при закалке (рис. 7).

5. Без ущерба для качества рамной стали 9ХФ, определяемой механическими свойствами и микроструктурой, возможен многократный нагрев зубьев (до 15 и более раз) до температур 1040°C при скорости нагрева 500—600 град/сек и до 1000°C при скорости нагрева 250—300 град/сек.

6. Разработан режим смягчающей термообработки закаленных зубьев в качестве подготовительной операции перед очередным плющением. Нагрев зубьев при отжиге выполняется без ферритной накладки при $h = 5 \div 6$ мм. Продолжительность нагрева 2—2,5 мин. При отжиге кончик зуба на длине 2,5—3 мм нагревается до 600—650°C. Твердость снижается с HRC 61—66 до HRC 32—38.

7. Испытания рамных пил с закаленными зубьями (протяженность закалочной зоны 4—5,5 мм и твердость HRC 60—64) при распиловке древесины в условиях лесозаводов показали полную надеж-

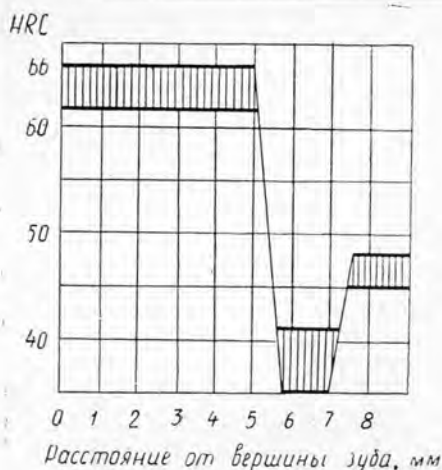


Рис. 6. Твердость зуба с закалочной зоной большой протяженности.

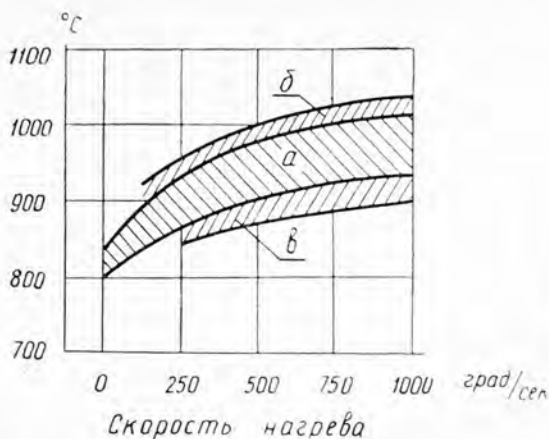


Рис. 7. Диаграмма преимущественных режимов закалки зубьев.

a — зона оптимальных температур; *б* — зона допустимых температур при распиловке талой древесины; *в* — то же при распиловке мерзлой древесины.

ность опытных пил и повышение износостойкости по сравнению с обычными пилами. При летней распиловке еловой древесины износостойкость увеличивается в 2—2,5 раза, а при распиловке промерзшей — в 1,8—2 раза.

Следовательно, рамные пилы с закаленными ТВЧ зубьями можно широко внедрять в практику работы лесопильно-деревообрабатывающих производств.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Г. Ф. Головин, М. М. Замятин. Высокочастотная термическая обработка. М.-Л., Изд-во «Машиностроение», 1968. [2]. А. Э. Грубе, А. В. Алексеев. Авторское свидетельство 94812, 1950. [3]. К. И. Демьяновский и др. Внедрение рамных пил повышенной износостойкости на потоке лесопека ЛДК Цигломенский. Научный отчет АЛТИ, Архангельск, 1970. [4]. К. И. Демьяновский. Исследование прочности режущей части дереворежущего инструмента. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1970.

Поступила 1 июня 1972 г.

УДК 674.053

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КРИТЕРИЯ ЗАТУПЛЕНИЯ ДИСКОВЫХ ПИЛ

В. В. ШКУТКО

Хабаровский политехнический институт

Для определения периода стойкости режущих кромок зубьев пилы предлагается в качестве критерия затупления принимать высоту износа трехгранного угла и относительное увеличение мощности, затрачиваемой на резание. Для визуального наблюдения за состоянием зубьев пилы рекомендуется применять простейшие оптические приборы (МИР-2) с набором эталонов форм затупления.

Износ дереворежущего инструмента в процессе его работы приводит к затуплению режущих элементов резца, что выражается в изменении его микрогеометрии. Изменение микрогеометрии резца принято

списывать так называемыми кривыми затупления, которые характеризуются различными параметрами, зависящими, в свою очередь, от ряда факторов. До настоящего времени не определены параметры, которые связали бы микрогеометрию резца с его режущими способностями и были бы удобны для применения в качестве единого критерия при всех условиях резания.

Для определения степени и характера затупления инструмента исследователями предложен ряд различных параметров; их обобщенные данные привел в своей работе проф. А. Э. Грубе*. Но все предлагаемые параметры обладают одним существенным недостатком: в производственных условиях они практически не применимы, так как требуют лабораторного определения значений.

Известно, что затупление инструмента ухудшает качество обработки, приводит к повышенному энергопотреблению вследствие роста сил резания и снижает производительность труда. Однако до сих пор нет четко установленного критерия, указывающего на необходимость переточки инструмента с определенного момента его работы.

Нами были проведены специальные исследования по определению характера и степени износа и затупления зубьев при продольном пилене дисковыми пилами с разведенным зубом.

Как известно, продольное пиление дисковыми пилами представляет процесс взаимодействия резца с древесиной в закрытом пространстве, что, безусловно, отражается на специфике работы и износа режущих элементов зубьев пилы. По мнению А. Э. Грубе и других авторов, а также по данным наших исследований, огромную роль в формировании стенок пропила выполняет внешний трехгранный угол зуба пилы, образованный короткой, боковой и задней его кромками. Трансформация трехгранного угла в процессе износа зависит от ряда факторов (геометрии резца, угла резания, величины подачи, скорости резания, породы древесины и т. д.) и тесно связана с изменением качества обработки. Исследованиями установлено влияние величины и характера затупления трехгранного угла на качество обработки и силы резания при различных условиях.

По результатам проведенных исследований сделаны следующие основные выводы**.

1. Режущие элементы резца наиболее интенсивно затупляются в начальный период резания (0—3 км пути, пройденного резцом в древесине), что связано с аварийным износом. В связи с этим происходит резкое ухудшение качества обработки и рост сил резания.

2. При закрытом резании наибольшей трансформации подвержен внешний трехгранный угол зуба пилы, причем наибольшему износу подвергаются его передняя и боковая грани.

3. Микрогеометрия вершины трехгранного угла, измеренная по высоте износа в пределах 0,2 мм, определяется уравнением гиперболоида.

4. Роль режущих элементов резца в формировании поверхности по мере их износа различна. Если при остром резце поверхность формируется короткой и боковыми кромками, то при затупленном высота неровностей древесины зависит от состояния трехгранного угла зуба пилы.

5. Режущая способность зуба пилы зависит от формы трехгранного угла, полученной в результате износа, и определяется высотой износа этого угла, измеренной по его биссектрисе.

* А. Э. Грубе. Дереворежущие инструменты. Изд-во «Лесная промышленность», 1971.

** Методику и результаты экспериментов не приводим.

6. Затупление зубьев дисковых пил приводит к резкому росту составляющих силы резания (касательной, нормальной, боковой), особенно в начальный период.

Анализ исследований по изысканию критериев затупления инструментов, работающих в условиях закрытого резания, приводит к следующим заключениям.

1. Качество поверхности не может являться критерием затупления в связи с тем, что на формирование поверхности обработки влияет ряд других факторов, главный из которых — точность и качество подготовки и установки инструмента.

2. Измеряемая микрогеометрия зуба пилы, определяемая различными параметрами (радиусами закругления режущих кромок, износом передней и задней граней и т. д.), в принципе может служить критерием затупления инструментов, производящих открытое резание, и только при лабораторном исследовании. Для производственных условий измерение этих параметров практически невозможно при существующем уровне организации инструментальных хозяйств.

3. В условиях закрытого резания можно использовать более надежные показатели затупления инструмента: а) высоту износа трехгранного угла; б) изменение сил резания.

Исходя из этого, в производственных условиях для определения критерия затупления дисковых пил с разведенными зубьями в качестве показателей затупления предложено использовать три фактора: 1) износ по высоте внешнего трехгранного угла пилы, измеряемый по его биссектрисе; 2) визуальное сравнение формы затупления зубьев дисковых пил при помощи простейших оптических приборов с эталонными (оптимальными) формами затупления; 3) изменение силы резания в пересчете на мощность, затрачиваемую на резание.

Для измерения высоты износа трехгранного угла зуба пилы необходимо изготовить прибор, подобный представленному на рис. 1, с использованием стрелочных индикаторов часового типа 2ИГМ с точ-



Рис. 1. Прибор для измерения высоты износа трехгранного угла зуба пилы.

ностью измерения 0,002 мм. Конструкция и работа прибора заключается в том, что регулируемые по высоте и ширине три опорные ножки, закрепленные в корпусе прибора, опираются на базовые поверхности пилы, а мерительный стержень индикатора, закрепленного в этом же корпусе, соприкасается с кончиком контролируемого зуба. В качестве базовых поверхностей принимаются задние грани двух зубьев, на

которых после заточки ставятся точечные керны для ножек, а третьей опорой служит боковая плоскость пилы. Закрепленный в корпусе индикатор можно настраивать для проведения измерений. Для контроля выбирают несколько зубьев, расположенных в разных частях пилы, и производят соответствующую подготовку. Начальный отсчет делается при острых зубьях, а последующие — в промежутках работы инструмента.

Конструкция прибора позволяет производить измерения, не снимая инструмента со станка. Показания индикатора следует записывать в специальный журнал.

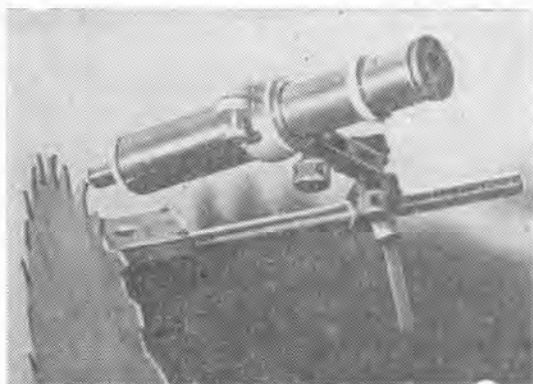


Рис. 2. Определение с помощью микроскопа МИР-2 степени затупления зубьев пилы.

Для визуального наблюдения за состоянием зубьев пил можно использовать микроскоп МИР-2 с магнитной стойкой (рис. 2), позволяющий рассматривать резец при стократном увеличении (соответствующим подбором объектива и окуляра). Магнитная стойка обеспечивает расположение микроскопа в любом положении относительно объекта. Наблюдения можно производить не снимая инструмента со станка. Для опытного инструментальщика картина, которую он будет наблюдать с помощью этого прибора, даст возможность выяснить вопрос о дальнейшем использовании этого инструмента. Кроме того, можно иметь набор эталонных зубьев с оптимальным износом, сравнение с которыми поможет определить степень пригодности инструмента для дальнейшей эксплуатации.

Конструкция прибора не требует специальной подготовки, но нужен навык в определении степени затупления. С помощью этого прибора можно измерить некоторые параметры затупления, в частности, величину износа короткой и боковой кромок, если рассматривать зуб со стороны передней грани. В данном случае имеет место определенная сложность. Как известно, резец представляет собой объемное тело, и геометрической линии износа как таковой нет, а есть поверхность износа, поэтому при измерениях затупления совокупности указанных кромок могут быть допущены субъективные суждения. Чтобы облегчить работу инструментальщика, при использовании указанного микроскопа необходимо нанести на линзе окуляра критические кривые затупления, полученные в результате проведенных исследований.

Как отмечалось выше, затупление инструмента вызывает рост сил резания, что приводит к повышению мощности, затрачиваемой на резание и подачу. В производственных условиях нет необходимости за-

мерять силы резания, однако можно и нужно снабдить выпускаемые станки показывающими ваттметрами, а лучше записывающими типа НЗ48. Применение ваттметров для измерения относительного увеличения мощности может стать одним из важнейших критериев затупления инструмента.

Использование предлагаемых показателей затупления дает возможность оценить режущие свойства резца при неограниченном диапазоне его затупления.

Поступила 6 марта 1972 г.

УДК 621.912

К ВОПРОСУ УМЕНЬШЕНИЯ ШУМА СТАНКОВ СТРОГАЛЬНОЙ ГРУППЫ

Н. Н. ЧЕРЕМНЫХ, М. П. ЧИЖЕВСКИЙ

Уральский лесотехнический институт

Приводится краткое состояние вопроса по обесшумливанию станков строгальной группы в СССР и за рубежом. Указаны рекомендации по применению некоторых шумопонижающих устройств на фуговальных и рейсмусовых станках.

Станки строгальной группы, имеющие большие угловые скорости рабочих органов, являются сильными источниками возникновения производственного шума. Уменьшение шума в помещениях, где они установлены, — сложная и трудноразрешимая задача. Это обусловлено, главным образом, принятой технологией, предусматривающей размещение станков в одном помещении с обслуживающим персоналом. Необходимость присутствия рабочего рядом со станком (рейсмусовые, строгальные станки) или в непосредственной близости с режущими инструментами (фуговальные станки) заставляет искать методы и средства, эффективно снижающие шум и не оказывающие какого-либо влияния на обслуживание и работу станка, а также на внедрение новых процессов в производство.

Осуществление мероприятий по снижению шума нередко существенно влияет на конструкцию и эксплуатацию новых и уже существующих машин. Вследствие этого в практике борьбы с шумом следует добиваться конечных результатов только постепенно, этапами. Наиболее рациональный способ борьбы с шумом станков — уменьшение шума в источнике. Эта задача пока не решена и решить ее, видимо, можно только при создании станков, работающих, возможно, по другому принципу.

Исследованию шума станков строгальной группы, разработке мероприятий и шумопонижающих устройств посвящен ряд работ, выполненных НИИ и учебными институтами в СССР и за рубежом.

За рубежом первые работы в этой области были проведены в Технологическом институте в Брауншвейге (ФРГ). В Советском Союзе впервые сотрудники ВНИИОТа (ЛИОТа) в 1961—1962 гг. в широком масштабе произвели измерение уровней шума в деревообрабатывающих цехах. Ученые ВНИИДМАШа (г. Москва) повторили некоторые опыты предыдущих исследований (винтовые ножи, перфорация накладок-стружколомателей и задних прижимов ножевого вала) на станках СФ-6 и СР6-6.

В 1961—1963 гг. в УкрНИИМОДе (г. Киев) были выполнены исследования по выявлению источников шума и изысканию способов его

снижения фуговальных станков СФ4-4 и СФ6-2. В 1965—1966 гг. сотрудники кафедры «Детали машин» УЛТИ провели некоторые шумопонижающие мероприятия на четырехстороннем строгальном станке типа ПАРК-1 и рейсмусовом станке СР6-6.

Начиная с 1965 г. во ВНИИДреве ведутся работы по созданию малозумного высокопроизводительного инструмента для цилиндрического фрезерования древесины и искусственных древесных материалов. Окончательная конструкция ножевого вала для рейсмусового станка СР6-6 выглядит следующим образом. Ножи представляют собой плоскую серповидную пластину толщиной 1 мм из стали 85Х6НФТ с твердостью по Роквеллу 58—61 ед. В корпусе вала профрезерованы два винтообразных паза, в которых при помощи винтообразных клиньев и болтов ножу придается винтообразная форма и его окончательно зажимают. Снижение шума при этом на 10 дб. На Уралхиммашзаводе под руководством авторов статьи был изготовлен подобный вал с тонкими ножами для станка СФА-6. Вал собирали вместе с подшипниковыми опорами и устанавливали на станке. После непродолжительного срока эксплуатации вал был снят со станка вследствие затупления ножей и невозможности взять их для заточки, не снимая подшипниковых опор.

На сложность изготовления и эксплуатации винтовых ножей указывает Шмутцлер (ГДР) [8]; он рекомендует ставить резиновыекладки на подающие вальцы с целью снижения механического шума. Л. Ф. Кулешов и В. П. Гриньков [3] исследовали влияние формы ножей на шумообразование при цилиндрическом фрезеровании. В работе [7] описано снижение шума строгальных и калевочных станков отгораживанием. Для увеличения (до 22 дб) звукоизоляции стенок камер рекомендуется засыпка из сухого песка.

В 1965—1968 гг. в МВТУ им. Баумана [2] были проведены исследования шума деревообрабатывающих станков в натуральных условиях. В результате получены теоретические зависимости шумообразования при цилиндрическом фрезеровании. Начиная с 1968 г. в УЛТИ ведется работа по широкому внедрению опытно-конструкторских разработок на предприятиях, эксплуатирующих станки строгальной группы [6]. В одной из последних работ Шмутцлера [9] рассматриваются вопросы борьбы с шумом рейсмусовых станков путем помещения их в кожухи (капсулы). Даны рекомендации по конструированию станков, а также приведена методика расчета шумозаглушающих каналов для подачи — выхода заготовок из станка при прямоугольном (по И. И. Славину) и круглом сечении.

В деревообделочном цехе вагонного депо Львов — Клепаров [1] для создания благоприятной рабочей обстановки в цехе строгальный станок был изолирован в специально построенной кабине. Кабина примыкает одной стороной к наружной стене здания и закрывает станок полностью, лишь в боковых стенках сделаны отверстия для подачи материала. Снижение шума на расстоянии 1,5 м от кабины по сравнению с шумом в кабине — на 16 дб.

В Брянском технологическом институте был создан и испытан ступенчатый ножевой вал опытной установки на базе рейсмусового станка СРЗ-4 [4]. Достигнуто снижение шума на 15 дб.

Основные источники возникновения шума станков строгальной группы

При холостом вращении ножевых валов шум возникает вследствие аэродинамических процессов в зоне вращения, механических

вибраций от неуравновешенности вала и от подшипников качения. Преобладает шум аэродинамического происхождения (от неоднородности потока) и вихревой.

При рабочем ходе шум складывается из шума резания, аэродинамического шума (последний увеличивается из-за большого уплотнения воздуха в момент внедрения ножей в заготовку), шума от вибраций вала и обрабатываемой заготовки, интенсивные объемные деформации которой передаются ножевому валу. При строгании заготовок, ширина которых соизмерима с длиной вала, преобладает шум механического происхождения.

Шум от электропривода, механизмов подачи и трубопроводов системы пневмотранспорта значительно ниже шума, создаваемого механизмом резания; на общий шум станка этот шум практически не влияет.

Некоторые мероприятия, способствующие снижению шума

Облицовка поверхности веерного ограждения ножевой щели в столе фуговальных станков слоем поролона. Ограждение, которым комплектуются станки, состоит из рычага; к нему прикреплена штора, изготовленная из набора деревянных планок, надетых на два стальных тросика или на две брезентовые полосы. Ограждение обладает недостаточными шумозащитными свойствами (5 дБ) вследствие того, что поверхность его, обращенная к ножевой щели, имеет малый коэффициент звукопоглощения и зазоры между планками шторы.

Авторы данной статьи на фирме «Урал» испытали ограждение, имеющее глубокий паз на поверхности шторы, обращенной к ножевой щели; в пазу при помощи сыромятных ремешков и гвоздей был укреплен лист поролона толщиной 10 мм (рис. 1). Звуковые волны аэро-

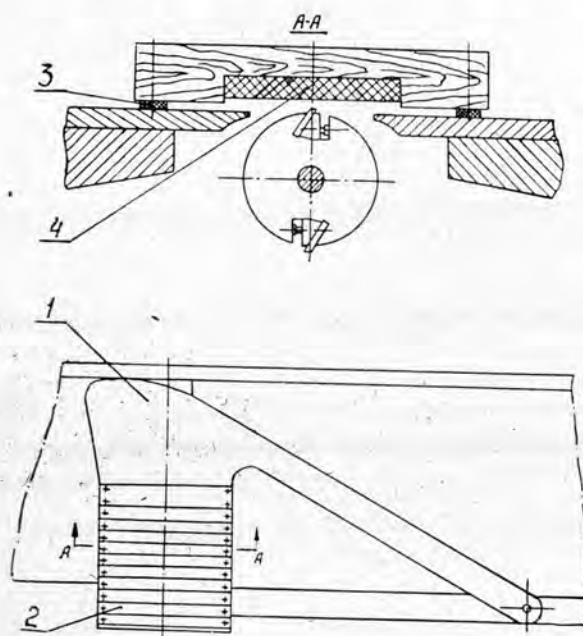


Рис. 1. Веерное ограждение ножевой щели в столе фуговального станка.

1 — рычаг; 2 — штора; 3 — брезентовая полоса; 4 — слой поролона.

динамического шума от вращения ножевого вала свободно проходят к звукопоглощающему материалу, укрепленному в пазу шторы, кото-

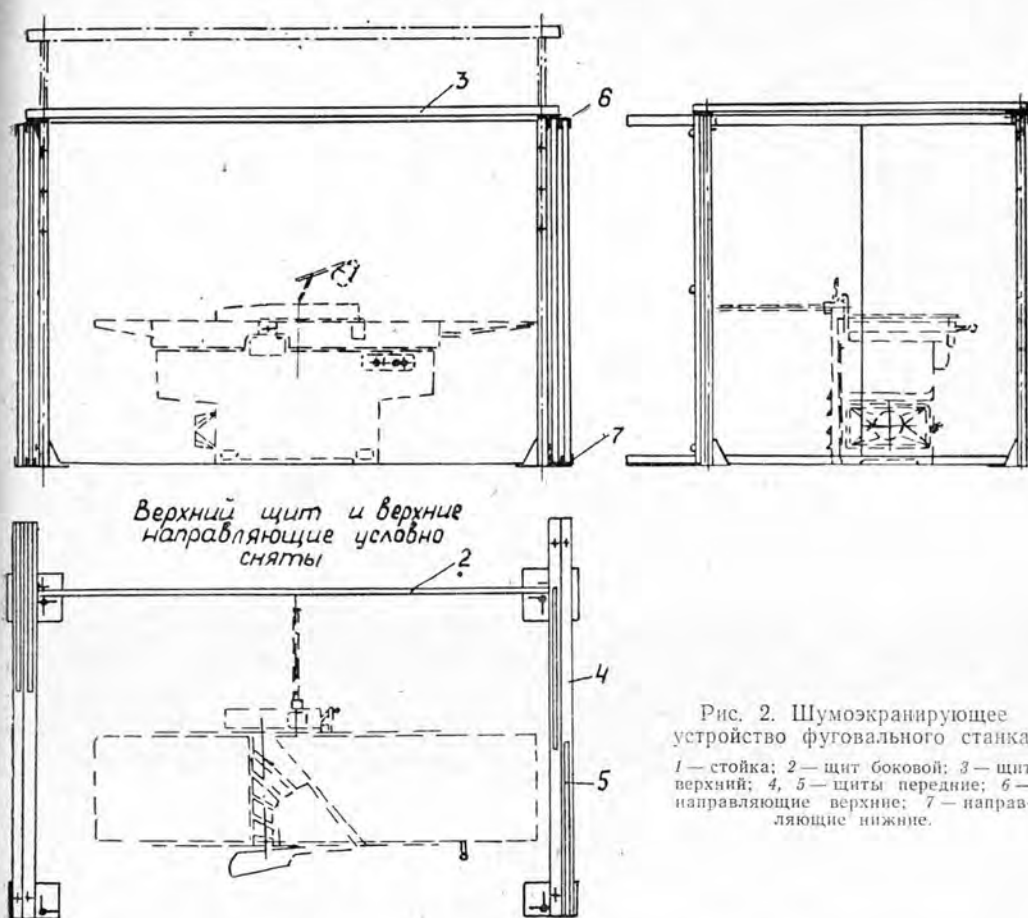


Рис. 2. Шумозранирующее устройство фуговального станка.

1 — стойка; 2 — щит боковой; 3 — щит верхний; 4, 5 — щиты передние; 6 — направляющие верхние; 7 — направляющие нижние.

рая полностью (при холостом ходе) или частично (при рабочем ходе) закрывает щель ножевого вала и находится в непосредственной близости с зоной шумообразования. Звуковая энергия волн, прошедших к звукопоглотителю, частично переходит в тепловую вследствие вязкого трения воздуха в порах звукопоглотителя. Это способствовало снижению шума на отдельных частотах до 3 дБ.

Экранирование шума фуговальных станков. В работе [5] описана конструкция шумозранирующего устройства фуговального станка. С целью повышения эффективности экранирования при сохранении удобства обслуживания станка мы предлагаем с передней и задней сторон станка (по направлению подачи) подвижно установить по два торцевых звукопоглощающих щита в направляющих, смонтированных на вертикальных стойках, на верхней части которых установлен верхний щит (рис. 2)*.

Установка звукоизолирующих колпаков. Колпак представляет собой звукоизолирующую конструкцию, плотно прилегающую по контуру к станку до уровня стола и снабженную окнами для входа и выхода заготовки из станка; окна закрыты пластинами из технического войлока. По нашему мнению, недостаток известной

* Решение о выдаче авторского свидетельства на имя Н. Н. Черемных и М. П. Чижевского по заявке 1481445/29—33.

конструкции — неудобство использования цельного колпака; например, чтобы получить доступ к ножевому валу, колпак необходимо поднять над станком и закрепить в этом положении. Мы предлагаем выполнить колпак разъемным по оси станка, совпадающей с направлением подачи. Это позволит снимать колпак со станка, раздвигая обе половины в сторону, а соединять половины между собой — с помощью замков патефонного типа.

Установка шумозаглушающих каналов. Известные устройства представляют собой звукоизолирующую коробку, покрытую изнутри звукопоглощающим материалом и состоящую из верхней торцевой и двух боковых стенок. Коробка имеет отверстия в торцевой стенке для подачи материала. Каналы (со стороны входа и выхода заготовок на столе) крепятся неподвижно на столе рейсмусового станка. Недостаток этой конструкции, по нашему мнению, в том, что при обработке тонких заготовок шум в канале ослабляется мало вследствие большой площади оставшегося (не занятого заготовками по высоте) поперечного сечения канала, так как ослабление шума обратно пропорционально площади поперечного сечения.

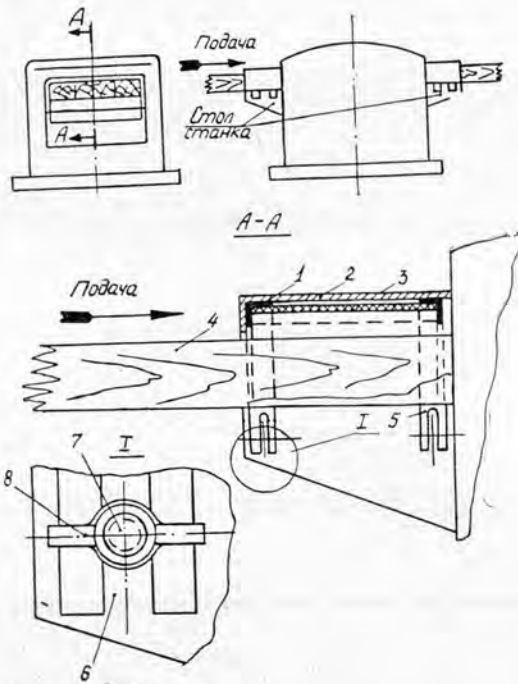


Рис. 3. Шумозаглушающие каналы рейсмусового станка.

1 — каркас; 2 — звукоизолирующий слой; 3 — звукопоглощающий материал; 4 — обрабатываемая заготовка; 5 — уголок каркаса; 6 — прорезь вертикальная; 7 — шпилька; 8 — гайка-барашек.

Мы предлагаем устанавливать канал на столе станка подвижно в вертикальной плоскости (рис. 3). Такая конструкция позволит, опуская канал относительно стола при обработке тонких заготовок, уменьшить площадь оставшегося поперечного сечения канала и тем самым ослабить шум.

Помещение рейсмусовых станков в легкие звукоизолирующие кожухи. Остановимся на некоторых результатах исследований звукоизолирующего кожуха на одностороннем рейсмусовом станке СР6-7 в ремонтно-строительном цехе Кировского шинного завода. Данное мероприятие было проведено с целью снижения шума

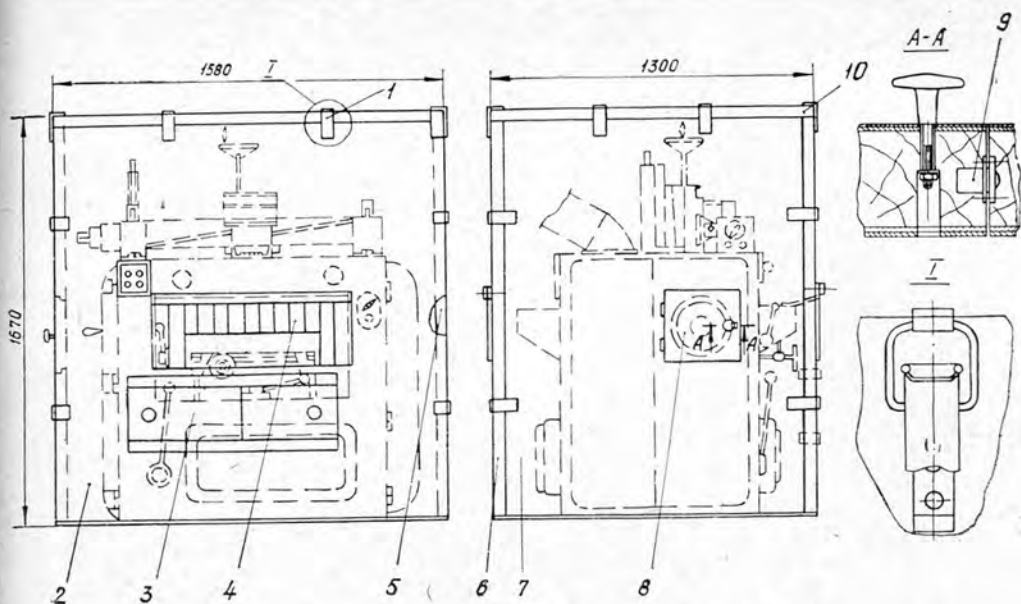


Рис. 4. Звукоизолирующий кожух рейсмусового станка.

1 — замок; 2 — щит передний; 3 — задвижка; 4 — шторка войлочная; 5 — щит боковой;
 6 — щит задний; 7 — щит боковой левый; 8 — створка; 9 — защелка шариковая;
 10 — щит верхний.

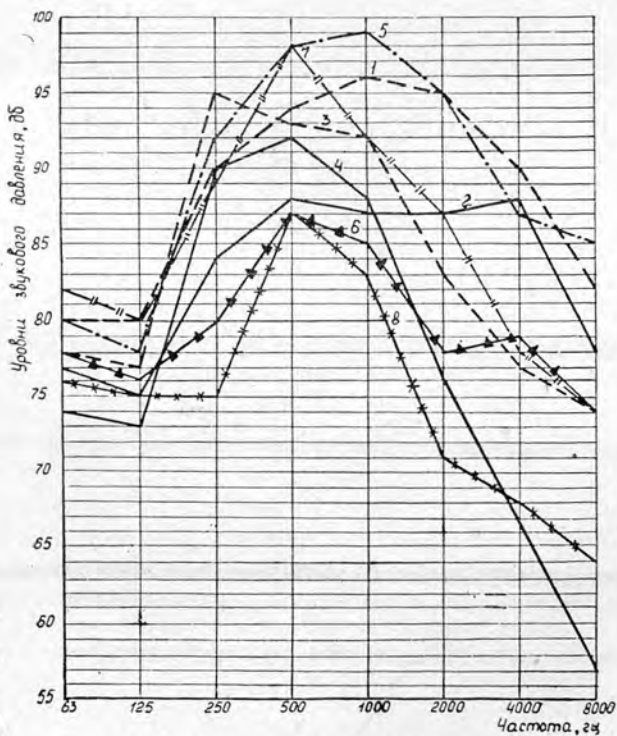


Рис. 5. Спектры шума станка.

1 — рабочее место станочника, рабочий ход; 2 — то же, но станок в кожухе; 3 — рабочее место станочника, холостой ход; 4 — то же, но станок в кожухе; 5 — рабочее место подручного, рабочий ход; 6 — то же, но станок в кожухе; 7 — рабочее место подручного, холостой ход; 8 — то же, но станок в кожухе.

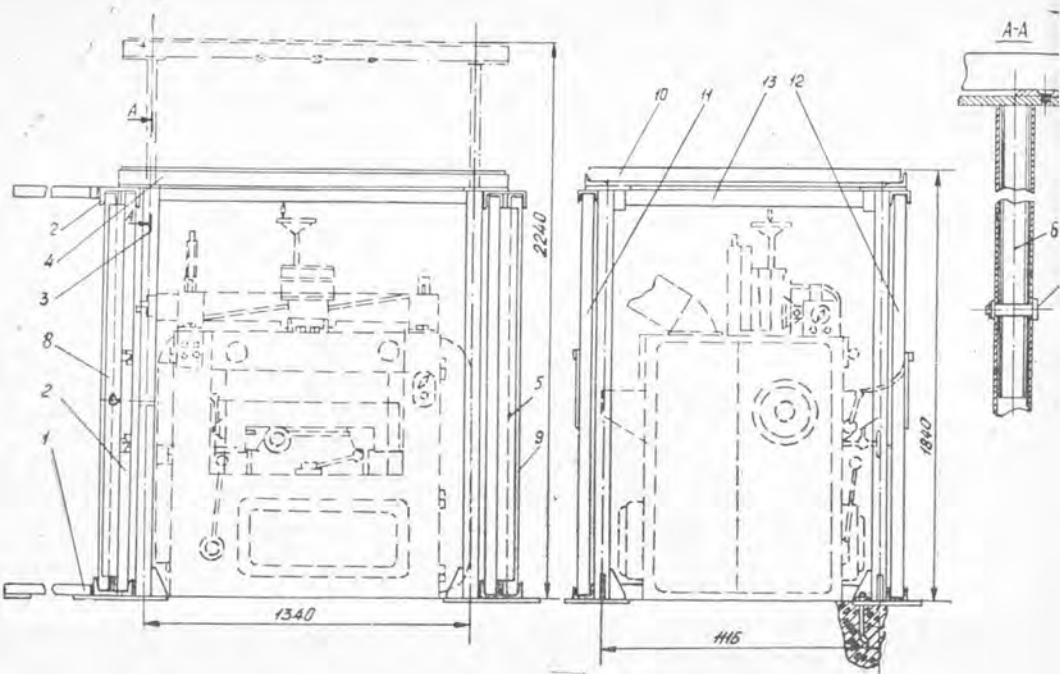


Рис. 6. Звукоизолирующий кожух реймусового станка с выдвижными щитами.

1 — направляющие нижние; 2 — направляющие верхние; 3 — стойка; 4 — рама подвижная; 5 — уплотнение войлочное; 6 — шток; 7 — палец; 8, 9, 10, 11, 12 — щиты.

на рабочих местах станочника и подручного, а также уменьшения шума, излучаемого в пространство цеха (рис. 4).

Из соображений технической эстетики передний угол кожуха (со стороны станочника) может быть выполнен плоскосрезанным. Устройство шумозаглушающих каналов на окнах для входа — выхода заготовок, естественно, повышает звукоизоляцию кожуха, но по опыту авторов статьи, каналы значительно затрудняют процесс подачи заготовок в станок, так как в этом случае край станка стола не виден станочнику.

Спектры шума станка представлены на рис. 5 (створка в левом щите и войлочная шторка в переднем были открыты). Измерения проводили с помощью комплекта для измерения шума и вибраций (ИШВ-1) № 42: При рабочем ходе строгали сосновые доски шириной 130 мм с относительной влажностью 20—25%, толщиной 25 мм. Толщина строгания 1,5 мм. Микрофон шумомера типа М-101 был установлен на рабочих местах станочника и подручного рабочего на расстоянии 0,5 м от края стола, на высоте 1,5 м от уровня пола. Передний, задний и боковые щиты могут быть расположены подвижно в направляющих, смонтированных на вертикальных стойках. Верхний щит при этом устанавливают подвижно с целью доступа, например, к ножевому валу (рис. 6).

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Е. В. Бобин. Звукоизоляция четырехстороннего строгального станка. Журн. «Деревообрабатывающая промышленность» № 12, 1970. [2]. А. Ф. Козьяков, Е. Я. Юдин. Исследования по снижению шума деревообрабатывающих станков. Научные труды НИИСФа, вып. 5, 1968. [3]. Л. Ф. Кулешов, В. П. Гринь-

ков Влияние формы ножей на образование шума при цилиндрическом фрезеровании. Журн. «Деревообрабатывающая промышленность» № 5, 1966 [4]. В. А. Потанин. Снижение шума продольно-фрезерных станков. Журн. Деревообрабатывающая промышленность № 5, 1970. [5]. А. А. Санников, В. Н. Старжинский. Снижение шума в производственных помещениях лесопильных и деревообрабатывающих предприятий. МОД. Реферативная информация, № 19, 1966. [6]. Н. Н. Черемных, М. П. Чижевский. Снижение шума станков строгальной группы. МОД. Реферативная информация, № 1, 1971. [7]. J. H. F. Grundwood. Noise reducing enclosure for a planer and moulder. «Woodworking Industrie», 25, № 11, 1968. [8]. Schmutzler Wolfgang. Lärmbekämpfung bei der maschinellen Holzbearbeitung. «Holz Roh und Werksstoff», 25, № 4, 1967. [9]. Schmutzler Wolfgang. Lärmabwehr an Holzbearbeitungsmaschinen durch Kapselung. «Holzindustrie» № 6, 1970.

Поступила 10 июля 1972 г.

УДК 674.815-41

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОФИЛИРОВАННЫХ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

В. Н. ФУРЛЕТОВ, Е. Т. ПОПОВА

Архангельский лесотехнический институт

Исследованы вопросы технологии изготовления и физико-механические свойства древесностружечных плит, прессуемых на профилирующем поддоне. Выявлена принципиальная возможность изготовления плит повышенной плотности на существующем оборудовании цехов ДСП без увеличения расхода стружки и смолы. Установлено, что при прочих равных условиях профилированные плиты прочнее и жестче обычных древесностружечных плит.

Известно, что прочность и жесткость древесностружечных плит находятся в прямой зависимости от их объемного веса. Последний, в свою очередь, зависит от объемного (насыпного) веса стружечно-смоляного ковра, формата плиты и удельного давления прессования.

На отечественных заводах и в цехах по производству древесностружечных плит наибольшее распространение получили девятиэтажные гидравлические прессы ПР-6 с номинальным усилием 2000 т, достаточным для прессования плит объемным весом до 800 кг/м³. При одном и том же удельном давлении нужную степень уплотнения можно получить разными способами. В плоских плитах она достигается соответствующим подбором толщины стружечно-смоляного ковра и дистанционных планок гидравлического прессы. Если при заданных толщинах ковра и планок формировать стружечно-смоляную смесь не на плоский, а на профилированный поддон, то получается плита большей плотности, чем соответствующая плоская.

Экспериментальная проверка возможности прессования древесностружечных плит на профилированном поддоне была проведена в цехе ДСП Архангельского лесозавода № 4 объединения «Северолесоэкспорт». Цех ДСП производительностью 25 тыс. м³ плит в год оборудован отечественной конвейерной линией ДК-1. Цех выпускает плоские трехслойные плиты среднего веса размером 3500 × 1750 × 19 мм. Максимальное удельное давление прессования 30 кгс/см², время выдержки плит в горячем прессе около 10 мин. Объемный вес выпускаемых плит 600 кг/м³.

Отечественная промышленность выпускает лишь плоские алюминиевые поддоны, поэтому на первом этапе исследования были изготовлены гибкие вкладыши волнистого профиля. Вкладыш состоит из

алюминиевых стержней сегментного сечения, соединенных между собой узкими полосками жести на заклепках. Площадь поперечного сечения стержня $1,66 \text{ см}^2$. Требуемую степень уплотнения получали, варьируя шаг стержней вкладыша. Были изготовлены вкладыши двух типов: с расстоянием между осями стержней 50 и 37,5 мм.

Экспериментальные плиты были изготовлены в такой последовательности. На нижний поддон укладывали три вкладыша на расстоянии 10 см один от другого. Направление стержней вкладыша совпадало с направлением длинной стороны плиты. Формование стружечного ковра и прессование плит вели по обычной технологии метода периодического прессования. Вкладыш извлекали после обрезки плиты на форматном станке.

Прессование экспериментальных плит в производственных условиях выявило принципиальную возможность изготовления древесно-стружечных плит на существующем оборудовании при условии замены плоских поддонов профилирующими. На первых этапах освоения нового процесса можно использовать плоские поддоны с закрепленными на них алюминиевыми полосками требуемого профиля. Направление полосок обязательно должно совпадать с короткой стороной поддона для беспрепятственного сталкивания готовой плиты с поддона при передаче ее на форматный станок. На рис. 1 показан фрагмент профилированной плиты.

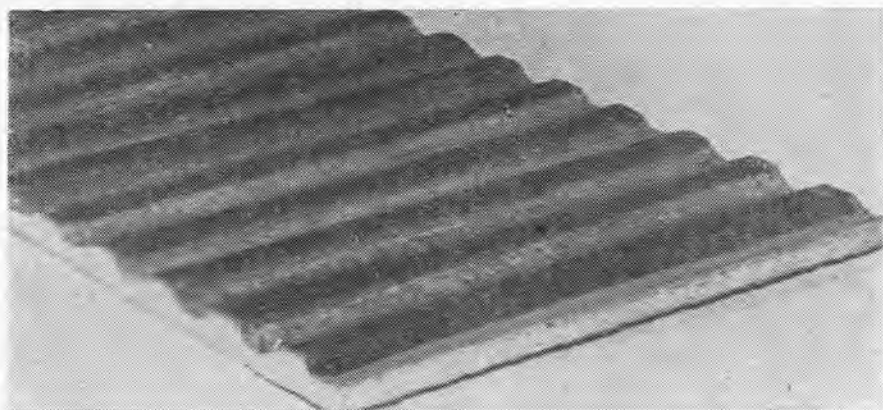


Рис. 1

В соответствии с задачами исследования были определены следующие характеристики профилированных и соответствующих плоских (контрольных) плит: изменение плотности в пределах одного шага стержней вкладыша, коробление, модуль упругости и предел прочности при статическом изгибе.

Изменение плотности плиты. Для определения этого показателя вырезали бруски шириной 10 мм и длиной 100 мм в направлении стержней вкладыша. Путем обмера и взвешивания брусков находили их объемные веса и относили к объемному весу плоской (контрольной) плиты. Изменение плотности по ширине профилированной плиты в пределах одного шага стержней показано на рис. 2, из которого видно, что плотность плиты между отпечатками такая же, как и соответствующей плоской плиты. Непосредственно над вершиной отпечатка плотность выше в среднем на 33%. Таким образом, уплотнение сверх нормального происходит только над стержнем вкладыша.

Коробление. Профилированные плиты с односторонними отпечатками, как и ожидалось, имели довольно значительную величину коробления, причем стрелка прогиба тем больше, чем выше плотность плиты.

Для плиты с шагом стержней 50 мм средняя стрела прогиба на один метр хорды равна примерно 7 мм, для плиты с шагом 37,5 мм — 12 мм. Зависимость между относительным короблением и неоднородностью плиты по объемному весу можно представить эмпирической формулой:

$$\frac{f_0}{l} = \frac{\gamma_{\text{ср}} \left(1 - \frac{1}{k_{\text{упл}}}\right)}{2770S}, \quad (1)$$

где $\gamma_{\text{ср}}$ — средний объемный вес профилированной плиты;
 $k_{\text{упл}}$ — коэффициент уплотнения, равный отношению среднего объемного веса профилированной плиты к объемному весу соответствующей плоской плиты;
 2770 — эмпирическое число;
 S — шаг стержней вкладыша.

Коробление можно свести на нет, применив два штампа, один из которых — профилирующий поддон, а другой крепится к нижней поверхности нагревательной плиты пресса. Выступы штампов должны располагаться со смещением. В этом случае получается плита волнистого профиля с равномерной степенью уплотнения. В настоящее время такие плиты изготовлены и исследуются.

Модуль упругости. При статическом изгибе модуль упругости определяли методом шестикратного нагружения сосредоточенной силой, приложенной в середине пролета. Деформации измеряли при помощи дефлектометра с индикатором часового типа, закрепленным на образце.

В результате испытаний была получена довольно тесная связь между модулем упругости и объемным весом. Уравнение связи имеет вид:

$$E = 214,5\gamma_0 \left(\frac{1}{1 - \frac{F_0}{S \cdot \delta}} \right) - 109000, \quad (2)$$

где γ_0 — объемный вес соответствующей плоской плиты;
 F_0 — площадь сечения стержней вкладыша;
 δ — толщина профилированной плиты.

Эффективность увеличения жесткости древесностружечных плит методом прессования на профилирующих поддонах довольно высока: если соответствующим подбором величин F_0 и S довести объемный вес профилированной плиты до 800 кг/м^3 (при объемном весе плоской плиты 600 кг/м^3), то модуль упругости возрастет более чем в три раза.

Предел прочности при статическом изгибе. Испытания образцов производили по схеме однопролетной балки (пролет 30 см) с приложением груза в середине пролета. Отношение пролета к

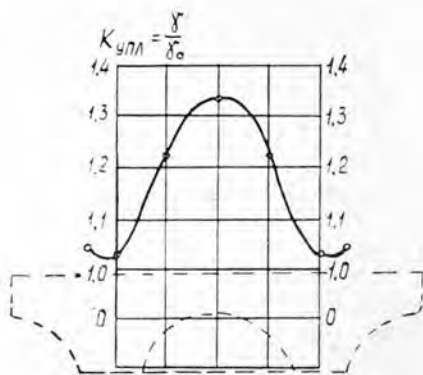


Рис. 2.

толщине образца равно 15. Скорость нагружения принимали 150 кгс/мин.

В результате испытаний получены зависимости между средними объемными весами профилированных плит и пределами прочности при статическом изгибе, которые оказались близкими к линейным:

$$R = 1.47\gamma_{\text{ср}} - 633; \quad (3)$$

$$R = 1,18\gamma_{\text{ср}} - 407. \quad (4)$$

Уравнение (3) относится к случаю, когда отпечаток расположен в растянутой зоне, уравнение (4) — когда отпечаток расположен в сжатой зоне.

По найденным уравнениям можно подсчитать эффективность увеличения прочности при изгибе профилированных плит. Подсчет показывает, что при увеличении объемного веса от 600 до 800 кг/м³ прочность плит в зависимости от условий испытаний увеличивается почти в два раза.

Высокие прочностные свойства, а также повышенная жесткость профилированных плит позволяют применять их в качестве элементов зданий, совмещающих несущие и теплозащитные функции (например, панели стен) или несущие и звукоизолирующие функции (например, перегородки).

Таким образом, создаются предпосылки для расширения области применения древесностружечных плит в строительстве.

Поступила 25 мая 1972 г.

УДК 674.053 : 621.934

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОЛЕБАНИЙ ПЛОСКИХ КРУГЛЫХ ПИЛ

Э. М. ТУРИКОВ, А. И. ШЕВЧЕНКО, В. К. ПАШКОВ

Уральский лесотехнический институт

Рассмотрены структура расчетных формул резонансных и критических оборотов дисков пил, средства и методы экспериментального определения их частотных характеристик, позволяющие установить рабочие обороты пил.

Резонансные колебания круглых пил при определенных числах оборотов — одна из основных причин потери пилами плоской формы равновесия, что приводит к нарушению нормального процесса распиловки, браку, поломкам инструмента. Определение этих чисел оборотов связано с изучением колебательного процесса дисков пил. При наиболее опасных несимметричных колебаниях с узловыми диаметрами форму деформированного в окружном направлении диска описывают функцией вида [3], [4]

$$\Phi(r, \varphi, t) = \frac{1}{2} f(r) [\sin(m\varphi + pt) + \sin(m\varphi - pt)], \quad (1)$$

где r — радиус диска пилы;

φ — угол, отсчитываемый от некоторого начального положения;

t — время;

$f(r)$ — функция, определяющая форму колебаний диска по радиусу;

m — число узловых диаметров;

p — круговая частота собственных колебаний диска в статике.

Колебания в форме (1) представляют собой положение двух цепей волн

$$\frac{1}{2} f(r) \sin m \left(\varphi + \frac{p}{m} t \right) \text{ и } \frac{1}{2} f(r) \sin m \left(\varphi - \frac{p}{m} t \right),$$

перемещающихся по диску с угловыми скоростями соответственно $+\frac{p}{m}$ и $-\frac{p}{m}$. Для периода полного колебания T_0 длина волны

$$\lambda_0 = T_0 \frac{p}{m}. \quad (2)$$

Эти волны на невращающемся диске по отдельности обнаружить нельзя. В случае же вращения диска цепь волн, перемещающаяся по диску в направлении вращения, по отношению к неподвижному наблюдателю, движется с большей скоростью, чем цепь, перемещающаяся в обратном направлении. Абсолютные скорости «вперед» и «назад» бегущих цепей волн соответственно равны

$$\frac{p_d}{m} + \omega; \quad \frac{p_d}{m} - \omega,$$

где p_d — круговая частота собственных колебаний диска в динамике; ω — скорость вращения диска, рад/сек.

Длину волн определяют из выражений

$$\lambda_1 = T_1 \left(\frac{p_d}{m} + \omega \right); \quad \lambda_2 = T_2 \left(\frac{p_d}{m} - \omega \right), \quad (3)$$

здесь T_1 и T_2 — периоды полного колебания соответственно для вперед и назад бегущих волн.

Оттого что диск вращается, длина волн не изменится $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_0$. Из совместного решения уравнений (2) и (3) находим

$$T_1 = \frac{T_0 p}{p_d + m\omega}; \quad T_2 = \frac{T_0 p}{p_d - m\omega}.$$

Для круговых частот вперед и назад бегущих цепей волн вращающегося диска имеем

$$p_1 = \frac{2\pi}{T_1} = \frac{2\pi}{T_0 p} (p_d + m\omega) = p_d + m\omega;$$

$$p_2 = \frac{2\pi}{T_2} = \frac{2\pi}{T_0 p} (p_d - m\omega) = p_d - m\omega.$$

Переходя к частоте в циклах и скорости волн в оборотах в секунду, соответственно получим

$$\left. \begin{aligned} f_1 &= f_d + mn \\ f_2 &= f_d - mn \end{aligned} \right\} \quad \left. \begin{aligned} n_1 &= n + \frac{f_d}{m} \\ n_2 &= n - \frac{f_d}{m} \end{aligned} \right\}, \quad (4)$$

где f_d — собственная частота вращающегося диска; n — число оборотов диска.

Явление резонанса при кинематическом возбуждении имеет место в том случае, когда собственная частота вращающегося диска кратна скорости вращения $f_d = k_n$ или когда величина n_1 либо n_2 равна относительной скорости волн при собственных колебаниях диска $\frac{f_d}{m}$.

Подставляя значения f_d , n_1 , n_2 во вторую систему уравнений (4), найдем

$$n_{\text{рез}}^{\text{н}} = \frac{f_d}{m+K} \quad K=0, 1, 2 \dots ; \quad (5)$$

$$n_{\text{рез}}^{\text{в}} = \frac{f_d}{m-K} \quad K=1, 2, \dots, (m-1). \quad (6)$$

В формулах (5) и (6) K — число кратности числа оборотов диска собственной частоте колебаний вращающегося диска.

Число оборотов, определяемое при $K \neq 0$ по формуле (5), называется K -м нижним резонансным числом оборотов $n_{\text{рез}}^{\text{н}}$, а по формуле (6) — K -м верхним резонансным числом оборотов $n_{\text{рез}}^{\text{в}}$. Наиболее опасны критические числа оборотов при $K=0$

$$n_{\text{кр}} = \frac{f_d}{m}, \quad (7)$$

при которых имеют место резонансные колебания с неподвижной в пространстве цепью назад бегущих волн. В этом случае достаточно малого бокового давления, чтобы диск пилы потерял плоскую форму равновесия.

Для расчета резонансных чисел оборотов удобнее пользоваться частотой диска в статике $f_{\text{ст}}$, которая связана с величиной f_d выражением [3], [4]

$$f_d = \sqrt{f_{\text{ст}}^2 + Bn^2}, \quad (8)$$

где B — коэффициент, зависящий от размеров диска и формы колебаний.

Заменяя в формуле (8) величину n последовательно значениями $n_{\text{кр}}$, $n_{\text{рез}}^{\text{н}}$, $n_{\text{рез}}^{\text{в}}$, а f_d соответствующими выражениями из формул (5), (6), (7), получим

$$n_{\text{кр}} = \frac{f_{\text{ст}}}{\sqrt{m^2 - B}}; \quad n_{\text{рез}}^{\text{н}} = \frac{f_{\text{ст}}}{\sqrt{(m+K)^2 - B}}; \quad n_{\text{рез}}^{\text{в}} = \frac{f_{\text{ст}}}{\sqrt{(m-K)^2 - B}}. \quad (9)$$

При известных величинах f_d , $f_{\text{ст}}$, n из формулы (8) находим

$$B = \frac{f_d^2 - f_{\text{ст}}^2}{n^2}. \quad (10)$$

На возможности разделения волн на вращающемся диске основан экспериментальный метод определения частот и форм собственных колебаний диска с последующим вычислением резонансных и критических оборотов по формулам (9). Колебания пил изучали на специальной экспериментальной установке (рис. 2, а), которая позволяла плавно изменять число оборотов пил в диапазоне 0 — 6000 об/мин и записывать на пленке осциллографа колебательный процесс диска, а также отметки числа оборотов и времени $f_t = 500$ гц.

Для возбуждения резонансных колебаний применяли два неподвижных электромагнитных вибратора, работающих от отдельных генераторов звуковой частоты. Один из вибраторов возбуждает и поддерживает цепь назад бегущих волн с частотой f_2 , второй — цепь вперед бегущих волн с частотой f_1 . Колебания диска регистрируются двумя дифференциальными индуктивными датчиками, установленными неподвижно относительно пилы, с центральным углом между ними 30° (вид А, рис. 1, а). В неподвижном диске при возбуждении в нем колебаний датчики регистрируют одну и ту же частоту собственных колебаний $f_{\text{ст}}$. Форма колебаний m устанавливается по песоч-

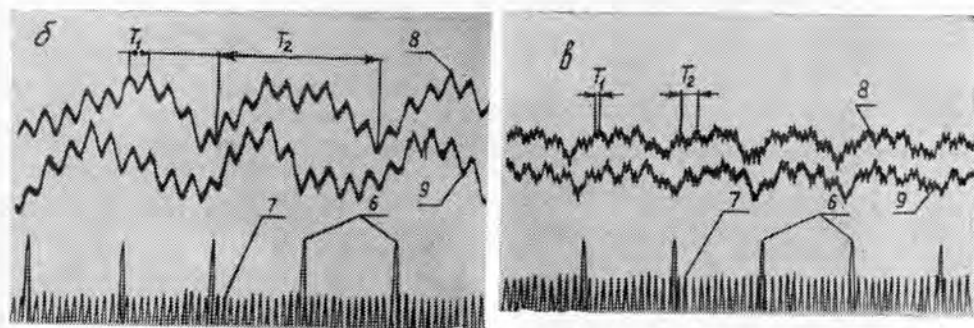
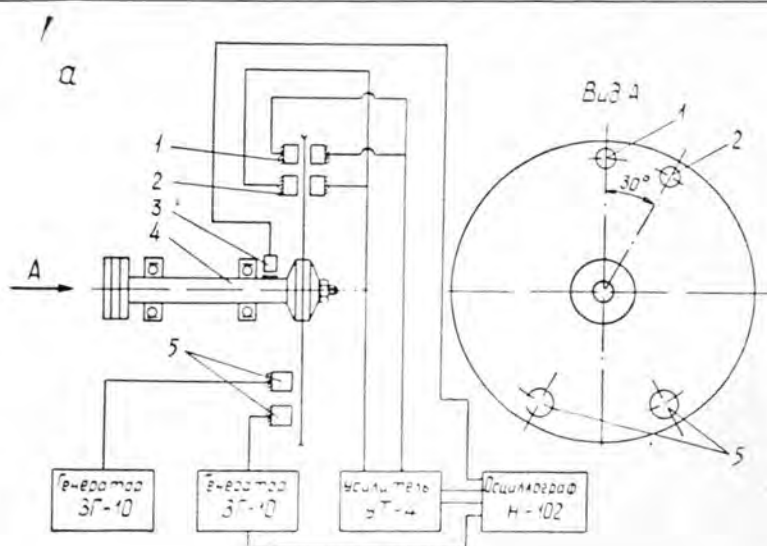


Рис. 1. Блок-схема экспериментальной установки с осциллограммами колебаний пил.

а — блок-схема экспериментальной установки; 1 — дифференциальный индуктивный датчик № 1; 2 — то же № 2; 3 — отметчик оборотов; 4 — пильный вал; 5 — электромагниты; 6 — отметка оборотов; 7 — отметка времени; 8 — колебания диска пилы, записанные датчиком № 1; 9 — то же датчиком № 2; б — осциллограмма колебаний пилы с $m = 2$; в — то же с $m = 6$,

ным фигурам Хладни или по количеству пучностей на поверхности диска с помощью щупа. Во вращающемся диске датчики регистрируют частоту f_1 вперед бегущей цепи волн и более низкую частоту f_2 назад бегущей цепи волн. Записи обоих датчиков одинаковы и представляют собой наложение двух колебаний с низкой f_2 и высокой f_1 частотами.

На рис. 1, б, в и 2, б, в, г, д, е, ж приведены типовые осциллограммы колебаний соответственно для дисков пил $500 \times 2,2 \times 50 \times 48 - I$ с $m = 2$ и $m = 6$ и $400 \times 1,8 \times 50 \times 60 - I$ ГОСТ 980-69 с $m = 1, 2, \dots, 5$ (на рис. 2, а записана топография диска диаметром 400 мм), закрепленных в шайбах диаметром 150 мм. Записи на осциллограммах соответствуют нарастанию времени слева направо.

Колебания дисковых пил расширяем на примере осциллограмм, приведенных на рис. 1, б, в. На четырех оборотах пилы (рис. 1, б)

размещается 51 отметка времени, следовательно, пила вращается со скоростью

$$n = \frac{500 \cdot 4}{51} = 39,2 \text{ об/сек.}$$

В интервале же семи оборотов укладывается 4 волны с низкой частотой f_2 и 32 волны с высокой частотой f_1 , тогда

$$f_2 = \frac{39,2 \cdot 7}{7} = 22,4 \text{ гц}; \quad f_1 = \frac{39,2 \cdot 32}{7} = 179,2 \text{ гц.}$$

Датчик 2 достигает цепи волн с низкой частотой раньше, чем датчик 1, на $1/6$ расстояния между двумя максимальными амплитудами. Это говорит о том, что зарегистрирована назад бегущая цепь волн, а для прохождения расстояния между соседними максимальными амплитудами каждым датчиком в отдельности фиксируется время, в шесть раз большее, чем время прохождения отдельной амплитудой расстояния в 30° между датчиками. Центральный угол между соседними максимальными амплитудами равен $30 \times 6 = 180^\circ$, а диск совершает колебания с двумя узловыми диаметрами ($m = 2$). Собственную частоту вращающегося диска определяют по формулам (4)

$$f_d = 179,2 - 2 \cdot 39,2 = 100,8 \text{ гц};$$

$$f_d = 22,4 + 2 \cdot 39,2 = 100,8 \text{ гц.}$$

Динамическую частоту и число узловых диаметров для диска при известных f_1 и f_2 можно рассчитать по формулам, полученным при совместном решении уравнений первой системы (4)

$$f_d = \frac{f_1 + f_2}{2} = \frac{179,2 + 22,4}{2} = 100,8 \text{ гц};$$

$$m = \frac{f_1 - f_2}{2n} = \frac{179,2 - 22,4}{2 \cdot 39,2} = 2. \quad (11)$$

Таким же путем расшифруем колебания на осциллограмме, приведенной на рис. 1, в. На трех оборотах пилы размещается 37 отметок времени, 50 волн высокой частоты и 14 низкой. Тогда

$$n = \frac{500 \cdot 3}{7} = 40,5 \text{ об/сек};$$

$$f_1 = 40,5 \cdot \frac{50}{3} = 675,7 \text{ гц};$$

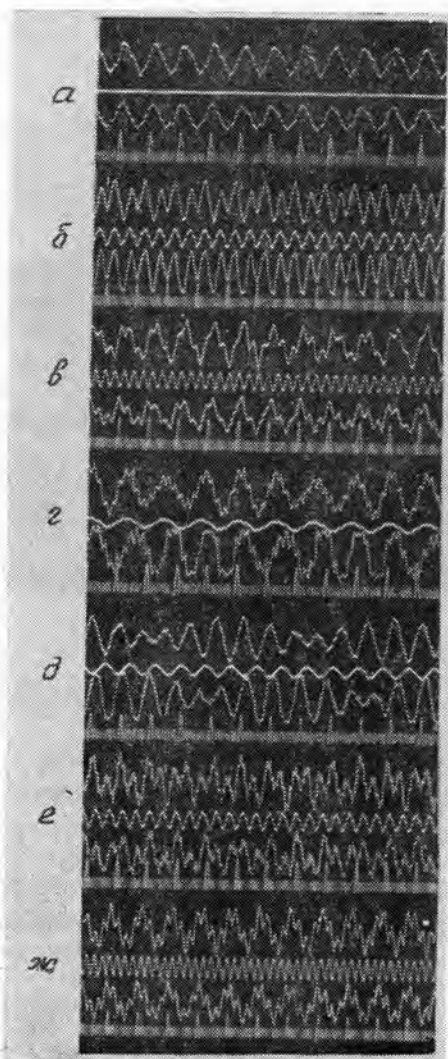


Рис. 2. Типовые осциллограммы колебаний дисков пил.

a — топография диска; $b - m = 0$; $в - m = 1$; $г - m = 2$; $д - m = 3$; $е - m = 4$; $ж - m = 5$ (на осциллограммах дополнительно дана запись частоты возбуждающей силы).

$$f_2 = 40,5 \cdot \frac{14}{3} = 189,2 \text{ гц.}$$

Цепи волн с низкой частотой, записанных в отдельности датчиками 1 и 2, имеют смещение по фазе, равное половине расстояния между соседними максимальными амплитудами, значит, цепи волн расположены по окружности диска через $30 \times 2 = 60^\circ$ и всего их $\frac{360}{60} = 6$ ($m = 6$).

По формулам (4) находим

$$f_d = 675,7 - 6 \cdot 40,5 = 432,4 \text{ гц}; \quad f_d = 189,2 + 6 \cdot 40,5 = 432,4 \text{ гц};$$

Проверим значения f_d и m по формулам (11)

$$f_d = \frac{675,7 + 189,2}{2} = 432,4 \text{ гц}; \quad m = \frac{675,7 - 189,2}{2 \cdot 40,5} = 6.$$

Для колебаний диска с $m = 2$ и $m = 6$ с частотой собственных колебаний в статике соответственно 82,5 и 419 гц по формуле (10) находим

$$B_{m=2} = \frac{(100,8)^2 - (82,5)^2}{(39,2)^2} = 2,19; \quad B_{m=6} = \frac{(432,4)^2 - (419)^2}{(40,5)^2} = 7.$$

Аналогично исследуем и другие формы колебаний дисков пил, за исключением зонтичной с $m = 0$ (рис. 2.б), для которой величину вычисляют непосредственно с осциллограммы. При известных значениях B и $f_{ст}$ для формы m по формулам (9) нетрудно рассчитать критические и резонансные обороты. В случаях, когда частоты возмущающих сил связаны с числом оборотов диска, для определения критических и резонансных чисел оборотов можно пользоваться частотной диаграммой, приведенной для диска $500 \times 2,2 \times 50 \times 48 - 1$ ГОСТ 980—69 (рис. 3). На диаграмме по оси абсцисс отложены числа оборотов диска, а по оси ординат — частоты собственных колебаний ди-

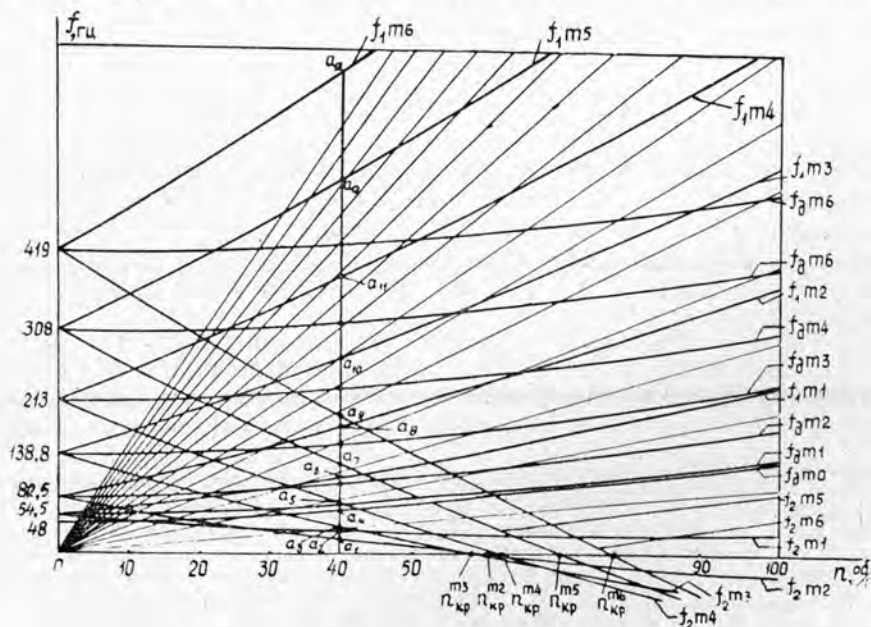


Рис. 3. Диаграмма резонансных скоростей вращения диска пилы.

ска f_d вперед f_1 и назад f_2 бегущих цепей волн для колебаний с $m = 0 \div 6$.

Из рис. 3 видно, что если диск вращается со скоростью 40 об/сек, то, меняя частоту возбуждения электромагнита, можно вызвать колебания с одной из тринадцати частот: a_1, a_2, \dots, a_{13} . Отрицательные значения частот назад бегущих цепей волн указывают, что их относительная угловая скорость меньше скорости вращения диска, и они переносятся диском вперед. При колебаниях, отвечающих точкам диаграммы $n_{кр}^{m=2}, n_{кр}^{m=3}, n_{кр}^{m=4}, n_{кр}^{m=5}, n_{кр}^{m=6}$, датчики регистрируют частоту назад бегущей цепи волн, равную нулю. Эта цепь волн имеет относительную угловую скорость, равную скорости диска, и неподвижна в пространстве.

Для возбуждения такого типа колебаний с большими отклонениями достаточно приложить постоянное усилие; это свидетельствует об опасности их возникновения при работающей пиле. Исследованиями [1], [2], [5] подтверждается это обстоятельство. Для установления резонансных и критических чисел оборотов достаточно на диаграмме провести из начала координат лучи, соответствующие частотам, кратным числу оборотов диска.

Выводы

1. Методику экспериментальных исследований колебаний дисков паровых турбин [1] можно использовать для изучения колебаний дисковых дереворежущих пил с применением возбуждения колебаний диска от двух отдельных электромагнитов переменного тока. Использование неподвижных индуктивных дифференциальных датчиков позволяет исследовать колебания дисков при пилении и исключает применение токосъемников.

2. Из диаграммы (рис. 3) и формулы (9) видно, что для колебаний по зонтичной форме и с одним узловым диаметром отсутствуют критические скорости вращения, а для колебаний с любым числом узловых диаметров — $(m-1)$ -е верхние резонансные числа оборотов.

3. Для работающих дисков при колебаниях с двумя узловыми диаметрами и выше существуют критические числа оборотов, бесконечное число нижних и $m-2$ верхних резонансных чисел оборотов.

4. Для диска $500 \times 2,2 \times 50 \times 48$ с числом узловых диаметров $m \leq 6$ критические числа лежат в диапазоне 59—77,8 об/сек. Для отстройки диска от критических чисел оборотов, при минимальной запретной зоне на сторону 10% требуется запас чисел оборотов порядка 32,48 об/сек, в то время как вся область критических оборотов занимает 18,8 об/сек. Для диска $400 \times 18 \times 50 \times 60$ эти значения соответственно равны 49,71 об/сек и 31,1 об/сек. Работа диска в области критических чисел оборотов невозможна.

5. Рабочее число оборотов диска пилы должно быть на 10—15% ниже минимального критического числа оборотов или в области за критических скоростей вращения.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. Э. Грубе, В. И. Санев, В. К. Пашков. О поперечных колебаниях дисковых пил для продольной распиловки древесины. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 1968. [2]. А. Э. Грубе, В. И. Санев, В. К. Пашков. О поперечной жесткости дисковых пил в покое и при вращении. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1970. [3]. В. Кэмпбелл. Аксиальная вибрация дисков паровых турбин и меры защиты от нее. Энергоиздат, 1937. [4]. А. В. Левин. Рабочие лопатки и диски паровых турбин. Госэнергоиздат, 1953. Ю. М. Стахнев. Резонансные колебания плоских дисковых пил. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1970.

УДК 674.093

О ФОРМАЛИЗАЦИИ ОСНОВНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ РАСЧЕТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ В ЛЕСОПИЛЕНИИ

Л. З. ЛУРЬЕ

Архангельский лесотехнический институт

Изложена методика формализации расчетов выхода пиломатериалов, щепы и отходов в лесопилении, позволяющая оценить эффективность и перспективность различных методов и схем использования древесины в лесопилении. Приведены примеры формализации расчетов по 14 схемам раскроя и исходные формулы для сравнительного их анализа.

Примерно две трети стоимости пилопродукции составляет стоимость израсходованной древесины.

При проектировании предприятий, технологических процессов и участков необходимо в первую очередь определить, насколько рационально используется перерабатываемая древесина. Поэтому целесообразно формализовать основные положения расчетов использования древесины в лесопилении, создать модель процессов раскроя, которая позволяет не только оценить возможные изменения параметров сырья и продукции, но и прогнозировать изменения, связанные с применением различных методов и схем обработки, назначением продукции, параметрами пропилов и т. д.

В 1971—1972 гг. на кафедре лесопильно-строгальных производств АЛТИ мы провели сравнительный анализ использования древесины при агрегатных и поточных методах обработки пиловочных бревен на пиломатериалы и щепу.

В качестве исходных приняли следующие методические положения: форма бревен близка к форме тела вращения; каждое сечение, перпендикулярное оси бревна, — круг;

бревна перерабатываются на длинномерные пиломатериалы и щепу;

охват вершинного торца бревна поставом $\gamma \leq 1,0$ (в общем случае возможно, что $\gamma > 1,0$);

вырабатываются только обрезные доски (в расчетах обзол считается недопустимым);

количество досок, получаемых из центральной зоны бруса, минимально возможное с учетом следующих ограничений: максимальная толщина 80 мм; максимальная ширина 250 мм;

древесина перерабатываемых бревен однородна по качеству и примерно соответствует требованиям к пиловочным бревнам III сорта;

все параметры поставов можно выразить при помощи диаметра бревна d , ширины пропила s , сбег S_6 , длины бревна l .

Охват торца бревен центральными досками $\gamma = 0,707d$ ($\sim 0,71$). При выработке четырех досок $\gamma = 0,85$; шести $\gamma = 0,91$; восьми $\gamma = 0,98$.

На рис. 1 представлены модели 14 различных схем (7 пар) раскроя бревен. Эти схемы приняты в качестве исследуемых вариантов. На каждой модели левая сторона раскроена агрегатным методом,

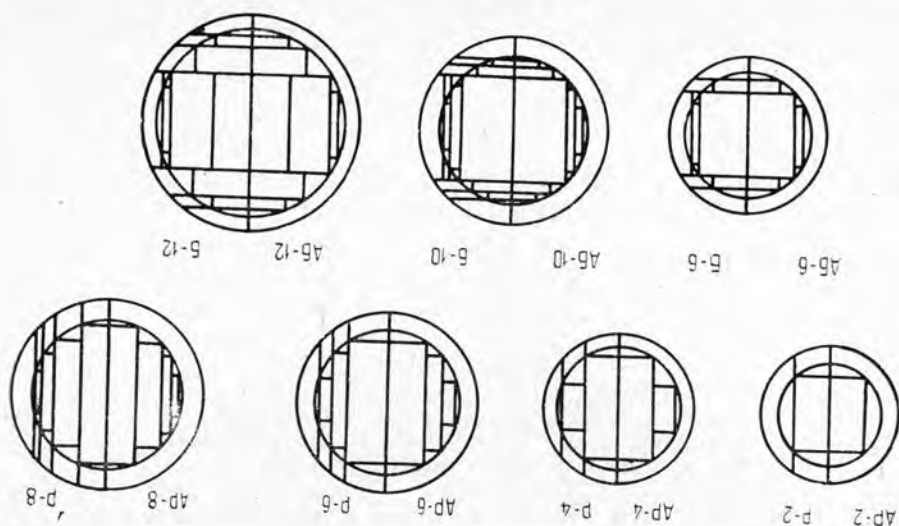


рис. 1.

правая — поточным. Стороны симметричны, что обеспечивает полную сопоставимость схем раскроя.

При формализации основных положений расчетов использования древесины приняли следующие предпосылки.

Объем сухих неторцованных досок

$$V_{н.с} = V_n - V_{6.н}, \quad (1)$$

где V_n — объем сырых неторцованных досок;

$V_{6.н}$ — объем безвозвратных потерь.

Так как объем усушки составляет примерно 9% от объема пиломатериалов, поступивших в сушку (при сушке до транспортной влажности), а распыл — 1% от V_n , то

$$V_{6.н} = \frac{V_n}{10};$$

$$V_{н.с} = 0,9V_n; \quad (2)$$

Объем отходов на торцовку экспортных и приравненных к ним пиломатериалов

$$V_{т.о_9} = \frac{6}{100} \cdot V_{н.с}. \quad (3)$$

Объем отходов на торцовку пиломатериалов $V_{т.о}$ зависит от величины стандартной градации по длине, от величины и количества отрезков на облагораживание пиломатериалов (вырезка дефектов). Расход на юстировку (приведение к стандартным размерам) составляет, как правило, 0,6—0,7 градации по длине с учетом расхода на торцовку первого (комлевого) конца. Например, при $l = 550$ см расход на юстировку составляет приблизительно 3,3% от $V_{н.с}^*$; на вырезку дефектов затрачивается 2,5—3,0% от $V_{н.с}$.

* Л. З. Лурье. Исследование методов торцовки и браковки экспортных пиломатериалов. Диссертация на соискание ученой степени канд. техн. наук, ЛТА, Л., 1961.

Объем отходов пиломатериалов внутрисоюзного потребления (так называемых «общего назначения») при торцовке с одного конца

$$V_{т.о.в} = \frac{3}{100} \cdot V_{п.с}. \quad (4)$$

Объем эталонных пиломатериалов (экспортных сухих оторцованных)

$$V_{п.э.в} = V_{п} - \left(0,1 V_{п} + \frac{5,4}{100} \cdot V_{п}\right) = 0,864 V_{п}; \quad (5)$$

так как

$$V_{п.э} = V_{п} - (V_{6.п} - V_{т.о}),$$

то

$$V_{т.о.э} = \frac{6}{100} \cdot V_{п.с} = \frac{0,9 \cdot 6}{100} \cdot V_{п} = \frac{5,4}{100} \cdot V_{п};$$

Объем эталонных сухих оторцованных пиломатериалов внутрисоюзного потребления

$$V_{п.э.в} = V_{п} - \left(0,1 V_{п} + \frac{2,7}{100} V_{п}\right) = 0,873 V_{п}. \quad (6)$$

Объем сырья для выработки щепы

$$V_{с.щ} = V - (V_{п} + \Sigma V_0) + V_{т.о}, \quad (7)$$

где V — объем бревна;

V_0 — объем опилок;

$V - (V_{п} + \Sigma V_0)$ — объем длинномерных полуфабрикатов (горбылей, реек), из которых можно получить примерно 90% кондиционной щепы;

$V_{т.о}$ — объем торцовых отрезков, из которых можно получить 60% щепы.

Объем кондиционной щепы при выработке экспортной продукции

$$V_{щ.э} = 0,9 [V - (V_{п} + \Sigma V_0)] + 0,6 \cdot 0,054 V_{п} = 0,9 (V - \Sigma V_0) - 0,8676 V_{п}. \quad (8)$$

Объем кондиционной щепы при выработке продукции внутрисоюзного потребления

$$V_{щ.в} = 0,9 (V - \Sigma V_0) - 0,8838 V_{п}; \quad (9)$$

для некондиционной щепы

$$V_{о.щ.э} = 0,1 (V - \Sigma V_0) - 0,0784 V_{п}; \quad (10)$$

$$V_{о.щ.в} = 0,1 (V - \Sigma V_0) - 0,0894 V_{п}; \quad (11)$$

$$\Sigma V_{о.т} = \Sigma V_0 + V_{о.щ}. \quad (12)$$

В качестве дополнительных приняты следующие методические положения:

а) ширина пропилов для рамных и ленточных пил типа Л (толщиной 2,0—2,2 мм) равна 3,5 мм, для разведенных и плющенных

дисковых пил типа Д₁ (толщиной 3,0 мм) — 1,4 Л = 4,9 мм, для пил Д₂ (толщиной 4,2—4,5 мм) со вставными резцами — 1,8 Л = 6,3 мм;

б) при агрегатном методе обработки необходимо зачищать периферийную зону*, перерабатываемую фрезерованием; глубина зачистки 0,7 мм;

в) высота пропилов, пересекающих периферийную зону, равна в среднем $\frac{0,3 \cdot l \cdot S_6}{80}$ см, а объем получаемых при этом опилок

$$V_{03} = \frac{0,3l^2 S_6 \cdot ns}{40}, \quad (13)$$

где n — количество пропилов.

В табл. 1 приведены частные зависимости для вычисления V_{Π} и ΣV_0 в 14 рассмотренных случаях.

Применяя эти зависимости, можно рассчитать показатели использования древесины. Аналогичными методами, минуя промежуточные фазы расчетов, можно решать и другие задачи. Результаты не следует считать окончательными, так как при расчетах мы предполагали, что бревна раскраиваются точно в соответствии с принятыми моделями.

Таблица 1

Схема	V_{Π}	ΣV_0
P-2	$2ld (0,252d - 0,35s)$	$ls \left(3,55d + 4s + \frac{09S_6 l}{40} \right)$
AP-2	$2ld (0,252d - 0,35s)$	$ls [0,71d + 0,8 (0,71d + s)]$
P-4	$2ld (0,307d - 0,95s)$	$ls \left(5,15d + 4s + \frac{1,5l \cdot S_6}{40} \right)$
AP-4	$2ld (0,307d - 0,95s)$	$ls [1,75d + 0,8(0,85d + s)]$
P-6	$2ld (0,338d - 1,60s)$	$ls \left(6,83d + 4s + \frac{2,1l \cdot S_6}{40} \right)$
AP-6	$2ld (0,338d - 1,60s)$	$ls [3,19d + 0,8 (0,91d + s)]$
P-8	$2ld (0,346d - 1,86s)$	$ls \left(7,63d + 4s + \frac{2,7l \cdot S_6}{40} \right)$
AP-8	$2ld (0,346d - 1,86s)$	$ls [3,71d + 0,8 (0,98d + s)]$
Б-6	$2ld (0,338d - 1,22s)$	$ls \left(6,07d + 4s + \frac{1,8l \cdot S_6}{40} \right)$
АБ-6	$2ld (0,338d - 1,22s)$	$ls [2,43d + 0,8 (0,91d + s)]$
Б-10	$2ld (0,354d - 1,73s)$	$ls \left(7,39d + 4s + \frac{3,0l \cdot S_6}{40} \right)$
АБ-10	$2ld (0,354d - 1,73s)$	$ls [3,47d + 0,8 (0,98d + s)]$
Б-12	$2ld (0,354d - 2,24s)$	$ls \left(8,59d + 4s + \frac{3,0l \cdot S_6}{40} \right)^*$
АБ-12	$2ld (0,354d - 2,24s)$	$ls [4,67d + 0,8 (0,98d + s)]^*$

Примечание. Значение n принимали равным 10, хотя фактически $n = 12$, так как высота бруса равна $0,43d$, и крайние пропилы при втором проходе проходят только через часть периферийной зоны.

* Периферийной считают часть бревна, находящуюся за пределами фигурного бруса, из которого вырабатывают пиломатериалы (рис. 1).

Пример получения зависимостей, сведенных в табл. 1 (схема Р-2). Согласно схеме раскроя (рис. 1) и принятому охвату, выработывают две доски длиной l и сечением $0,71d \times \left(\frac{0,71d}{2} - \frac{s}{2}\right)$; объем их равен $2ld$ ($0,252d - 0,35s$). Рассчитывая объем опилок, приняли, что при раскрое фигурного бруса (в этом частном случае брус прямоугольный) для пяти пропилов, каждый из которых имеет длину l , ширину s и высоту $0,71d$, суммарный объем

$$ls \cdot 5 \cdot 0,71d = ls \cdot 3,55d.$$

Объем опилок от перерезания сбеговой зоны

$$ls \cdot \frac{3 \cdot 0,3 \cdot S_6 \cdot l}{40} = ls \frac{0,9 \cdot S_6 \cdot l}{40}.$$

Объем опилок, полученных из четырех уголков, равен $ls4s$.

Имея формализованные положения и модели схем раскроя, можно вычислить для каждого конкретного случая вероятную степень использования древесины, задаваясь конкретными величинами диаметра, длины, ширины пропила, кривизны, смещения при базировании и т. д., и на основании полученных результатов найти оптимальные методы и схемы раскроя отдельных партий с учетом различных производственных условий, в том числе с учетом состояния технологической дисциплины и оборудования. Эта стандартная задача легко решается на ЭВМ. Для укрупненных расчетов, имеющих целью сравнение и прогнозирование технологических схем и процессов, более целесообразно пользоваться интегральными показателями, учитывающими разницу между расчетными и фактическими показателями выхода продукции.

Наиболее приемлем показателем «рассеивания ширин». Эффект рассеивания ширин наблюдается во всех опытных и массовых распиловках и характеризует разницу между расчетным и фактическим выходом (шириной) обрезных пиломатериалов. Количественная сторона эффекта наиболее обстоятельно была изучена Г. Д. Власовым и А. Н. Песоцким на больших партиях пиломатериалов. Несмотря на то, что стандарты на сырье и продукцию после этих исследований менялись, результаты их достоверны и сегодня, так как они характеризуют влияние производственных факторов на выход пилопродукции.

С учетом рассеивания ширин и формализованных положений раскроя были рассчитаны выходы продукции для рассмотренных схем. Величины, характеризующие выход пиломатериалов, хорошо аппроксимируются полиномами второго порядка типа

$$V = ax^2 + bx + c.$$

В качестве условной переменной приняли величину $x = d - 24$ (среднюю в интервале) и получили следующие зависимости:

для поточных методов с пилами типа Л

$$V_{п.э} = -0,0342x^2 + 0,443x + 55,5; \quad (14)$$

для агрегатных методов с пилами типа Л

$$V_{п.э} = -0,0335x^2 + 0,426x + 55,5; \quad (15)$$

для агрегатных методов с пилами типа Д₁

$$V_{п.э} = -0,0297x^2 + 0,443x + 53,3. \quad (16)$$

Во всех случаях среднеквадратичная ошибка не превышает +0,6%, то есть выведенные зависимости достаточно достоверны в рас-

смаатриваемом интервале. Все полученные зависимости имеют одинаковый характер и с полупроцентной дополнительной ошибкой могут быть приведены к единой зависимости

$$V_{п.з} = -0,032x^2 + 0,44x + C_{24}, \quad (17)$$

где величина C_{24} характеризует выход пиломатериалов из бревен $d = 24$ см.

По величине C_{24} можно достоверно судить о разнице в выходе пиломатериалов в случае применения различных методов и схем раскроя, охватов поставом, пил различной толщины и т. д. Все эти факторы влияют на выход пиломатериалов примерно одинаково при распиловке бревен диаметром 18 см и более.

Не задаваясь специально такой целью, мы установили общую для всех случаев зависимость выхода пиломатериалов от диаметра перерабатываемых бревен, достоверную для интервала $18 \geq d \geq 34$ см (примерно 80% всех пиловочных бревен); при $d > 34$ см выход пиломатериалов предположительно остается постоянным и разница в выходе, определяемая различными факторами, соответственно постоянна.

Исходя из этих предпосылок, можно считать, что при раскрое бревен диаметром 18 см и более наибольший выход экспортных пиломатериалов дают поточные методы с применением пил типа Л (П—Л), где $C_{24} = 55,5\%$. При агрегатных методах с применением пил типа Л (А—Л), где $C_{24} = 55,4\%$, выход пиломатериалов на 0,1—0,2% меньше. Разница в выходе, в основном, — следствие одностороннего рассеивания досок, которые не могут быть шире расчетных при агрегатной обработке бревен.

При агрегатных методах с применением пил типа Д₁* выход пиломатериалов меньше оптимального (П—Л) примерно на 2,2%. Аналогичные зависимости установлены и для пиломатериалов внутрисоюзного потребления, хотя во всех случаях абсолютная величина C_{24} примерно на 1,7—2% выше, чем для экспортных пиломатериалов.

При оценке комплексного использования древесины (выход основной и попутной продукции) получили такие зависимости:

для поточных методов с применением пил типа Л

$$\Sigma PP_3 = -0,00234x^2 + 0,301 + 75,76x; \quad (18)$$

для агрегатных методов с применением пил типа Л

$$\Sigma PP_3 = 0,0039x^2 + 0,067x + 82,185; \quad (19)$$

для агрегатных методов с применением пил типа Д₁

$$\Sigma PP_3 = 0,0041x^2 + 0,090x + 80,042. \quad (20)$$

В этих формулах буквами PP обозначен объем продукции из 1 м³ сырья.

Анализ выведенных зависимостей (корреляционных связей) показывает, что они разнородны (разнозначные коэффициенты a и b при x^2 и x), то есть изменение выхода продукции в зависимости от диаметра перерабатываемых бревен подчиняется различным законам при поточных и агрегатных методах обработки.

При поточных методах обработки с увеличением диаметра выход продукции возрастает (начиная от $d = 18$ см). При агрегатных методах выход продукции или увеличивается незначительно с увеличением диаметра (случаи II—III), или, наоборот, снижается. Это след-

* Случай, наиболее характерный для производственных условий СССР.

стве принципиальной разницы между поточным и агрегатным методами.

При поточных методах пропилов, имеющие постоянную ширину, проходят через все бревно. С возрастанием диаметра удельный вес потерь в опилки снижается и соответственно увеличивается выход продукции. При агрегатной обработке пропилов проходят только через фигурный брус, объем которого (а соответственно и потери в опилки) изменяется примерно пропорционально объему (диаметру) бревен. Поэтому во многих случаях первостепенное значение имеет количество пропилов, проходящих через фигурный брус; чем меньше диаметр бревна, тем меньше и количество этих пропилов, а соответственно и потери в опилки. В определенных условиях этот фактор может преобладать над влиянием уменьшения удельного веса опилок при увеличении диаметра бревен. В этих случаях из бревен небольшого диаметра можно получить максимальное количество продукции.

Выявленная закономерность особенно четко проявляется при переработке бревен диаметром менее 18 см, когда общий выход продукции резко возрастает. Предельный выход продукции — 90% (когда все бревно перерабатывается на щепу). При агрегатной переработке бревен диаметром 16—10 см выход продукции близок к предельному (82—88%). При поточных методах максимальный выход продукции составляет 75—78%.

Анализируя результаты проведенных исследований, можно заключить, что формализация положений расчетов использования древесины в лесопилении позволяет относительно просто исследовать самые разнообразные аспекты раскроя бревен на продукцию различного назначения. Задаваясь стоимостью различных видов пиломатериала и затратами на их производство, можно достоверно прогнозировать эффективность комплексного использования древесины, методов и схем раскроя.

Поступила 2 ноября 1972 г.

УДК 621.822: 674.817

О РАБОТОСПОСОБНОСТИ ПОДШИПНИКОВ ИЗ ПРЕССОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ АКАЦИИ БЕЛОЙ

П. Н. ЦЫБУЛЕВ, Н. Ф. КУЗЬМИН

Днепропетровский химико-технологический институт

Исследованы антифрикционные свойства, грузоподъемность и износостойкость подшипников из прессованной древесины акации. Приведены результаты производственных испытаний подшипников. Показано, что подшипники из прессованной древесины акации в ряде случаев превосходят по износостойкости подшипники из бронзы и текстолита.

Несмотря на то, что прессованная древесина применяется в различных отраслях промышленности, потенциальные возможности ее как антифрикционного материала используются не полностью.

Свойства прессованной древесины можно улучшить, если в качестве исходного сырья использовать древесину твердолиственных пород. Так, древесина белой акации позволяет получать при прессовании материал с более высокими физико-механическими свойствами, чем древесина березы и осины, благодаря высокой начальной плотности, прочности, твердости и гидрофобности.

В предлагаемой работе представлены результаты исследования работоспособности подшипников из прессованной древесины акации. Работоспособность характеризуется комплексом параметров, из которых главные: антифрикционные свойства (коэффициент трения, прирабатываемость), грузоподъемность (условная величина удельного давления, которую подшипник может выдерживать в течение определенного срока службы) и износостойкость.

Исследовали подшипники из прессованной древесины белой акации (марка ДП-ГТ по ГОСТу 9629—66) с внутренним диаметром 50 мм при циркуляционной смазке маслом индустриальным 20, а также водой.

Трение в подшипниках исследовали в два этапа на стенде, имитирующем работу реальных подшипников, согласно методике, описанной нами ранее [6]. По литературным данным на первом этапе были отобраны для изучения следующие конструкционные и технологические параметры, оказывающие наибольшее влияние на трение в подшипниках: диаметральный зазор; отношение длины подшипника к диаметру; чистота поверхности шипа; толщина стенки вкладыша; удельное давление; скорость скольжения; температура смазки на поверхности трения.

Применяли экспериментально-статистический метод планирования эксперимента [3]. В результате последовательного планирования удалось получить близкие к оптимальным, с точки зрения минимального трения, значения конструкционных параметров: диаметральный зазор 0,15 мм; отношение длины подшипника к диаметру 1,2; чистота поверхности цапфы ∇ 9 по ГОСТу 2789—59; толщина стенки вкладыша 4 мм. Точечные диаграммы распределения результатов наблюдений представлены на рис. 1.

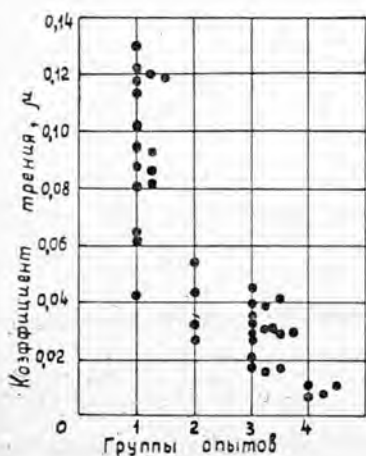


Рис. 1.

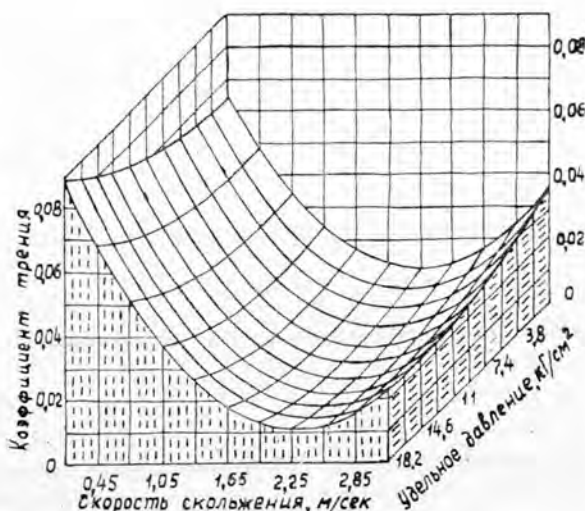


Рис. 2.

На втором этапе исследовали влияние на коэффициент трения в подшипнике основных технологических параметров: удельного давления, скорости скольжения и температуры смазки на поверхности трения. Применяли методику планирования и статистической обработки

результатов эксперимента, описанную В. В. Налимовым и Н. А. Черновой [2]. При обработке результатов применяли ЭЦВМ.

На рис. 2 представлена зависимость коэффициента трения от удельного давления и скорости скольжения. При любом сочетании удельного давления, скорости скольжения и температуры смазки в исследованной области их значений (0,15—3,15 м/сек; 2—20 кг/см²; 35—65°C соответственно) коэффициент трения изменялся в пределах 0,0035—0,089.

Результаты исследования грузоподъемности подшипников из прессованной древесины показали, что при скорости скольжения, превышающей 0,3 м/сек, максимальное удельное давление при смазке маслом составляет 80 кг/см² и сводится к предельной температуре смазки 90°C на поверхности трения [7]. Величина 80 кг/см² ограничена только возможностями стенда. Очевидно, при скоростях скольжения, меньших 0,3 м/сек, или при лучшем отводе тепла можно достигнуть гораздо больших удельных давлений, ограниченных условиями прочности.

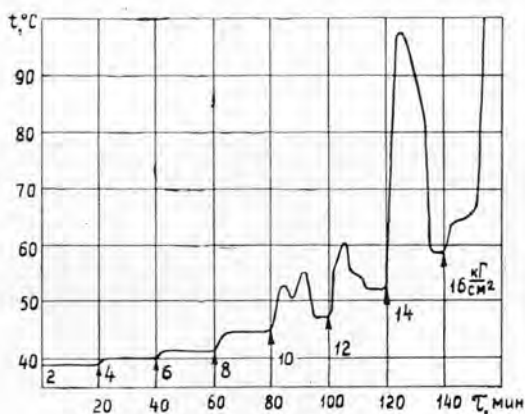


Рис. 3.

Температуру смазки на поверхности трения измеряли хромель — копелевыми термопарами и электронным потенциометром по методике, описанной Д. С. Кодниром [1]. Характер изменения температуры смазки в подшипнике при увеличении удельного давления (скорость скольжения 1,65 м/сек) представлен на рис. 3. В одних и тех же условиях трения приращение температуры в рабочей зоне подшипника при смазке водой значительно меньше, чем при смазке маслом.

Давление масла в нагруженной зоне подшипника измеряли электрогидравлическими датчиками сопротивления. С увеличением диаметрального зазора от 0,15 до 0,4 мм процент нагрузки, воспринимаемой жидкостной пленкой, сильно уменьшается (рис. 4).

Исследовали прирабатываемость подшипников из прессованной древесины акации. В процессе приработки контролировали температуру смазки на поверхности трения и коэффициент трения. Определяли чистоту рабочих поверхностей шипа и подшипника с помощью профилограмм, снятых перед началом приработки и через некоторое время приработки.

Установлено, что приработка подшипников с исходной чистой поверхностью $\nabla 6$ заканчивается через 3—4 часа. Оптимальная микрогеометрия поверхности шипа с исходной чистой поверхности $\nabla 7$

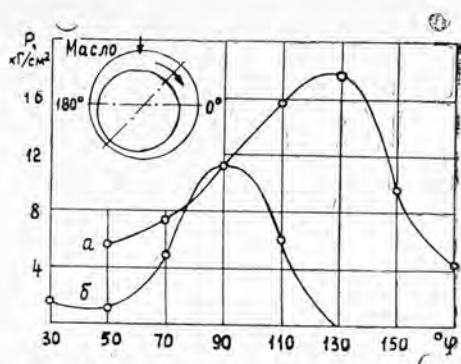


Рис. 4. Распределение давления смазки в подшипнике при удельном давлении 8 кг/см^2 и скорости скольжения $1,65 \text{ м/сек}$ а — диаметральный зазор $0,15 \text{ мм}$; б — $0,4 \text{ мм}$.

устанавливается через 10 час. В зависимости от условий приработки и точности изготовления сопряженных деталей продолжительность приработки может изменяться.

Проведены сравнительные испытания износостойкости подшипников из прессованной древесины акации и из бронзы АЖ 9-4 при смазке маслом на машине, описанной ранее [4]. Износ подшипников определяли с помощью профилографа-профилометра ВЭИ-калибр и микрометрированием, а износ валов — прибором УПОИ-6 по методике, приведенной в литературе [5].

Показано, что подшипники из прессованной древесины акации при работе с валом из закаленной стали 45 изнашиваются меньше, чем бронзовые. При работе с прессованной древесиной износ валов значительно меньше, чем при работе с бронзой. Так, например, при удельном давлении 80 кг/см^2 , скорости скольжения $0,415 \text{ м/сек}$ и температуре смазки 50°C диаметральный износ валов составил $5,9 \text{ мк}$ за 427 час работы.

Производственные испытания подшипников диаметром 300 мм средних валков клетей «трио» листопркатного стана показали, что при смазке водой подшипники из прессованной древесины по износостойкости превосходят текстолитовые более чем в 10 раз.

В результате исследования установлено, что прессованная древесина акации — эффективный антифрикционный материал. Подшипники, изготовленные из прессованной древесины акации, обладают сравнительно низким коэффициентом трения, достаточно высокой грузоподъемностью, могут работать при смазке минеральными маслами и водой. Износостойкость таких подшипников в ряде случаев выше износостойкости бронзовых и текстолитовых.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Д. С. Коднир. Контактно-гидродинамическая теория смазки. Куйбышевское книжное изд-во, 1963. [2]. В. В. Налимов, Н. А. Чернова. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. Изд-во «Наука», М., 1965. [3]. А. К. Сидоренко, И. И. Леепа, П. Н. Цыбулев. Прессованная древесина в узлах трения машин ударного действия и исследование работы подшипников скольжения. «Химия и химическая технология», вып. 19, 1969. [4]. В. Г. Твердохлеб, Н. Ф. Кузьмин, С. Н. Нехай. Стенд для исследования подшипниковых материалов. «Заводская лаборатория» № 5, 1967. [5]. М. М. Хрущов, М. А. Бабичев. Методы определения износа деталей машин. М., Изд-во АН СССР, 1951. [6]. П. Н. Цыбулев, Н. Ф. Кузьмин, Стенд с электромагнитным нагружением для исследования подшипников скольжения. «Вестник машиностроения» № 3, 1968. [7]. П. Н. Цыбулев, Н. Ф. Кузьмин. Работоспособность подшипников из прессованной древесины акации. «Технология и организация производства» № 2, Киев, 1969.

УДК 674.815-41

К ВОПРОСУ О СТАТИЧЕСКОМ ИЗГИБЕ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

В. В. ГАМОВ

Брянский технологический институт

Исследована прочность древесностружечных плит плоского прессования при статическом изгибе на основе учета их структурно-механических свойств. Выведены формулы для определения прочности плит при изгибе и произведены расчеты по ним.

Указывая на тесную связь между структурой и механическими свойствами тел, акад. П. А. Ребиндер предложил называть эти свойства структурно-механическими. Под структурой древесностружечных плит следует понимать структуру твердого тела, состоящего из мелких древесных частиц, покрытых клеевыми пленками. Понятие механические свойства включает ряд свойств: прочность при растяжении, изгибе, сжатии и др.

В данной работе рассматривается метод расчета прочности древесностружечных плит при статическом изгибе, основанный на учете их структурно-механических свойств. Ранее указывалось [1], что исследования, проведенные для случаев растяжения плит вдоль плоскости, имеют прямое отношение к изучению их прочности на статический изгиб. При изгибе возникают деформации растяжения, сжатия и сдвига. Соппротивление склеенной массы древесных частиц сжимающим силам тем выше, чем прочнее склеены между собой частицы и чем выше их прочность. Соппротивление склеенных частиц на сдвиг повышается с увеличением прочности склеивания и прочности частиц на сдвиг. Практика показывает, что с возрастанием прочности плит при статическом растяжении вдоль плоскости увеличивается их прочность на изгиб. Выведенные нами формулы (1) и (2) для определения предела прочности при статическом растяжении вдоль плоскости плит плоского прессования с дезориентированным расположением частиц.

$$\sigma''_{пл} = 0,095\sigma_{ск} \frac{l \cdot i}{s} \quad (1)$$

и

$$\sigma''_{пл} = 0,54\sigma''_{др} \quad (2)$$

учитывают все основные факторы, которые влияют на прочность плит: размеры, форму, плотность древесины, прочность, степень шероховатости поверхности частиц, объемный вес плит, содержание и объемный вес связующего и его клеящую способность [1]. Предел прочности при статическом изгибе древесностружечных плит $\sigma_{из}$, как указывалось выше, зависит от этих же факторов. Анализ показывает, что аппроксимированные выражения для определения $\sigma_{из}$ можно получить из формул (1) и (2), не учитывая при этом непосредственно прочность древесного наполнителя при сжатии. С этой целью для плит, изготовлен-

ных при идентичных условиях, определяли отношение экспериментальных значений их прочности

$$a = \frac{\sigma_{из}}{\sigma_{пл}}. \quad (3)$$

Исследуемые плиты (при определении величины a) имели следующую характеристику: однослойные плоского прессования с дезориентированными частицами; толщина плит 9 и 25 мм; порода древесины — сосна, ель, береза; размеры специально нарезанных частиц $20 \times 4 \times 18$ мм и $10 \times 2 \times 0,25$ мм; объемный вес плит 0,5—0,9 г/см³; марка смолы М19—62, ее концентрация 50%; содержание клея в стружке 7 и 12%; класс шероховатости поверхности древесных частиц $\nabla d_3 - \nabla d_8$; влажность стружки перед осмолением 4—5%, температура прессования плит 150°; продолжительность прессования 0,65 мин/мм; влажность выдержанных плит 8%. В условиях эксперимента для плит, изготовленных из сосновых частиц, вне зависимости от других факторов $a_c = 0,835$, из еловых $a_e = 0,793$, из березовых $a_b = 0,660$.

Выразив через K_n отношение коэффициента a для плит из любой породы древесины к коэффициенту a_c для плит из сосновых частиц, получим:

для плит из сосновых частиц

$$K_n = \frac{a_c}{a_c} = \frac{0,835}{0,835} = 1;$$

из еловых

$$K_n = \frac{a_e}{a_c} = \frac{0,793}{0,835} = 0,95;$$

из березовых

$$K_n = \frac{a_b}{a_c} = \frac{0,660}{0,835} = 0,79.$$

На основании этих зависимостей и формулы (3) можно записать

$$\sigma_{из} = a\sigma_{пл}'' = a_c \cdot K_n \sigma_{пл}''$$

или

$$\sigma_{из} = 0,835 \cdot K_n \sigma_{пл}'' \quad (4)$$

После подстановки значений $\sigma_{пл}''$ из формул (1) и (2) в выражение (4) соответственно получим

$$\sigma_{из} = 0,835 \cdot 0,095 \cdot K_n \cdot \sigma_{ск} \cdot \frac{li}{s}$$

или в конечном виде

$$\sigma_{из} = 0,079 \cdot K_n \cdot \sigma_{ск} \cdot \frac{li}{s} \quad (5)$$

и

$$\sigma_{из} = 0,835 \cdot 0,54 \cdot K_n \cdot \sigma_{др}''$$

или

$$\sigma_{из} = 0,45 \cdot K_n \cdot \sigma_{др}'' \quad (6)$$

Формулой (5) следует пользоваться при соблюдении условия

$$l \leq \frac{5,7\sigma_{др}'' \cdot s}{\sigma_{ск} \cdot i}, \quad (7)$$

а формулой (6) — соответственно при выполнении неравенства

$$l \geq \frac{5,7\sigma_{др}'' \cdot s}{\sigma_{ск} \cdot i}, \quad (8)$$

так как выражения (5) и (6) выведены из формул (1) и (2), которым присущи эти граничные условия [1].

Значения величин, входящих в выражения (5), (6), (7) и (8): $\sigma_{из}$ — предел прочности при статическом изгибе однослойных древесностружечных плит плоского прессования с дезориентированными частицами, $\kappa\Gamma/\text{см}^2$:

- K_n — коэффициент, учитывающий породу древесины частиц;
- l и s — соответственно средняя длина и средняя толщина стружки, определяемые общепринятым методом, см ;
- $\sigma_{ск}$ — предел прочности склеивания древесных частиц при скалывании, $\kappa\Gamma/\text{см}^2$;
- $\sigma_{др}''$ — предел прочности при статическом растяжении древесных частиц вдоль волокон, $\kappa\Gamma/\text{см}^2$ (величины $\sigma_{ск}$ и $\sigma_{др}''$ определяют по ранее изложенной методике [1]);
- i — степень укладки древесных частиц

$$i = \frac{(1+p)\gamma_{пл} - p \cdot \gamma_{к}}{\gamma_{ч}}. \quad (9)$$

В формулу (9) входят конкретные, заранее известные величины:

- p — содержание клея в стружке в пересчете на сухие продукты (в относительных единицах);
- $\gamma_{пл}$ — объемный вес плиты при влажности 8%, $\text{г}/\text{см}^3$;
- $\gamma_{к}$ — плотность клеевой пленки, находящейся в стадии С при влажности 8%, $\text{г}/\text{см}^3$;
- $\gamma_{ч}$ — плотность натуральной древесины частиц при влажности 8%, $\text{г}/\text{см}^3$.

Выражение $i \cdot j_{ч}$ из формулы (9) при $i \geq 1$ представляет собой плотность древесных частиц, находящихся в плите.

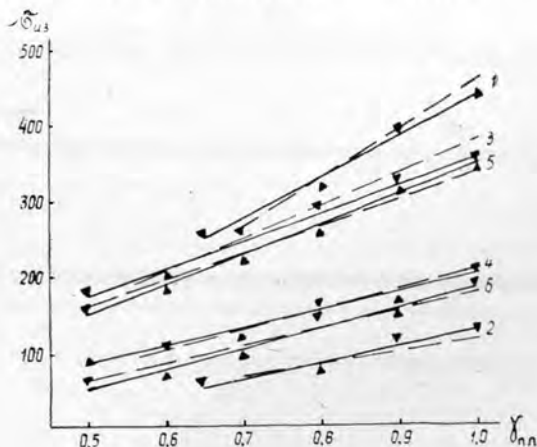


Рис. 1.

На рис. 1 показана зависимость предела прочности при статическом изгибе плит от объемного веса. Теоретические значения представлены штриховыми линиями, а экспериментальные — сплошными.

Плиты 1 и 2 березовые, толщина 12 мм, размеры частиц соответственно $34 \times 3,4 \times 0,15$ мм и $17 \times 3,4 \times 0,3$ мм. Плиты 3 и 4 сосновые, толщина 21 мм, размеры частиц соответственно $42 \times 3 \times 0,2$ мм и $12 \times 3 \times 0,2$ мм. Плиты 5 и 6 еловые, толщина 16 мм, размеры частиц соответственно $30 \times 2,5 \times 0,16$ мм и $18 \times 2,5 \times 0,32$ мм. Содержание клея в плитах 1—6 составляет 8%, смола марки М-60.

Прочность плит 1, 3 и 5 рассчитывали по формуле (6), так как этим плитам соответствует условие (8), а прочность плит 4, 6 и 2 определяли по формуле (5), которой удовлетворяет условие (7). Меньшие теоретические значения объемных весов плит рассматриваемого графика соответствуют величинам $i=1$, то есть тем условиям, когда устанавливается тесный контакт между древесными частицами. При $i < 1$ теоретически невозможно определить величину $\sigma_{из}$, так как очень трудно определить $\sigma_{ск}$. Значению $i=1$ соответствуют (для рис. 1) следующие объемные веса плит, полученные на основании зависимости (9): $0,5$ г/см³ — из еловых частиц, $0,56$ г/см³ из сосновых частиц, $0,7$ г/см³ из березовых частиц.

Отклонение экспериментальных значений $\sigma_{из}$, определенных стандартным методом, от теоретических не превышает 9—12%, что свидетельствует об относительно высокой точности результатов, полученных предлагаемым методом.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. В. В. Гамов. Структурно-механические свойства древесностружечных плит. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1970.

Поступила 7 апреля 1972 г.

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 634.0.813

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СУЛЬФАТИРОВАНИЯ
И ГИДРАТАЦИИ ТАЛЛОВОГО МАСЛА

Н. В. ТЕРЕГЕРЯ, А. Н. ЧЕРНЯЕВ, Ф. А. МЕДНИКОВ, В. В. ТЕРЕГЕРЯ,
М. И. ТЕМКИН, Н. А. КАБИТОВА

Ленинградская лесотехническая академия

Приведены результаты экспериментов по обработке таллового масла 94,5%-ной и 75%-ной серной кислотой и испытания получаемых при этом поверхностно-активных веществ при обработке металлов волочением. Показано, что ПАВ на основе таллового масла имеет преимущества перед смазками, применяемыми в настоящее время.

Около половины растительных масел и жиров, вырабатываемых в СССР, расходуется на получение поверхностно-активных веществ (ПАВ) и технических продуктов: лаков, олифы, моющих средств, технологических и консистентных смазок и др. [1].

В ближайшие годы ставится задача полностью высвободить пищевые жиры и масла из сферы технического потребления и заменить их синтетическими продуктами [2]. Поэтому весьма актуален вопрос о получении ПАВ на основе таллового масла. Переработка этого масла в товарные продукты (канифоль, жирные кислоты) осуществляется в нашей стране на Братском ЛПК (установка шведской фирмы KW мощностью 34 тыс. т таллового масла в год) и Котласском ЦБК (установка фирмы Круппа мощностью 14 тыс. т в год). К 1975 г. намечается дальнейшее расширение производственных мощностей по переработке таллового масла путем строительства и ввода в действие новых установок и кустовых заводов [3].

Нами проведены производственные испытания технологических эмульсий на образце таллового масла-сырца Сегежского комбината со следующей характеристикой: содержание жирных кислот 46,4%, смоляных кислот 40,6%, неомыляемых веществ 11,6%, влаги 0,9%, золы 0,5%; кислотное число 139,3 мг КОН/г; число омыления 148,3 мг КОН/г; йодное число (по Кауфману) 168,4; родановое число 82,1.

При испытаниях на Кольчугинском заводе была выявлена низкая эффективность таллового масла, что объясняется невысокой поверхностной активностью его компонентов. Кроме того, масло оказалось неустойчивым к термической деструкции в зоне деформации металлов ввиду наличия ненасыщенных карбоновых кислот.

Смазочную и эмульгирующую способность таллового масла мы повышали путем введения полярных функциональных групп по месту расположения двойных связей карбоновых кислот. Эти группы обладают хорошей адгезией к металлу и усиливают поверхностно-активные свойства исходного таллового масла. В результате нами были получены ПАВ на основе реакции гидратации масла до получения оксикислот. Реакция гидратации протекает через стадию сульфатирования таллового масла.

Многочисленными исследованиями показано, что наряду с основными продуктами реакции — сульфозэфирами и оксикислотами — при сульфатировании возникают побочные продукты. В 30-х годах Рисс [5], [6] доказал, что в случае сульфатирования олеиновой кислоты при температуре 0°C образуется только сернокислый эфир, а при 20°C последний быстро гидролизуеться до оксистеариновой кислоты, большая часть которой димеризуется в эстолиды. В работах Рисса указывается на образование «истинных» сульфокислот помимо сульфозэфиров при действии серной кислоты на олеиновую.

Бертоном и Берном установлено, что повышение количества серной кислоты от 20 до 60% от веса касторового масла увеличивает выход сульфопроизводных в три раза [4]. Однако с возрастанием количества сульфатирующей серной кислоты и с повышением температуры реакции в смесях увеличивается содержание лактонов и других конденсированных соединений.

Нами изучено влияние условий сульфатирования таллового масла на поверхностно-активные и смазочные свойства полученных продуктов. Сульфатирование таллового масла серной кислотой проводили при различных количественных соотношениях и температурах. После подачи серной кислоты реакционную массу термостатировали и через определенные промежутки времени отбирали пробы на анализ. Содержание сульфозэфиров таллового масла определяли бензидиновым способом, при этом использовали способность бензидинхлорида образовывать осадок с сульфозэфирами. Бензидиновые соли сульфозэфира вымывали из осадка этиловым спиртом и количество связанного бензидина определяли на спектрофотометре СФ-4А при длине волны 285 мк.

Кроме определения количества сульфозэфиров, полученных при сульфатировании, были использованы применяемые в промышленной практике обычные методы анализа: нахождение гидроксильного, йодного, кислотного чисел и числа омыления.

Данные по исследованию продуктов, полученных после сульфатирования таллового масла серной кислотой в зависимости от количества кислоты, температуры и продолжительности реакции сульфатирования, приведены в табл. 1 и 2. Наибольший выход сульфозэфиров получили в случае использования 94,5%-ной серной кислоты при соотношении таллового масла и серной кислоты 100:200. Наибольший выход оксикислот (максимальное гидроксильное число) наблюдался при сульфатировании 75%-ной серной кислотой при температурах 40 и 60°C, но при этом уменьшалось кислотное число сульфатированного таллового масла. Это говорит о возможности образования конденсированных соединений типа эстолидов и других побочных продуктов реакции.

Несмотря на указанные недостатки наиболее технологичен процесс сульфатирования таллового масла 75%-ной серной кислотой при 40°C, так как при этом значительно снижается вязкость масла. Суммарный выход сульфопроизводных и оксикислот довольно высок, о чем говорят малые значения йодных чисел. В случае сульфатирования концентрированной (94,5%-ной) серной кислотой при 10°C вязкость масла повышается настолько, что образуются комки на поверхности реакционной массы. Одновременно наблюдается заметное осмоление продуктов реакции.

Влияние условий сульфатирования на поверхностно-активные свойства изучали методом определения критической концентрации мицеллообразования (ККМ) полученных продуктов. ККМ — одна из важных и легкоопределяемых характеристик, отражающих склон-

Сульфатирование таллового масла 95,4%-ной серной кислотой при различном
весовом соотношении таллового масла и серной кислоты и температуре 10°C

Продолжительность сульфатирования, мин	Весовое соотношение таллового масла и серной кислоты, г														
	100 : 100					100 : 150					100 : 200*				
	гидро-кисильное число	йодное число	число омыления	кислотное число	количество сульфозефиров, $\frac{мг-моль}{л}$	гидро-кисильное число	йодное число	число омыления	кислотное число	количество сульфозефиров, $\frac{мг-моль}{л}$	гидро-кисильное число	йодное число	число омыления	кислотное число	количество сульфозефиров, $\frac{мг-моль}{л}$
30	22,9	14,0	148,9	140,0	0,119	4,37	19,00	149,4	140,3	0,22	0	8,22	151,0	148,4	0,23
60	33,5	15,2	148,6	139,3	0,204	0,07	29,40	149,6	140,1	0,24	0	7,18	158,0	149,4	0,39
90	75,7	15,7	148,8	139,1	0,213	30,20	7,28	163,8	150,3	0,79	0	5,18	160,3	154,7	0,75
120	75,1	7,57	149,7	140,3	0,212	0,00	8,99	168,1	160,3	0,93	0	2,53	168,3	159,0	1,11

Таблица 2

Сульфатирование таллового масла 75%-ной H₂SO₄ в весовом соотношении * 100 : 200 при различных температурах

Время сульфатирования, мин	Температура, °C														
	10					40					60				
	гидро-кисильное число	йодное число	число омыления	кислотное число	количество сульфозефиров, $\frac{мг-моль}{л}$	гидро-кисильное число	йодное число	число омыления	кислотное число	количество сульфозефиров, $\frac{мг-моль}{л}$	гидро-кисильное число	йодное число	число омыления	кислотное число	количество сульфозефиров, $\frac{мг-моль}{л}$
30	38,3	16,00	149,4	148,8	0,202	84,0	8,00	150,8	149,3	0,810	65,3	6,80	149,0	140,1	0,46
60	80,1	11,40	149,6	148,4	0,421	95,9	6,10	154,1	149,2	0,814	95,9	4,99	148,0	140,5	0,44
90	75,9	8,04	149,9	148,4	0,414	95,9	4,90	160,0	152,3	0,900	96,2	9,07	150,3	148,1	0,21
120	80,9	8,40	155,4	151,3	0,490	110,5	2,04	158,3	150,1	0,800	78,7	7,01	155,1	150,4	0,29

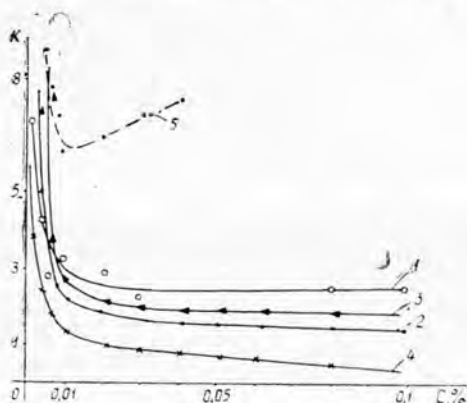
* Соотношение дано в пересчете на 100%-ную серную кислоту.

ность поверхностно-активных веществ в растворе к ассоциации. Для определения ККМ продуктов сульфатирования таллового масла измеряли коэффициент светопоглощения в зависимости от концентрации дисперсной фазы. В основу этого метода положено достаточно четко выраженное изменение цвета растворов, содержащих, кроме мыл, краситель родамин G. При достижении ККМ спектр поглощения раствора изменяется или вследствие адсорбции красителя, или солиubilизации его внутрь мицелл. Коэффициент экстинкции в зависимости от концентрации мыл измеряли с помощью фотоэлектроколориметра ФЭК-56.

Концентрационная зависимость молярного коэффициента экстинкции растворов мыл сульфатированного таллового масла приведена на рис. 1. Анализ показал, что наилучшими поверхностно-активными свойствами обладают продукты с большим выходом сульфозэфиров.

Рис. 1.

1 — сульфатирование 94,5%-ной H_2SO_4 при соотношении таллового масла и H_2SO_4 как 1:1,5; 2 — сульфатирование 75%-ной H_2SO_4 при $T=40^\circ C$; 3 — то же после щелочного гидролиза; 4 — сульфатирование 94,5%-ной H_2SO_4 при соотношении таллового масла и H_2SO_4 как 1:2; 5 — талловое масло.



Производственные испытания ПАВ в качестве смазочных материалов, полученных на основе сульфатирования таллового масла, показали высокую эффективность и устойчивость технологических эмульсий.

Таблица 3

Смазка	Количество смазываний	Среднепотребляемая мощность, квт, при волочении труб			
		латунных Л63 58×62 № партии 653 размером		медных МЗР 45×51 № партии 400 размером	
		55×58,2—1,6 I проход	53×55,4=1,2 II проход	49×44,8—2,4 I проход	37×40,7—1,85 II проход
СТМ	1	55,2	61,2	49,8	55,6
СГМ	1	56,8	61,8	49,2	50,0
Цеховая эмульсия	2	65,2	71,6	57,2	59,2

В табл. 3 представлены данные по испытанию ПАВ на основе сульфатирования таллового масла (СТМ) по сравнению с цеховой эмульсией и смазкой СГМ при волочении медных и латунных труб на 20-тонном цепном стане. Испытания проведены на Кольчугинском заводе. Смазочные свойства полученных ПАВ значительно выше, чем применяемой цеховой эмульсии, и несколько выше, чем смазки СГМ, приготовленной на основе гидрированных растительных масел.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. К. Маньковская. Синтетические жирные кислоты, Изд-во «Химия», М., 1965. [2]. Ф. В. Неволлин. Химия и технология синтетических моющих средств. Изд-во «Пищевая промышленность», М., 1964. [3]. П. П. Поляков, В. И. Лисов. Сырьевые ресурсы и перспективы развития производства канифоли, скипидара и вторичных продуктов на их основе. Синтетические продукты из канифоли и скипидара. Труды II Всесоюзного научно-технического совещания по вопросам получения синтетических и модифицированных лесохимических продуктов на основе канифоли и скипидара. Горький, 1970. [4]. D. Burton, L. F. Byrne. I. Soc. Leather Trades' chemists, 38, № 1, 1954. [5]. C. Riess. Collegium, 13, 1930; 557, 1931; I. Soc. Leather Trades'chem. 15, 84, 1931. [6]. C. Riess. I. Soc. Leather Trades'chem. 19, 163, 1935.

Поступила 10 июля 1972 г.

УДК 674.049.2

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ГОРЯЧЕГО ПРЕССОВАНИЯ ПРОФИЛИРОВАННЫХ ДРЕВЕСНОВОЛОКНИСТЫХ ПЛИТ

В. Д. БЕКЕТОВ

ВНИИдрев

На основании математического планирования экспериментов произведена оптимизация горячего прессования профилированных древесноволокнистых плит сухого способа производства. Выявлены оптимальные значения независимых переменных, при которых плиты имеют наибольшую несущую способность.

В настоящее время еще не создана теория процесса горячего прессования древесноволокнистых плит, поэтому оптимизацию этого процесса и математическое описание производим по методической сетке центрального композиционного ротатбельного планирования второго порядка [2].

В качестве независимых переменных были выбраны следующие факторы: T — температура плит горячего пресса, °С; B — влажность волокнистых ковров перед прессованием, %; D — максимальное давление прессования в расчете на горизонтальную проекцию плиты, кгс/см²; P — продолжительность горячего прессования, мин/мм. Параметры оптимизации: y_1 — разрушающая нагрузка при действии статического изгиба, приходящаяся на 1 см ширины плиты, кгс/см; y_2 — водопоглощение плиты за 24 часа, %.

Центр экспериментирования (нулевую точку) задаем на основании априорных сведений, так как в данном случае величины независимых переменных принципиально не отличаются от параметров прессования при производстве плоских ДВП. Уровни варьирования определяли с учетом того, чтобы охватить достаточно большую область факторного пространства, но не переходя границу максимально возможной технической характеристики современного прессового оборудования, а также исходя из технологических требований производства ДВП сухим способом. В экспериментах каждый из факторов принимал значения, соответствующие уровням, приведенным в табл. 1.

Профилированные ДВП считались режимными, если независимые переменные отклонялись от номинальных значений с точностью: $T = \pm 8^\circ\text{C}$; $B = \pm 0,8\%$; $D = \pm 1,5$ кгс/см²; $P = 0,1$ мин/мм.

Прессование производили по типовому графику, характерному для прессования ДВП сухого способа производства (рис. 1). Готовые плиты

Кодирование независимых переменных
и условия планирования экспериментов

Уровень планирования	Код	Факторы (независимые переменные)			
		X_1 $T, ^\circ\text{C}$	X_2 $B, \%$	X_3 $D, \text{кгс/см}^2$	X_4 $\Pi, \text{мин/мм}$
Основной	0	200	10	60	2,0
Предел варьирования	ε	20	3	10	0,5
Верхний	+1	220	13	70	2,5
Нижний	-1	180	7	50	1,5
Верхний „звездный“	+2	240	16	80	3,0
Нижний „звездный“	-2	160	4	40	1,0



имеют складчатую форму с трапециевидальным сечением. Геометрические размеры складок следующие: толщина настила плиты 3 мм; высота профиля плиты 10 мм; шаг складок 40 мм; угол наклона боковых граней 45° ; периметр складок 48,2 мм.

В связи с тем, что мы ограничены верхним уровнем факторного пространства, непосредственно описываем его полиномом второй степени. Для оценки коэффициентов регрессии полинома второго порядка было использовано центральное композиционное ротatableное униформ-планирование. Матрица планирования и результаты экспериментов приведены в табл. 2.

Результаты экспериментов дважды дублировали и рандомизировали во времени по технологическим соображениям, а не на основании таблицы случайных чисел. В качестве определяющего фактора при рандомизации принимали влажность ковров. В определенном промежутке времени (в течение дня) при реализации матрицы планирования влажность ковров оставалась постоянной, а изменяли другие три независимые переменные. Ошибка эксперимента при этом уменьшалась. При вычислении коэффициентов регрессии были использованы формулы, применимые для ротatableного планирования при любом числе независимых переменных [1].

Таблица 2

№ п/п	x_0	Планирование				x_1^2	x_2^2	x_3^2	x_4^2	x_1x_2	x_1x_3	x_1x_4	x_2x_3	x_2x_4	x_3x_4	\bar{y}_1	\bar{y}_2
		x_1	x_2	x_3	x_4												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	3,5	278,0
2	+1	+1	-1	+1	-1	+1	+1	+1	+1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	8,0	39,2
3	+1	-1	-1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	-1	-1	-1	-1	+1	3,9	204,0
4	+1	-1	+1	-1	+1	+1	+1	+1	+1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	5,0	84,4
5	+1	+1	+1	-1	-1	+1	+1	+1	+1	+1	-1	-1	-1	-1	+1	7,2	47,0
6	+1	+1	+1	-1	-1	+1	+1	+1	+1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	6,9	42,4
7	+1	-1	+1	+1	-1	+1	+1	+1	+1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	4,9	78,5
8	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	6,9	29,5
9	+1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,5	70,5
10	+1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,6	49,1
11	+1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	-1	+1	-1	-1	4,1	147,0
12	+1	+1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	+1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	6,2	63,4
13	+1	-1	+1	-1	-1	+1	+1	+1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	4,4	106,0
14	+1	-1	-1	+1	-1	+1	+1	+1	+1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	4,9	124,0
15	+1	+1	+1	+1	-1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	-1	+1	-1	-1	6,5	40,3
16	+1	-1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	4,7	78,9
17	+1	+1	-1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	7,8	44,9
18	+1	+1	+1	-1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	6,6	37,9
19	+1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,9	47,9
20	+1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,2	66,3
21	+1	-2	0	0	0	+4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,8	167,0
22	+1	+2	0	0	0	+4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,4	22,4
23	+1	0	-2	0	0	0	+4	0	0	0	0	0	0	0	0	1,1	371,0
24	+1	0	+2	0	0	0	+4	0	0	0	0	0	0	0	0	7,5	63,9
25	+1	0	0	-2	0	0	0	+4	0	0	0	0	0	0	0	4,4	138,0
26	+1	0	0	+2	0	0	0	+4	0	0	0	0	0	0	0	7,1	43,5
27	+1	0	0	0	-2	0	0	0	+4	0	0	0	0	0	0	5,7	73,5
28	+1	0	0	0	+2	0	0	0	+4	0	0	0	0	0	0	6,0	59,3
29	+1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,8	66,6
30	+1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,1	67,3

Полученные уравнения регрессии в кодированных переменных имеют следующий вид:

$$y_1 = 6,40 + 1,33 x_1 + 0,57 x_2 + 0,90 x_3 - 0,09 x_4 + 0,26 x_1^2 - 0,56 x_2^2 - 0,20 x_3^2 - 0,18 x_4^2 - 0,27 x_1 x_2 + 0,06 x_1 x_3 + 0,02 x_1 x_4 - 0,26 x_2 x_3 + 0,01 x_2 x_4 - 0,14 x_3 x_4; \quad (1)$$

$$y_2 = 62,0 - 39,4 x_1 - 44,0 x_2 - 14,8 x_3 - 5,6 x_4 + 3,8 x_1^2 + 34,6 x_2^2 + 2,8 x_3^2 - 3,2 x_4^2 + 23,1 x_1 x_2 + 5,8 x_1 x_3 + 2,3 x_1 x_4 + 4,4 x_2 x_3 + 1,6 x_2 x_4 + 16,1 x_3 x_4. \quad (2)$$

Ошибки в определении коэффициентов регрессии приведены в табл. 3.

Таблица 3

Параметры оптимизации	$\sigma^2 b_0$	$\sigma^2 b_i$	$\sigma^2 b_{ii}$	$\sigma^2 b_{ij}$
y_1	0,31	0,08	0,42	0,12
y_2	48,4	12,1	10,6	18,1

Кодированные переменные x (X_1 ; X_2 ; X_3 ; X_4) связаны с исходными переменными X (T ; B ; D ; Π) простым соотношением [1]:

$$x = \frac{X - O}{\varepsilon},$$

где O — основной уровень в натуральном выражении;

ε — интервал варьирования в натуральном выражении.

Адекватность уравнений (1) и (2) оценивали по F -отношению. Первое уравнение оказалось адекватным, так как вычисленное F -отношение, равное 1,85, не превышает критического (табличного). Второе уравнение регрессии неадекватно представляет результаты эксперимента. Для получения адекватного уравнения поверхность отклика необходимо описывать полиномами третьей степени или же здесь возможно влияние неконтролируемых переменных (например, количество введенного в волокно парафина, степень размола волокна). Данное уравнение регрессии можно использовать как интерполяционную формулу для приближенной оценки водопоглощения профилированных ДВП по заданным значениям T , B , D и Π . Из-за неадекватности уравнения регрессии предсказанные значения водопоглощения плит будут выдаваться с ошибкой, превышающей ошибку эксперимента.

Непосредственное сравнение коэффициентов регрессии уравнения с ошибками в их определении показывает, что, хотя значения коэффициентов b_{ii} и b_{ij} сопоставимы с ошибками в их определении, адекватность не отвергается. При этом для данных коэффициентов нельзя принять нуль гипотезу [1]. Значит, выбранные переменные недостаточно полно характеризуют процесс, и для выяснения оптимизации процесса прессования профилированных ДВП желательно ввести новые переменные.

Анализ полученных уравнений показывает, что по степени влияния на несущую способность профилированных ДВП, характеризующуюся величиной y_1 , независимые переменные располагаются в следующей последовательности: T , D , B и Π , а по степени влияния на водопоглощение плиты эти переменные располагаются в таком порядке: B , T , D и Π . С увеличением T , D и B величина y_1 возрастает, а y_2 уменьшается, основной уровень Π близок к оптимуму. Даже при негативном

результате исследования получены важные для практических целей зависимости при малой затрате труда; этого не получить при обычных методах эксперимента, когда факторы варьируют поочередно.

Для выявления максимального значения y_1 пользовались методом перебора различных комбинаций независимых переменных, концентрируя их в предполагаемом максимуме (в верхней области факторного пространства). Были выявлены следующие оптимальные значения независимых переменных (при которых плиты имеют наибольшую несущую способность): $X_1 = 2$; $X_2 = 0$; $X_3 = 2$; $X_4 = 1$. Действительные значения независимых переменных: $T = 240^\circ\text{C}$; $B = 10\%$; $D = 80 \text{ кгс/см}^2$; $P = 1,5 \text{ мин/мм}$; при этом y_1 составляет $11,3 \text{ кгс/см}$.

Значения y_1 , предсказанные уравнением регрессии, отличаются от реализованных экспериментально в среднем на 12% . При смягчении режимных параметров прессования ($T = 200^\circ\text{C}$, $D = 60 \text{ кгс/см}^2$) несущая способность профилированных ДВП уменьшается на 20% .

ЛИТЕРАТУРА

[1]. В. В. Налимов, Н. А. Чернова. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. Изд-во «Наука», М., 1965. [2]. Новые идеи в планировании эксперимента. Под редакцией В. В. Налимова. Изд-во «Наука». Главная редакция физико-математической литературы, М., 1969.

Поступила 28 апреля 1970 г.

УДК 665.442.7 : 678.178.2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЯЗКОСТИ МАСЛЯНИСТЫХ КАМЕННОУГОЛЬНЫХ АНТИСЕПТИКОВ ДЛЯ ДРЕВЕСИНЫ

Г. Е. ШАЛТЫКО, Н. В. ТИТОВА

Ленинградский институт инженеров железнодорожного транспорта

В. В. ГРИГОРОВА

Ленинградский мачтопиточный завод

Доказано, что величины кинематической вязкости маслянистых каменноугольных антисептиков для древесины (пропиточных масел), рассчитанные по фракционному составу, почти в два раза меньше, чем определенные в вискозиметре. Рекомендуется вязкость маслянистых антисептиков для древесины определять в вискозиметрах.

Способность маслянистых антисептиков проникать в древесину характеризуется, главным образом, их вязкостью. Вязкостью, или внутренним трением, называют свойство жидкости сопротивляться взаимному перемещению ее частиц, вызываемому действием приложенной силы [1]. Различают вязкость динамическую, кинематическую и условную.

Для индивидуальных веществ и для смесей, состоящих из близких по свойствам компонентов, наблюдается функциональная зависимость между вязкостью, плотностью, температурой кипения. Зная численные значения одних показателей, можно рассчитать и другие.

Маслянистые антисептики, применяемые для консервирования древесины, являются смесями различных органических веществ постоянного состава и разного строения [2], [3], [5]. Неверно рассчитывать вязкость таких сложных смесей по фракционному составу. Однако, согласно ГОСТу 2770—59, кинематическую вязкость каменноугольного

пропиточного масла определяют расчетным способом по фракционному составу [6]. Так же находят вязкость антраценовых и других масел, применяемых для консервирования древесины.

В данной статье приведены результаты определения в вискозиметрах кинематической и условной вязкости 110 проб различных каменноугольных маслянистых антисептиков для древесины, расчет кинематической вязкости по фракционному составу (согласно ГОСТу 2770—59) и сравнительная оценка полученных результатов.

Экспериментальная часть*

Исходные вещества: каменноугольные пропиточные масла, поставляемые заводами; антраценовые пропиточные масла; масла, изготовленные нами из сырых каменноугольных смол. Взятые для исследования маслянистые антисептики по всем показателям отвечали требованиям ГОСТа 2770—59. Согласно этому ГОСТу, кинематическая вязкость пропиточных масел указана при температуре 80°C, поэтому для проб исследованных масел приведены величины вязкости, вычисленные при 80°C. Кинематическую вязкость определяли в вискозиметре Оствальда — Пинкевича общепринятым методом [7]. Условную вязкость проб обезвоженных и профильтрованных масел определяли в стандартном вискозиметре ВУ по ГОСТу 6258—52. Расчетным методом кинематическую вязкость вычисляли по фракционному составу (согласно ГОСТу 2770—59) из уравнения

$$\eta = 0,0682x - 1,21,$$

где η — показатель вязкости при 80°C, *сст*;
 x — процентное содержание фракции масла, выкипающей при температуре выше 315°C (определено путем вычитания из величины 100 количества отогнанного масла до температуры 315°C);

0,0682 и 1,21 — постоянные эмпирические величины.

Для сравнительной оценки масла фракционно перегоняли (согласно ГОСТу 2177—59) из металлической колбы типа Энглера, соединенной с холодильником асбестовой пробкой. Чтобы получить пропиточные масла из сырых исходных смол, их отфильтровывали, фенолы удаляли щелочным методом [4]. Обезвоженные смолы перегоняли, отбирая фракции в интервалах температур: 200—210°C; 210—275°C; 275—315°C. Остатки, кипящие при температуре выше 315°C, разгоняли на фракции 10° под вакуумом с остаточным давлением около 4 мм рт. ст. Из фракций составляли масла, по фракционному составу соответствующие требованиям ГОСТа 2770—59.

Смолообразующие компоненты фракции маслянистых антисептиков, имеющей температуру кипения выше 315°C, сильно повышают фактическую вязкость, что не учтено при рекомендации определять кинематическую вязкость по фракционному составу. Поэтому величины кинематической вязкости, полученные расчетным способом по фракционному составу масел, занижены по сравнению с определенными непосредственно в вискозиметрах.

В табл. 1 представлены результаты перегонки масел для определения кинематической вязкости по фракционному составу, в табл. 2 — значения вязкости при температуре 80°C. Каждое число в этих таблицах — среднее, рассчитанное вариационно-статистически, из десяти близко сходящихся проб.

* В экспериментальной работе принимала участие И. А. Чандер.

Таблица 1

Пробы	Количество фракций, объемн. %, выкипающих до температуры, °С				
	210	275	315	360	выше 360 (остаток в колбе)
Заводские каменноугольные пропиточные масла	2	10	14	69	31
То же	5	10	15	68	32
То же	2	13	16	68	32
То же	0	11	13	70	30
Антраценовые пропиточные масла	6	11	20	70	30
То же	6	12	16	69	31
То же	2	11	16	71	29
Масла, изготовленные из сырых заводских смол	2	15	56	74	26
То же	5	18	32	70	30
То же	3	12	28	72	28
То же	4	13	22	71	29

Таблица 2

Пробы	Вязкость при температуре 80°С		
	условная (ВУ) в вискозиметре, град	кинематическая в вискозиметре, сст	кинематическая, рассчитанная по фракционному составу масел, η° , сст
Заводские каменноугольные пропиточные масла	1,66	7,80	4,65
То же	1,62	7,62	4,59
То же	1,64	7,78	4,52
То же	1,82	8,20	4,72
Антраценовые пропиточные масла	1,55	7,00	4,24
То же	1,53	7,23	4,52
То же	1,51	6,96	4,52
Масла, изготовленные из сырых заводских смол	1,12	2,70	1,79
То же	1,36	6,32	3,42
То же	1,42	7,50	3,70
То же	1,52	7,24	4,11

* В ГОСТе 2770—59 кинематическая вязкость обозначена буквой η — символом динамической вязкости.

Из результатов исследования можно заключить, что численные значения кинематической вязкости изученных масел, рассчитанные по фракционному составу, почти в два раза меньше, чем фактические, определенные в вискозиметре. Этим объясняется, почему каменноугольные масла для пропитки древесины при величине вязкости, отвечающей требованиям ГОСТа 2770—59, плохо проникают в пропитываемую древесину. Вязкость каменноугольных масел и других маслянистых антисептиков, применяемых для консервирования древесины, рекомендуется определять в вискозиметрах.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Б. М. Рыбак. Анализ нефти и нефтепродуктов. Госоптехиздат, 248, 1962.
 [2]. Г. Е. Шалтыко. Труды Института лесохозяйственных проблем и химии древесины АН Латвийской ССР, XXIII, 81, 1961. [3]. Г. Е. Шалтыко. Материалы научно-технической конференции. Свойства древесины, ее защита и древесные материалы. Красноярск, 96, 1968. [4]. Г. Е. Шалтыко и др. Термокаталитические

методы переработки углеводородного сырья. Изд-во «Химия», 175, 1969. [5]. Г. Е. Шалыко. ЖПХ, XLIII, 3, 605, 1970. [6]. ГОСТ 2770—59. Масло каменноугольное для пропитки древесины. Комитет стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР. [7]. ГОСТ 33—36. Определение кинематической вязкости маслянистых веществ.

Поступила 29 мая 1972 г.

УДК 668.473

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФИТОСТЕРИНА, ВЫДЕЛЕННОГО ИЗ ТАЛЛОВЫХ ПРОДУКТОВ КОТЛАССКОГО ЦБК

В. Б. НЕКРАСОВА, Э. И. ЛАРИНА, Ф. А. МЕДНИКОВ, А. Л. АГРАНАТ

Ленинградская лесотехническая академия

Приведены сравнительные данные по составу и физико-химической характеристике стеринов, выделенных из сульфатного мыла, таллового масла и пека Котласского ЦБК. Фитостерин из пека по сравнению с фитостерином из таллового масла и сульфатного мыла содержит значительно меньше основного стеринового компонента — β -ситостерина и больше нестериновых примесей. При анализе фитостерина методом сорбционной и газо-жидкостной хроматографии выделена фракция, содержащая два стериновых компонента: β -ситостерин и кампестерин; при этом β -ситостерин составляет более 80% от выделенной фракции.

По литературным данным, фитостерин может быть выделен как из сульфатного мыла, так и из таллового пека [1], [2], [4], [6]. Талловый пек по сравнению с сульфатным мылом является стериновым концентратом, так как при получении таллового масла и его ректификации стерины из-за высокой температуры кипения остаются в пеке. Однако высокотемпературная обработка талловых продуктов в процессе ректификации приводит к частичному разрушению стеринов и их этерификации [2], тогда как стерины сульфатного мыла находятся, в основном, в свободном состоянии.

Цель данной работы — сравнить состав и физико-химическую характеристику фитостерина, выделенного из талловых продуктов, полученных в одном технологическом потоке.

Содержание неомыляемых веществ и фитостерина в сульфатном мыле и талловом масле определяли по общепринятым методикам [1], количество фитостерина в талловом пеке находили аналогично указанному выше, после предварительного омыления пека при соотношении пек — натриевая щелочь — этанол как 1:0,3:10 в течение 5 час при температуре кипения растворителя.

Результаты анализа сульфатных продуктов на содержание в них фитостерина представлены в табл. 1. При пересчете количества неомыляемых и фитостерина в талловых продуктах на сухое исходное сульфатное мыло принимали, что выход таллового масла из сульфатного мыла составляет 50%, выход таллового пека из таллового масла — 30% (данные Котласского ЦБК).

Образцы талловых продуктов были отобраны на Котласском ЦБК в августе 1970 г. При анализе использовали сульфатное мыло, полученное непосредственно на Котласском ЦБК, в то время как для производства таллового масла на комбинате используют смесь солобальского, котласского и сыктывкарского сульфатного мыла. Этим, вероятно, и

Таблица 1

№ образца	Исходный продукт	Количество летучих, %	Содержание, %				
			к сухому исходному продукту		к сухому сульфатному мылу		к фитостерину сульфатного мыла
			неомыляемых	фитостерина	неомыляемых	фитостерина	фитостерина
1	Сульфатное мыло	40,5	17,5	3,14	17,5	3,14	100
2	"	38,0	16,8	2,98	16,8	2,98	100
1	Талловое масло	5,1	17,8	8,81	8,9	4,41	140,4
2	"	3,9	19,6	9,23	9,8	4,59	154,0
1	Пек	0,1	43,2	7,25	6,5	1,11	35,3
2	"	0,1	42,8	11,60	6,4	1,70	57,0

объясняется некоторое несоответствие между содержанием стериннов в талловом масле и сульфатном мыле (табл. 1). Талловый пек получен из смешанного таллового масла.

Из данных табл. 1 видно, что больше всего фитостерина содержится в пеке, меньше всего — в сульфатном мыле. Однако содержание фитостерина в пеке значительно ниже теоретически возможного, что объясняется, вероятно, разложением фитостерина при ректификации.

При оценке потенциальной возможности использования талловых продуктов в качестве стеринсодержащего сырья следует учитывать не только количественное содержание фитостерина, но и его качественную характеристику, особенно наличие основного компонента — β -ситостерина. Физико-химическая характеристика стериннов, выделенных из талловых продуктов, представлена в табл. 2.

Таблица 2

Исходный продукт	Характеристика фитостерина		
	температура плавления, °C	содержание β -ситостерина, %	Внешний вид
Сульфатное мыло	118—124	} 80,51	Белые игольчатые кристаллы То же
"	114—121		
Талловое масло	122—126	} 85,03	То же То же
"	121—124		
Талловый пек	70—92	} 56,49	Мелкокристаллический продукт желтого цвета То же
"	75—92		

Примечание. Содержание β -ситостерина определяли методом осаждения дигитонином [5].

Стерины сульфатного мыла и таллового масла качественно одинаковы, тогда как фитостерин из пека содержит значительно меньше непредельных стериннов и больше низкомолекулярных примесей (табл. 2).

Нами проведено разделение фитостерина, выделенного из талловых продуктов, сорбционно-хроматографическим методом с целью фракционирования стериннов и отделения от них фракции алифатических спиртов. Разделение осуществляли по методике, разработанной А. Л. Агранат и Ф. Т. Солодким [3] для фитостерина сульфатного мыла. Сорбент — окись алюминия II степени активности по Брокману. Растворитель и проявитель — очищенный бензин фракции 80—120°. Параметры колонок: длина 370 мм; $d_{\text{вн}} = 22$ мм; $l/d = 16,8$; $t = 24^\circ\text{C}$.

Учитывая близкую физико-химическую характеристику фитостерина из сульфатного мыла и таллового масла, эти продукты объединили.

Содержание фитостерина в бензиновом растворе — 4,1 г/л. Проявленные хроматограммы облучали ультрафиолетовым светом. Зоны разделяли на хроматографических колонках по различной интенсивности свечения. Выделенные зоны элюировали хлороформом. Определяли физико-химические показатели полученных фракций и содержание β -ситостерина. Количество β -ситостерина находили методом осаждения дигитонином, молекулярный вес — по числу омыления ацетата.

В табл. 3 приведена физико-химическая характеристика стеринных фракций, обогащенных β -ситостерином. Фитостерин из пека содержит в два раза меньше стериновой фракции и больше нестериновых примесей, чем фитостерин таллового масла и сульфатного мыла. Около 50% фитостерина, полученного из мыла и масла, и 70% фитостерина из пека входили в состав фракций, имевших замедленную качественную реакцию на стерин и температуру плавления 122—127°C. Это показывает, что фитостерины содержат значительное количество низкомолекулярных примесей; β -ситостерин составляет менее 60% от фракции.

Таблица 3

Исходное сырье	Характеристика стеринных фракций						
	выход, % к исходному фитостерину	температура плавления, °C	содержание β -ситостерина, %	$[\alpha]_D$ в хлороформе, град	молекулярный вес	$T_{пл}$ ацетата, °C	число омыления ацетата
Пек	20—30	134—36	76,3	—37,0	340	120—22	146
Сульфатное мыло и талловое масло	48	133—35	62,8	—34,6	293	119—22	168

Указанные в табл. 3 фракции анализировали методом ГЖХ на хроматографе фирмы «Шимадзу», модель GC-4APFT с дифференциальным пламенноионизационным детектором. В работе использовали стеклянные колонки длиной 2 м, внутренним диаметром 4 мм. Расход газа-носителя гелия 35 мл/мин. В качестве жидкой фазы применяли силиконовый эластомер E-30 (1% к весу носителя), инертный носитель-хромосорб G (100/120 меш), силонизированный гексаметилдисилозаном, температура колонки 275°C, детектора и инжектора 300°C. Анализируемые образцы (2,5%-ный раствор стеринов в хлороформе) вводили непосредственно в хроматографическую колонку, величина пробы 3 мкл.

Таблица 4

№ пика на хроматограмме	Компоненты	Количество компонентов, %, выделенных из	
		пека	мыла и масла
1	Холестерин	15,0	15,0
		—	—
2	Кампестерин	13,6	16,2
		17,8	18,5
3	β -ситостерин	67,5	66,0
		82,2	81,5

Примечание. В числителе данные с учетом внутреннего стандарта; в знаменателе — без учета.

ГЖХ осуществляли методом внутреннего стандарта. В качестве стандартного вещества применяли холестерин, который вводили с пробой в количестве 15% от веса исследуемого продукта. Качественный и количественный состав стеринов, выделенных из таллового пека, сульфатного мыла и таллового масла, представлен в табл. 4.

Идентификацию β -ситостерина проводили методом метки, а кампестерина — по литературным данным [7].

Из данных табл. 4 следует, что основная стериновая фракция, выделенная как из пека, так и из сульфатного мыла и таллового масла, — смесь двух стериновых компонентов: β -ситостерина (более 80%) и кампестерина (около 20%).

Таким образом, в талловом пеке содержится 7—11% фитостерина, что составляет 35—57% от теоретически возможного количества. Фитостерин, выделенный из пека, содержит 56% β -ситостерина, а выделенный из сульфатного мыла и таллового масла — 80—85% β -ситостерина.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Б. Д. Богомолов, А. А. Соколова. Побочные продукты сульфатно-целлюлозного производства, Гослесбумиздат, М., 1962. [2]. В. З ан д е р м а н. Природные смолы, скипидары, талловое масло. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1964. [3]. Ф. Т. Солодкий, А. Л. Агранат. Труды ЛТА № 69, 1950. [4]. Ф. Т. Солодкий. Автореферат докторской диссертации. Л., 1965. [5]. Л. Физер, М. Физер. Стероиды. Изд-во «Мир», М., 1964. [6]. О. Prochazka. *Papira Cellulosa*, 20, № 2, 46, 1965. [7] E. Fedeli, A. Zanzani, P. Capella, *J. Am. Soc.* 43, 4, 254, 1966.

Поступила 24 января 1972 г.

УДК 634.0.813

ДИНАМИЧЕСКИЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ КИНЕТИКИ ПРОЦЕССА ПОЛИКОНДЕНСАЦИИ СМОЛ

Б. П. ЕРЬХОВ, В. Г. ЛИБУРКИН, В. И. РОМИЦЫН, А. А. ЭЛЬБЕРТ

Ленинградская лесотехническая академия

Описывается динамический метод для исследования кинетики быстро протекающих процессов поликонденсации мочевино-формальдегидных смол при повышенных температурах, основанный на измерении частоты затухающих крутильных колебаний цилиндрического жесткого штампа, контактирующего со структурообразующим объектом.

Эксплуатационные качества древеснослоистых пластиков, древесностружечных плит, декоративных материалов на бумажной основе в значительной мере определяются степенью отверждения используемых смол.

Существующие методы оценки степени отверждения смол путем определения метилольных групп, по растворимости смолы в воде, спирте, ацетоне, а также электрометрические измерения имеют недостатки. Перспективные неразрушающие методы испытания [3]. Для определения кинетики процессов полимеризации и поликонденсации смол при повышенных температурах необходимо было разработать такой метод, чтобы время одного измерения не превышало долей секунды, а измеренный косвенный показатель однозначно реагировал бы на любые структурные изменения.

Предлагаемый нами динамический метод основан на измерении частоты крутильных колебаний цилиндрического жесткого штампа,

контактирующего со структурообразующим объектом. Как показано в одной из работ [2], для цилиндрического жесткого штампа, лежащего на упругом слое определенной толщины, закручивающий момент M_1 связан с модулем сдвига слоя следующей зависимостью:

$$M_1 = \alpha 16GR^3\varphi, \quad (1)$$

где R — радиус штампа;

φ — угол поворота штампа относительно вертикальной оси;

α — расчетный коэффициент, учитывающий связь угла поворота с закручивающим моментом;

$$\alpha = \int_0^1 \xi \omega(\xi) d\xi,$$

здесь $\xi = \frac{x}{R}$ — безразмерный параметр ($0 \leq x \leq R$);

$\omega(\xi) = f\left(\frac{R}{h}\right)$ — расчетная функция формы;

h — толщина подстилающего слоя.

Для случая бесконечного полупространства ($h \rightarrow \infty$) или при условии $\frac{h}{2R} \geq 3$ коэффициент формы $\alpha = \frac{1}{3}$ [1]. Если момент M_1 , приложенный к жесткому штампу, снять, то система будет совершать затухающие крутильные колебания с частотой ν , пропорциональной упругости подстилающего слоя. Связь момента упругих сил подстилающего слоя M_2 с углом закручивания φ и частотой ν выражается следующей формулой:

$$M_2 = 4\pi^2 J \nu^2 \varphi, \quad (2)$$

где J — момент инерции колеблющейся системы относительно вертикальной оси.

Приравнивая моменты M_1 и M_2 , получим

$$G = \frac{\pi^2 J}{4\alpha R^3} \nu^2, \quad (3)$$

здесь $\alpha = f\left(\frac{R}{h}\right)$.

При данной конструкции штампа и постоянной толщине исследуемого слоя модуль сдвига связан с частотой свободных крутильных колебаний штампа зависимостью

$$G = A \nu^2, \quad (4)$$

где A — постоянная прибора, определяемая экспериментальным путем с помощью эталонного упругого тела с известным модулем сдвига.

Измеренная частота крутильных колебаний штампа непосредственно связана с модулем сдвига слоя фиксированной толщины и является адеструктивным показателем структурно-механических свойств исследуемого слоя.

Для изучения кинетики процесса отверждения смол был изготовлен специальный прибор, схема которого приведена на рис. 1. Постоянную навеску мочевино-формальдегидной смолы I заливают в стакан 2, нагретый до определенной температуры. В течение всего эксперимента температуру поддерживают постоянной с помощью контактного термометра. Поверхность слоя смолы приводится в контакт со штампом-осциллятором 3, связанным с коромыслом 4. Закручивающий момент создается кратковременным импульсом тока от предварительно заряженного конденсатора; ток пропускается через электро-

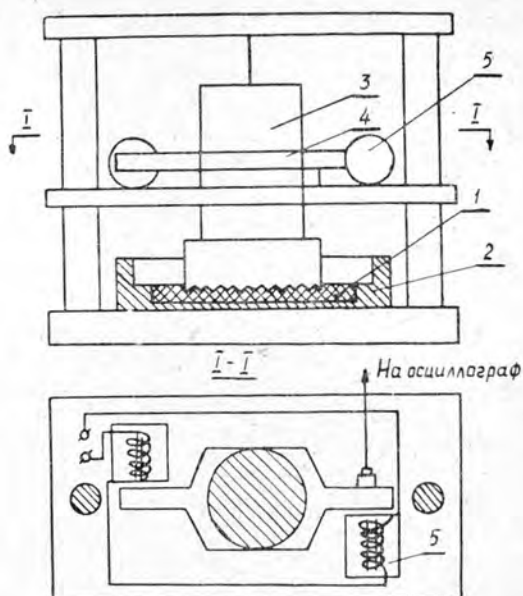


Рис. 1.

магниты 5, которые, притягивая коромысло, выводят систему из положения равновесия. Под действием упругих сил образца система стремится перейти в положение равновесия, совершая затухающие крутильные колебания, фиксируемые пьезодатчиками типа Д.6.000.

Затухающий колебательный процесс фиксируется на фотопленку шлейфного осциллографа типа Н-107 через каждые 15 сек с момента отверждения смолы; частота крутильных колебаний определяется из осциллограммы.

С помощью пружины предотвращается притягивание коромысла к электромагниту в начальный период отверждения; жесткость пружины обеспечивает начальную частоту колебаний системы, равную 5 *гц*. Предел нечувствительности преодолевается, когда упругость образованной структуры превышает упругость пружины.

Зависимость частоты крутильных колебаний при разных режимах отверждения мочевино-формальдегидной смолы представлена на



Рис. 2.

1 — 180°C; 2 — 170°C; 3 — 160°C;
4 — 150°C; 5 — 140°C; 6 — 105°C.

рис. 2, из которого видно, что в начальный период частота колебаний растет пропорционально продолжительности тепловой обработки. Затем скорость реакции снижается за счет уменьшения концентраций исходных компонентов, и частота колебаний выходит на первое плато, соответствующее 75 *гц*. При достижении указанной частоты отверждение смолы происходит не в полной мере. В данный момент часть метилольных групп, отвечающих за отверждение, остается в пространственном полимере; число поперечных связей при этом не достигает максимальной величины. Эти дефекты структуры отрицательно влияют на водостойкость, термическую и химическую стойкость и механическую прочность полимера.

Как следует из рис. 2, при дальнейшем нагревании смолы частота крутильных колебаний выходит на второе плато, соответствующее 100 *гц*, после чего структура системы остается неизменной. Увеличение продолжительности теплового воздействия приводит к завершению реакции поликонденсации, которая сопровождается соответствующим возрастанием числа поперечных связей между молекулами. При 180°C первое плато на графике практически отсутствует, что свидетельствует о быстром прохождении процесса поликонденсации смолы при повышенной температуре.

На рис. 3 представлена зависимость времени полного отверждения смолы от температуры нагревания. При температуре ниже 140°C полное отверждение смолы наступает значительно позднее. Максимальная частота, соответствующая полной поликонденсации смолы при температуре 105°C, наблюдается лишь через 35 *мин*. Во внутренних слоях древесностружечных плит, температура в которых колеблется в пределах 105°C, полного отверждения смолы не происходит.

Таким образом, динамический метод позволяет исследовать кинетику процессов поликонденсации и полимеризации различных смол и аргументированно выбирать технологические режимы прессования древесностружечных плит.

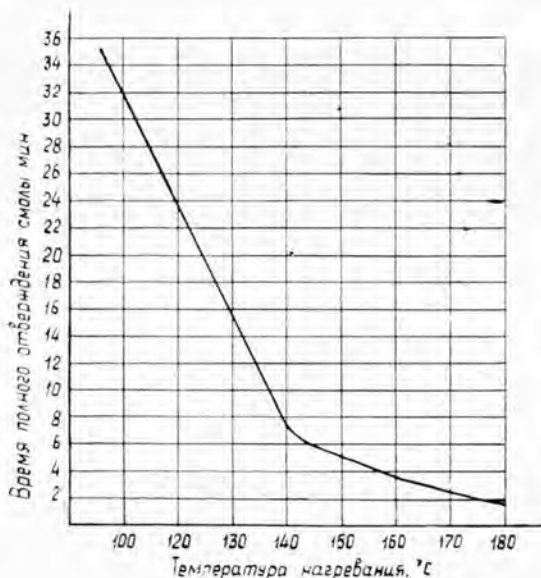


Рис. 3.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Б. П. Ерыхов. Динамический метод определения модуля сдвига мягких грунтов естественной структуры. Сборник докладов по гидротехнике, Госэнергоиздат, 1961. [2]. Я. С. Уфлянд. Кручение упругого слоя. ДАН СССР, т. 129, № 5, 1959. [3]. K. Robbe. Niet Destructiere anderzock von Kunststoffleidingsystemen. «Apparatur Plastica», 24, 3, 1971.

КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ
И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

УДК 65.011.56

СТАТИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ЛИНИЙ

Д. Л. ДУДЮК

Львовский лесотехнический институт

На основании математического описания автоматизированных поточных линий на лесопромышленных предприятиях проведено статистическое моделирование процесса их функционирования на ЭВМ «Проминь-2». В результате моделирования определена зависимость коэффициента использования рабочего времени технологических агрегатов от их числа в линии и емкости буферных устройств между ними.

Математическое описание производственных процессов как систем массового обслуживания позволяет установить аналитические зависимости между параметрами технологических агрегатов и качеством их использования. Эти зависимости обычно представляют собой асимптотические формулы, дающие значения показателей для моментов времени, достаточно удаленных от начала функционирования. Такие формулы имеются, главным образом, для однофазных систем массового обслуживания с простейшим входящим потоком заявок [1].

Зависимости качества функционирования производственных систем от их параметров можно исследовать более полно методом статистических испытаний, который позволяет решать весьма сложные задачи и имеет существенные преимущества перед аналитическими методами и другими видами моделирования.

Сущность метода статистического моделирования применительно к процессу работы автоматизированной линии состоит в построении алгоритмов реализации входящих потоков заготовок и алгоритмов моделирования обработки заготовок на технологических агрегатах линии. Эти алгоритмы используют для многократного воспроизведения процесса работы автоматизированной линии на ЭВМ. Получаемую при этом информацию о состоянии линии и каждого агрегата в отдельности подвергают статистической обработке для оценки величин, характеризующих качество функционирования линии.

Процесс работы главной поточной линии нижнего склада лесопромышленного предприятия с последовательным соединением технологических агрегатов соответствует процессу функционирования одноканальной многофазовой системы массового обслуживания с простейшими потоками требований и экспоненциальным временем обслуживания [2]. Технологический агрегат после окончания обработки очередной заготовки передает ее буферному устройству, если оно имеется и не переполнено ранее поступившими заготовками, или последующему агрегату, если он свободен. В противном случае агрегат простаивает с обработанной заготовкой до момента освобождения последующего агрегата. После освобождения от обработанной заготовки агрегат получает другую заготовку из буферного устройства, если оно имеется и если есть в нем хотя бы одна заготовка, или от предыдущего агрегата, если тот закончил свою операцию, и начинает новый

цикл работы. Если же перед этим агрегатом не оказывается заготовок, то он простаивает до момента окончания обработки заготовки на предыдущем агрегате.

Для построения моделирующего алгоритма автоматизированной линии нижнего склада как многофазной одноканальной системы обслуживания нам необходимы следующие операторы:

- Φ_1 — формирование времени обработки τ_{ij} j -той заготовки на i -том агрегате;
- A_2 — вычисление момента освобождения i -того агрегата;
- P_3 — проверка условия $t_{ij} < T$ (T — граница интервала времени $[O, T]$, на котором изучается функционирование автоматизированной линии);
- A_4 — вычисление времени работы i -того агрегата;
- P_5 — проверка условия поочередной работы всех k агрегатов линии;
- P_6 — сравнение моментов окончания циклов i -того и $(i-1)$ -го агрегатов;
- F_7 — формирование времени начала $t_i^{(n)}$ последующего цикла i -того агрегата с учетом наличия или отсутствия заготовок в буферном устройстве;
- F_8 — формирование времени освобождения $(i-1)$ -го агрегата с учетом степени заполнения буферного устройства;
- P_9 — контроль анализа всех k агрегатов;
- K_{10} — счетчик количества обработанных заготовок;
- F_{11} — переход к вычислениям и выдаче результатов моделирования;
- A_{12} — обработка и выдача результатов;
- P_{13} — контроль выдачи результатов моделирования во всех агрегатах;
- K_{14} — счетчик количества реализаций n при моделировании;
- P_{15} — проверка условия $n < N$ (N — заданное число реализаций, необходимое для обеспечения требуемой точности расчета);
- $Я_{16}$ — окончание процесса моделирования.

Операторная схема алгоритма статистического моделирования процесса функционирования автоматизированной линии имеет вид:

$${}^{5, 10, 15} \Phi_1 A_2 P_{3+11} A_4 P_5^{+1} P_{6+8} F_7^{7,8} P_9^{+6} K_{10}^{1,3,13} F_{11} A_{12} P_{13}^{+11} K_{14} P_{15}^{+1} Я_{16}.$$

Сравнительная простота алгоритма позволила моделировать процесс работы линии на малой ЭВМ типа «Проминь-2».

По этому алгоритму моделировался процесс функционирования автоматизированных линий с жесткими и гибкими связями технологических агрегатов одинаковой и различной производительности. Основным показателем качества функционирования линии был принят коэффициент использования агрегатов в линии, который дает возможность определить степень взаимного влияния агрегатов, их фактическую производительность и производительность линии в целом в зависимости от количества агрегатов и их номинальной производительности.

Коэффициент использования агрегатов ρ (рис. 1) с увеличением их числа a в линии уменьшается как при жестком соединении агрегатов буферными устройствами, так и при гибком соединении. Уменьшается фактическая производительность технологических агрегатов и всей линии. Наиболее интенсивное снижение коэффициента использования наблюдается при жестком (рис. 1, o), а также и гибком (рис. 1, $I-5$) последовательном соединении 2—4 агрегатов. При даль-

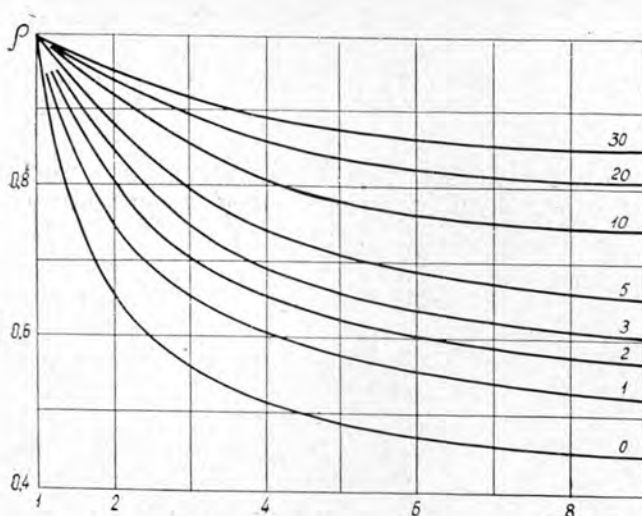


Рис. 1. Зависимость коэффициента использования технологических агрегатов ρ от их числа в линии a при жестком (o) и гибком их соединении буферными устройствами емкостью $M = 1, 2, 3, \dots, 30$.

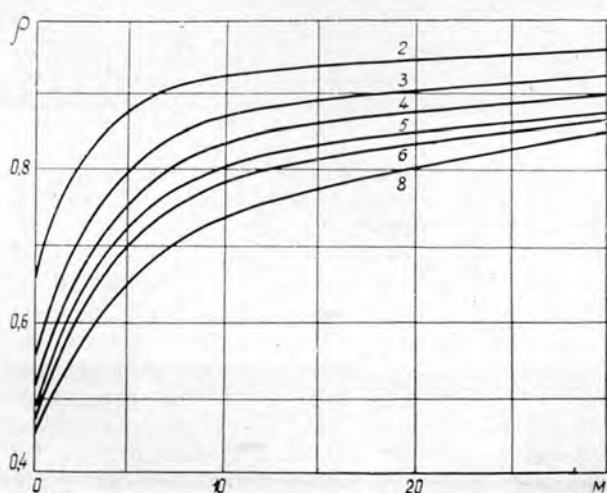


Рис. 2.

нейшем возрастании числа агрегатов в линии и увеличении емкости буферных устройств (рис. 1, 10, 20, 30) интенсивность снижения коэффициента использования уменьшается.

По результатам моделирования процесса работы определена степень влияния емкости M буферных устройств на повышение коэффициента использования ρ (рис. 2) для различного числа последовательно соединенных агрегатов. Высокая интенсивность роста коэффициента использования агрегатов и соответственно фактической производительности линии наблюдается при увеличении емкости буферных устройств до 5—10 заготовок. При дальнейшем повышении емкости интенсивность роста коэффициента использования уменьшается.

Полученные зависимости коэффициента использования технологических агрегатов от их числа в линии и емкости буферных устройств между ними дают возможность определить фактическую производительность линии в зависимости от ее структуры и параметров составляющих элементов и выбрать оптимальную величину емкости буферных устройств.

Предложенную методику статистического моделирования автоматизированных линий можно использовать для определения количественных характеристик качества функционирования других производственных систем и оптимизации их структуры и параметров.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. П. Бусленко. Моделирование сложных систем. Изд-во «Наука», М., 1968. [2]. Д. Л. Дудюк. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 1972.

Поступила 31 мая 1972 г.

УДК 674.038.6

К РАСЧЕТУ РАСПОРНЫХ УСИЛИЙ В ПАКЕТАХ ХЛЫСТОВ, УЛОЖЕННЫХ КОМЛЯМИ В ОДНУ СТОРОНУ

В. П. РЕПНЯКОВ

Марийский политехнический институт

Приведены расчетные формулы определения давления пакета на ограждающие стойки с учетом сил трения внутри пакета хлыстов. Предложенный способ можно использовать при расчете сил распора, действующих в штабелях круглых лесоматериалов и в пакетах хлыстов.

При расчете на прочность удерживающих приспособлений стоек коников подвижного состава (канатов, цепей, запорных устройств), а также при определении устойчивости лесных грузов в режимах неустановившегося движения (торможения, разгона) необходимо знать усилия распора пакета, действующего на ограждающие его стойки.

В настоящее время нагрузку от пачки бревен, хлыстов или деревьев рассматривают как нагрузку от сыпучего материала [6], что позволяет с известными погрешностями решить задачу о величине и характере изменения распорных усилий по высоте штабеля. При этом принимают следующие допущения: пакет лесоматериалов состоит из хлыстов или бревен одинаковой длины и диаметра с круглой формой поперечного сечения; площадь поперечного сечения пакета имеет прямоугольную форму; распределение внутренних усилий зависит от варьирования структуры бревен или хлыстов, определяемой их размерами и взаимным положением.

Пакет хлыстов, уложенных комлями в одну сторону, характеризуется специфическими особенностями (значительной длиной, величиной сбега, кривизной, гибкостью), которые необходимо учитывать в расчете.

Рассмотрим поперечное сечение пакета хлыстов (рис. 1), уложенных комлями в одну сторону, в соответствии с принятыми допущениями. Анализируя действующие усилия в пакете, можно выделить две его части: «активную» и «уравновешенную». Активной будем считать ту часть, которая оказывает давление на ограждающие пакет стойки, а уравновешенной ту часть, которая находится в состоянии равновесия.

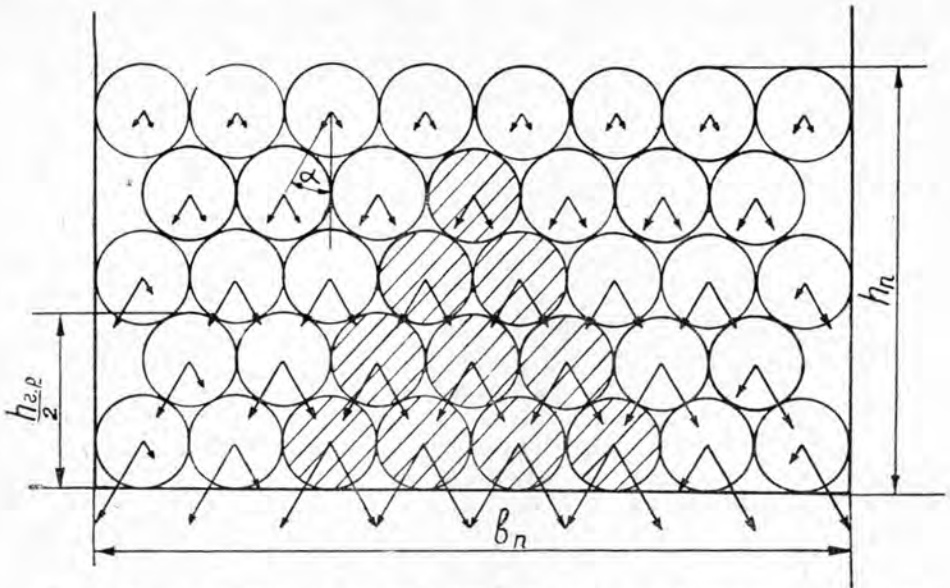


Рис. 1. Схема поперечного сечения пакета хлыстов и действующих сил в пакете.

Для определения величины суммарного давления пакета на ограждающие его стойки необходимо знать количество хлыстов, входящих в активную часть, которое можно вычислить с достаточной для практических расчетов точностью по формуле

$$n_{x.a} = n_{r.p} (n_{r.p} + 1) \cdot \sin \alpha, \quad (1)$$

где α — угол, характеризующий взаимное расположение хлыстов или бревен в пакете (по исследованиям [3] $\alpha = 41 - 42^\circ$);

$n_{r.p}$ — количество горизонтальных рядов в пакете;

$$n_{r.p} = \frac{h_n}{h_{r.p}}, \quad (2)$$

здесь h_n — высота пакета в рассматриваемом сечении;

$h_{r.p}$ — высота одного горизонтального ряда в рассматриваемом сечении.

Величину h_n можно определить из соотношения

$$S_n = b_n h_n k_r \gamma_3, \quad (3)$$

где S_n — площадь поперечного сечения хлыстов в рассматриваемом сечении;

k_r — среднее теоретическое значение коэффициента полндревесности (по данным проф. А. П. Анучина $k_r = 0,85$);

γ_3 — поправочный коэффициент ($\gamma_3 = 0,7$).

По данным некоторых исследований [8]

$$S_n = \frac{q_0 - k x_n^2}{k_r \gamma_3 \gamma_n}, \quad (4)$$

здесь q_0 — интенсивность распределения нагрузки от собственного веса хлыстов в комлевом сечении;

k — коэффициент сбега пакета;

x_n — текущая длина пакета (по оси абсцисс);

$\gamma_{\text{п}}$ — удельный вес древесины;
 μ — постоянный коэффициент, определяемый по данным одной из работ [6].

Величины, входящие в уравнение (4), находим по формулам

$$q_0 = q_m + k \cdot 1,3^\mu; \quad (5)$$

$$k = \frac{q_m}{l_{\text{д}}^\mu - 1,3^\mu}; \quad (6)$$

$$q_m = \Sigma S_m \gamma_{\text{п}} = \frac{\pi_{\text{п}} V_{\text{п}} d_{1,3}^2 \gamma_{\text{п}}}{4 V_{\text{ср.х}}}. \quad (7)$$

В этих формулах обозначено:

- $l_{\text{д}}$ — длина наиболее длинного хлыста в пакете;
 q_m — интенсивность распределенной нагрузки от веса хлыстов в сечении 1,3 м от комлевого среза;
 S_m — площадь поперечного сечения одного хлыста на расстоянии 1,3 м от комлевого среза;
 $V_{\text{п}}$ — объем пакета хлыстов;
 $V_{\text{ср.х}}$ — средний объем хлыста;
 $d_{1,3}$ — средний диаметр хлыста в сечении 1,3 м от комлевого среза.

С учетом уравнений (4) — (7) получим

$$S_{\text{п}} = \frac{\pi d_{1,3} V_{\text{п}} \left(1 + \frac{1,3^\mu - x_{\text{п}}^\mu}{l_{\text{д}}^\mu - 1,3^\mu} \right)}{4 k_{\text{т}} \eta_{1,3} V_{\text{ср.х}}}. \quad (8)$$

Площадь поперечного сечения хлыстов можно найти из уравнения

$$S_{\text{п}} = n_{\text{х}} \frac{\pi d_{\text{х}}^2}{4}, \quad (9)$$

где $d_{\text{х}}$ — средний диаметр хлыста в рассматриваемом сечении по длине пакета;

$n_{\text{х}}$ — количество хлыстов в пакете;

$$n_{\text{х}} = \frac{V_{\text{п}}}{V_{\text{ср.х}}}. \quad (10)$$

Из уравнений (8) — (10) находим

$$d_{\text{х}} = \sqrt{\frac{d_{1,3}^2}{k_{\text{т}} \eta_{1,3}} \left(1 + \frac{1,3^\mu - x_{\text{п}}^\mu}{l_{\text{д}}^\mu - 1,3^\mu} \right)}. \quad (11)$$

Решая совместно уравнения (3) и (9), получим

$$h_{\text{п}} = \frac{\pi n_{\text{х}} d_{\text{х}}^2}{4 b_{\text{п}} k_{\text{т}} \eta_{1,3}}. \quad (12)$$

Высоту одного горизонтального ряда хлыстов в любом сечении по длине пакета определим по формуле

$$n_{\text{г.р}} = \frac{d_{\text{х}}}{2} (1 + \cos \alpha). \quad (13)$$

Подставляя в уравнение (2) значения $h_{\text{п}}$ из формулы (12) и $h_{\text{г.р}}$ из формулы (13) и учитывая выражение (10), найдем

$$n_{\text{г.р}} = \frac{\pi V_{\text{п}} d_{\text{х}}}{2 V_{\text{ср.х}} b_{\text{п}} (1 + \cos \alpha) k_{\text{т}} \eta_{1,3}}. \quad (14)$$

Нормальная составляющая каждого хлыста или бревна активной части пакета, действующей на ограждающие его стойки, равна $0,5P \operatorname{tg} \alpha$ суммарное давление пакета на стойки с учетом сил трения пакета о стойки, кониковую балку и тросы, а также сил трения между хлыстами внутри пакета можно представить в виде

$$Q = \frac{P_x (n_{г.р}^2 + n_{г.р}) (\sin^2 \alpha - f_c)}{4 \cos \alpha} - \frac{P_x}{2} (n_{г.р} + 1) f_{тр}, \quad (15)$$

где $f_{тр}$ — коэффициент трения хлыстов или бревен о кониковую балку и тросы;

f_c — приведенное значение коэффициента трения;

$$f_c = \sqrt{\frac{(f_{тр}^x + f_{тр}^c) \cdot f_{тр}^k}{2}}, \quad (16)$$

здесь $f_{тр}^x$ — коэффициент трения между хлыстами внутри пакета хлыстов;

$f_{тр}^c$ — коэффициент трения пакета о стойки;

$f_{тр}^k$ — коэффициент трения качения хлыста по хлысту.

Таблица 1

Данные	Высота пакета $h_{п}, м$	Количество горизонтальных рядов $n_{г.р}$	Диаметр бревен $d_x, см$	Длина бревен $l_б, м$	Опытное значение $Q, кгс$	Теоретическое значение $Q, кгс$
КарНИИЛП—ЦНИИМЭ	1,5	9	20	2,0	350	354
"	2,0	12	20	1,0	289	280
Н. Т. Гончаренко	2,0	17	14	3,2	1751	1833
"	2,5	18	16	6,0	3008	3205
Н. А. Гайдара	1,5	6,0	27	9,5	1560	1400
"	1,5	7	25	6,5	1060	1130

Данные табл. 1 показывают хорошее совпадение полученных разными авторами [1], [3], [5] и вычисленных по уравнению (15) значений распорных усилий в штабелях и пакетах.

При определении расчетных распорных усилий принимали следующие значения коэффициентов трения: $f_{тр}^x = 0,6$; $f_{тр}^c = 0,5$; $f_{тр}^k = 0,1 d_x$ (d_x — диаметр бревна или хлыста в рассматриваемом сечении, $м$). Величину $f_{тр}$ определяли по полученным нами (на основании обработки экспериментальных данных [7]) формулам: при $0,5P_x (n_{г.р} + 1) > 1000 \text{ кгс}$

$$f_{тр} = 0,42 + \frac{280}{0,5P_x (n_{г.р} + 1)}; \quad (17)$$

при $0,5P_x (n_{г.р} + 1) < 1000 \text{ кгс}$

$$f_{тр} = 0,40 + \frac{120}{0,5P_x (n_{г.р} + 1)}, \quad (18)$$

здесь P_x — вес бревна или хлыста, $кгс$.

При расчетах величину угла α принимали в пределах $43-45^\circ$.

С учетом динамических усилий уравнение (15) можно представить в виде

$$Q_x = \frac{P_x k_d (n_{г.р}^2 + n_{г.р}) (\sin^2 \alpha - f_c)}{4 \cos \alpha} - \frac{P_x k_d f_{тр}}{2} (n_{г.р} + 1), \quad (19)$$

где k_d — коэффициент динамичности подрессоренного груза. По данным исследований некоторых авторов [2], для автопоездов типа МАЗ коэффициент динамичности можно привести к виду

$$k_d = 1 + \frac{aV^2 + bV + c}{g}, \quad (20)$$

здесь V — скорость движения автопоезда, м/сек;

g — ускорение силы тяжести;

a, b, c — постоянные коэффициенты, определяемые по данным табл. 2

Таблица 2

Тип лесовозной дороги	a	b	c
Магистраль	0,00	1,25	2,60
Ветка	-0,19	3,00	2,70
Усы	-0,25	4,75	4,50

Величины давления пакета хлыстов на стойку коника автомобиля и роспуска определяют по уравнениям

$$Q_d^a = \left[\frac{P_x k_d (n_{г.р}^2 + n_{г.р}) (\sin^2 \alpha - f_c)}{4 \cos \alpha} - \frac{P_x k_d (n_{г.р} + 1) f_{тр}}{2} \right] \left[\frac{l_n - (b_c + E_n)}{l_k} \right]; \quad (21)$$

$$Q_d^p = \left[\frac{P_x k_d (n_{г.р}^2 + n_{г.р}) (\sin^2 \alpha - f_c)}{4 \cos \alpha} - \frac{P_x k_d (n_{г.р} + 1) \cdot f_{тр}}{2} \right] \left(\frac{E_n - a_c}{l_k} \right), \quad (22)$$

где Q_d^a — давление пакета на стойку автомобиля;

Q_d^p — давление пакета на стойку роспуска;

l_n — длина пакета;

l_k — расстояние между кониками;

b_c — свес вершинной части хлыстов относительно коника роспуска;

a_c — свес комлевой части хлыстов относительно коника автомобиля;

E — расстояние от комлевого сечения до центра тяжести пакета.

Введение автором коэффициентов трения в уравнения и их изучение позволяют точнее рассчитать силы распора в пакете в зависимости от времени года, породы хлыстов в пакете, его объема, наличия выступов от сучьев, обледенения или влаги на поверхности хлыстов, скорости движения автопоезда, характеристики дороги и т. д.

Предложенный способ можно использовать при расчете распорных сил в штабелях пакетов хлыстов при создании запасов на нижних складах или у трасс лесовозных дорог, а также в штабелях и пакетах круглых лесоматериалов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. А. Гайдар. Некоторые вопросы взаимодействия грузоудерживающих органов лесовозных вагонов. Межведомственный республиканский научно-технический сборник. Вып. IV. «Будевельник», Киев, 1967. [2]. В. Г. Гастев, Н. И. Библюк. Статистическое исследование вертикальной динамики связанной системы. Межведомственный республиканский научно-технический сборник. Вып. IV. «Будевельник», Киев,

1967. [3]. Н. Т. Гончаренко. Экспериментальное исследование давления штабеля круглых лесоматериалов на ограждающие его стойки. Труды ЦНИИМЭ № 68, М., 1958. [4]. Н. Т. Гончаренко. Пакетирование короткомерных лесоматериалов. Труды ЦНИИМЭ № 43, М., 1963. [5]. В. И. Игнатов. Об определении давления штабеля на поверхность заданной формы. Труды ЦНИИМЭ № 91, М., 1968. [6]. Б. И. Кувалдин. Подвижной состав лесовозных дорог. М., 1964. [7] В. И. Мельников, В. П. Репняков. К изучению взаимодействия лесных грузов с подвижным составом. Труды ПЛТИ № 58, вып. 2, Йошкар-Ола. [8]. З. С. Цофин. Исследование геометрических и статических характеристик пакетов хлыстов. Труды ЦНИИМЭ № 42, М., 1963.

Поступила 3 марта 1972 г.

УДК 65.011.56

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОЧЕРЕДНОСТИ ТРАНСПОРТНОГО ОСВОЕНИЯ ЛЕСНЫХ МАССИВОВ

Г. А. БОРИСОВ, В. Н. ЗЕМЛЯЧЕНКО

КафНИИЛП

По известной схеме транспортного освоения лесных массивов, используя естественное обобщение алгоритма распределения ресурсов Беллмана и исходя из минимума суммарных приведенных затрат, производится распределение планируемых за один период объемов между пунктами концентрации древесины, а затем распределение пунктов концентрации по периодам освоения лесных массивов.

При планировании и проектировании транспортного освоения лесных массивов возникает задача по определению очередности строительства лесовозных дорог. От правильности решения этой задачи зависит ритмичность работы предприятий, динамика освоения капиталовложений и, в конечном итоге, эффективность лесозаготовительного производства.

Основное требование при расчете очередности транспортного освоения сырьевой базы — обеспечить заданный по отдельным периодам план транспортировки древесины с использованием построенных дорог при минимуме суммарных приведенных затрат на строительство дорог, их содержание и вывозку по ним древесины.

При постановке задачи приняты следующие допущения:

- 1) запасы древесины считаются сконцентрированными в отдельных пунктах (вершинах) соединенными между собой дорогами (дугами) по известной схеме с известной структурой [3];
- 2) древесину можно транспортировать из каждого пункта в любой период;
- 3) участок дороги, расположенный между двумя пунктами, строят в течение одного планового периода;
- 4) древесину вывозят в периоды, следующие за периодом строительства участка дороги.

При формулировании задачи и ее решении применяем терминологию теории графов [2]. В приложении к схемам транспортного освоения лесных массивов пункт концентрации древесины или развилка дорог называется вершиной, а дорога, соединяющая две вершины, называется дугой. Направление дуг совпадает с направлением вывозки древесины. Для транспортных сетей лесозаготовительных предприятий характерны вершины двух видов — промежуточные и концевые. Различаются они тем, что в промежуточную вершину дуги входят, а в концевую не входит ни одной.

Исходные данные для решения задачи: сеть дорог с известной (древовидной) конфигурацией, характеризующаяся вершинами с номерами $i = 1, 2, 3, \dots, n$ и дугами с номерами $j = 1, 2, 3, \dots, n - 1$, причем номер дуги совпадает с номером вершины, из которой дуга выходит. Предполагаем, что если i — концевая вершина, то в ней сконцентрирован запас древесины, равный q_i ; если i — дуга, исходящая из концевой вершины, то общий объем вывозки по дуге равен q_i . Если i — некоторая промежуточная вершина, то сумма объемов вывозки по входящим в нее дугам должна быть равна объему вывозки по выходящей из нее дуге (дуге с номером i). Кроме того, задан план вывозки древесины для всей сети по периодам: $Q_1, Q_2, \dots, Q_t, \dots, Q_N$.

Пусть j -тая дуга вводится в действие в v -тый период. Тогда суммарные приведенные затраты на j -той дуге можно определить по формуле

$$S_j = \left(\frac{1}{1 + e_n} \right)^v \cdot K_j + c_j \sum_{t=v}^{t=N} q_{jt} \left(\frac{1}{1 + e_n} \right)^t, \quad (1)$$

где K_j — капиталовложения в j -тую дугу при строительстве;

e_n — нормативный отраслевой коэффициент эффективности капиталовложений;

v — период ввода дуги в эксплуатацию;

c_j — удельные затраты (на 1 м^3 древесины) на вывозку древесины и содержание дороги по j -той дуге;

q_{jt} — объем вывозки древесины по j -той дуге в t -тый период.

Приведенные затраты для всей сети

$$S = \sum_j \bar{S}_j, \quad (2)$$

где суммирование производят по всем дугам.

Для транспортных сетей справедлив ряд условий. В любой концевой вершине i объем вывозки за весь период N освоения лесосырьевой базы равен запасу древесины в ней

$$q_i = \sum_{t=1}^N q_{it}. \quad (3)$$

Если вершина неконцевая и не точка примыкания, то для нее в каждый период справедливо уравнение баланса древесины, то есть объем ввоза равен объему вывозки.

Для пункта примыкания сети в каждый период t сумма объемов вывозки по дугам, входящим в вершину с пунктом примыкания, равна Q_t , то есть плану вывозки за t -тый период.

При решении задачи используют алгоритм оптимального распределения планируемого за один период объема вывозки между пунктами концентрации древесины (концевыми вершинами), соединенными сетью дорог, а также алгоритм распределения пунктов концентрации по периодам. Первый из упомянутых алгоритмов — естественное обобщение алгоритма распределения ресурсов Беллмана [1] на случай, когда планируемый за один период объем вывозки распределяется между пунктами концентрации древесины на сети, имеющей вид дерева (например, сеть на рис. 1, а). Алгоритм же Беллмана применяется только к сети, имеющей вид дерева частного типа (рис. 1, б).

Алгоритм распределения ресурсов Беллмана применительно к сети вида 1, б можно описать следующим образом. Если имеется концевая

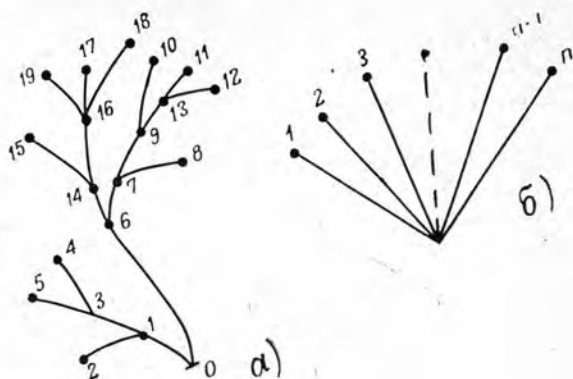


Рис. 1.

вершина под номером i , то можно считать, что задана стоимость затрат на концентрацию древесины в эту вершину, равная $T_i(x)$, где $0 \leq x \leq q_i$ (q_i — запас в вершине i). Для фрагмента сети 1, б на каждой дуге j задана функция стоимости $S'_j(x)$ строительства дуги, содержания и транспортировки по ней древесины в зависимости от объема вывозки x

$$S'_j(x) = c_j x + \begin{cases} 0, & \text{если } x = 0; \\ K_j, & \text{если } x > 0. \end{cases} \quad (4)$$

Всякое оптимальное распределение заданного объема вывозки между n дугами в пределах одного планового периода требует оптимального распределения объема, приходящегося на первые $n-1$ дуг, в пределах того же периода (в этом состоит применительно к данной задаче так называемый принцип оптимальности). В случае, если $n=1$, распределение объема вывозки единственно и поэтому оптимально. Суммарные затраты $F_1(x)$ в зависимости от объема x для вершины 1 выражаются так:

$$F_1(x) = T_1(x) + S'_1(x), \quad (5)$$

где $0 \leq x \leq q_1$.

Если $n=2$, то в зависимости от x ($0 \leq x \leq q_1 + q_2$) минимальные затраты на фрагменте сети

$$F_2(x) = \min [F_1(y) + T_2(x-y) + S'_2(x-y)], \quad (6)$$

$$0 \leq y \leq x$$

$$y \leq q_1$$

то есть выбирается оптимальное распределение между дугами 1 и 2.

При наличии $k+1$ дуг для выбора объема транспортировки по $(k+1)$ -й дуге в соответствии с этим же принципом оптимальности используют рекуррентную формулу

$$F_{k+1}(x) = \min [F_k(y) + T_{k+1}(x-y) + S'_{k+1}(x-y)], \quad (7)$$

$$0 \leq y \leq x$$

$$y \leq q_1 + \dots + q_k$$

где $0 \leq x \leq q_1 + \dots + q_k + q_{k+1}$.

Применяя формулу (7), можно выбирать распределение объемов между дугами, приводящее к минимуму суммарных затрат для определенного планового периода при любом заданном объеме вывозки x в пределах его от 0 до $\frac{x}{z} q_i$ (рис. 1, б).

Перейдем теперь к рассмотрению произвольной сети вида дерева (рис. 1, а). Сначала, пользуясь изложенным алгоритмом Беллмана, для всех фрагментов, выделенных пунктиром на рис. 2, а, решаем задачу распределения ресурсов, считая вершины 3, 13, 16 пунктами примыкания соответствующих фрагментов. Для вершин 3, 13, 16 найдем функции оптимального распределения, которые обозначим через $T_3(x)$, $T_{13}(x)$, $T_{16}(x)$. Функции представляются в виде таблиц, где каждому значению x (для $T_3(x)$, например, x принимает значения 0, 1, 2, ..., $q_4 + q_5$) соответствуют минимальные затраты на вывозку объема x в пункт примыкания фрагмента.

На следующем шаге рассмотрим дерево 2, б. Оно получено из дерева 2, а исключением фрагментов, обведенных пунктиром. Для каждой концевой вершины этого дерева можно считать заданной стоимость затрат на транспортировку древесины в эту вершину в зависимости от объема x . Для вершин 3, 13, 16 функции были получены на предыдущем шаге, а для остальных известны ранее. Для обведенных пунктиром фрагментов дерева 2, б найдем функции $T_1(x)$, $T_{14}(x)$, $T_9(x)$ и перейдем к рассмотрению дерева 2, в. Продолжая рассуждать аналогичным образом (рис. 2, в, 2, д), получим в итоге функцию $T_0(x)$ — стоимость оптимального распределения объема x между пунктами концентрации древесины (между концевыми вершинами дерева 2, а).

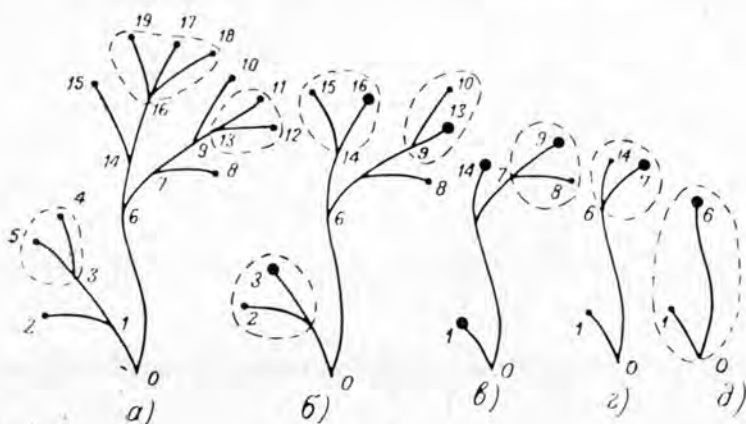


Рис. 2.

Полученная совокупность функции $T_i(x)$ и некоторые параметры, которые можно попутно найти при определении этих функций, позволяют для каждого заданного объема x указать его конкретное распределение между пунктами концентрации, обеспечивающее минимальное количество суммарных затрат (то есть оптимальное распределение) в пределах одного планового периода.

Перейдем к рассмотрению задачи определения очередности строительства лесовозных дорог и распределения пунктов концентрации по плановым периодам.

При определении очередности освоения сырьевых баз в практике сложился подход, когда дороги, подлежащие строительству в текущий период, стараются выбирать по минимуму суммарных затрат, пренебрегая возможным увеличением затрат в последующие периоды. Однако из-за отсутствия точных алгоритмов и большого объема информации, подлежащей обработке, этот подход не реализуется достаточно корректно. Излагавшееся выше обобщение алгоритма Беллмана для случая сети типа дерева с корнем (обозначим его через B^*) позволяет при использовании ЭВМ корректно реализовать этот подход.

1. В исходной сети с помощью алгоритма B^* выделяется фрагмент, обеспечивающий вывозку древесины объемом Q_1 и имеющий минимальные затраты по сравнению с другими фрагментами, занимающими такой же объем. Оставшаяся часть сети представляет собой некоторую совокупность деревьев (которая, в частности, может состоять и из одного дерева). Каждое дерево из этой совокупности «примыкает» к выделенному на первом шаге фрагменту ровно в одной точке. Теперь строим новое, «сокращенное» дерево следующим образом: стираем выделенный фрагмент; из точки «примыкания» каждого дерева из вышеупомянутой совокупности проводим в точку примыкания сети дугу, которой сопоставляют удельные затраты, равные затратам на доставку единицы объема из этой точки в пункт примыкания по выделенному фрагменту.

2. В полученном дереве (аналогично пункту 1) находим фрагмент с запасом древесины Q_2 .

Повторяем этот процесс (построение сокращенного дерева и выделение фрагмента) до тех пор, пока не будет найдено искомое разбиение пунктов концентрации древесины по периодам освоения.

Таким образом получим очередность транспортного освоения лесосырьевой базы. Эта очередность может и не быть строго оптимальной, но такой подход к ее определению более предпочтителен.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Р. Беллман, С. Дрейфус. Прикладные задачи динамического программирования. Изд-во «Наука», М., 1965. [2]. К. Берж. Теория графов и ее применение. ИЛ, М., 1962. [3]. Г. А. Борисов, Б. С. Герасимов, Р. А. Сюкияйнен. Оптимизация схемы транспортного освоения лесосырьевой базы методами линейного программирования. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 1969.

Поступила 21 июля 1972 г.

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 634.0.642

ПУТИ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА
В ЛЕСОКУЛЬТУРНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

А. А. ШУЖМОВ

Карельский филиал АН СССР

Рассматриваются резервы снижения трудоемкости лесокультурных работ в результате воздействия материально-технических факторов роста производительности труда и резервы улучшения использования рабочего времени.

Лесокультурное производство — одно из наиболее трудоемких в лесном хозяйстве. Так, полная трудоемкость создания культур сосны в Архангельской области (с учетом затрат труда на сбор семян и выращивание сеянцев) варьирует от 9,8 на лишайниковых вырубках до 30 чел.-дн./га при лесокультурном освоении осушенных болот, а культур ели — от 7,7 до 29,6 чел.-дн./га.

Внутренние резервы роста производительности труда делятся на две группы: снижение трудоемкости продукции или работ и лучшее использование рабочего времени.

В снижении трудоемкости лесокультурного производства решающее значение имеет механизация технологических процессов. Механизация посадок, например, сокращает фактические затраты труда в 3,2, посева — в 2,2 раза, подготовки почвы и посадки — в 6,2, подготовки почвы и посева — в 14,7 раза по сравнению с выполнением этих работ вручную. Однако уровень механизации подготовки почвы в Архангельской области в 1970 г. составил 76,2—86,5%, посева — 5,6, посадки — 6,3 и закладки питомников — 53,5%. Механизация минерализации почвы затруднена захламленностью вырубок и недостатком тракторов Т-100, а посева и посадки — отсутствием машин, производящих работы по пластиам плужных борозд.

Серийный выпуск и наличие в лесхозах Архангельской области машин и орудий для питомников уже в настоящее время может обеспечить комплексную механизацию выращивания сеянцев. Однако при закладке питомников использование тракторов в 3,8, а автомашин — в 22 раза ниже нормативов ЛенНИИЛХа [3]. Поэтому трудоемкость выращивания сеянцев сосны здесь в 1,6, а ели — в 2,2 раза выше нормативной для Европейского Севера.

Для сокращения удельных затрат труда не менее важна химизация уходов в питомниках и на лесокультурных площадях. Но химические препараты до сих пор еще робко применяются в области даже при посадках.

Трудоемкость выращивания культур значительно снижается при совершенствовании технологии и организации работ. Например, фактическая трудоемкость сбора шишек сосны со срубленных деревьев в 2,6, а ели — в 1,5 раза ниже, чем со стоящих. Тем не менее, за 1962—1970 гг. в 11 обследованных лесхозах Архангельской области лишь 17% объема шишек было собрано со срубленных деревьев.

Снижению затрат труда способствует и увеличение выхода семян из шишек, что достигается совершенствованием технологии их переработки. Так, в среднем за исследуемый период выход семян сосны на 0,19%, ели — на 0,51% превысил действующие нормативы. По-видимому, необходимо несколько повысить нормативы, поскольку даже в неурожайные 1965—1970 гг. фактический выход семян был выше. Это приведет к снижению трудоемкости получения семян и, вместе с тем, к сокращению затрат труда на выращивание культур.

Трудоемкость закультивирования необлесившихся участков может быть снижена путем соблюдения научно обоснованных норм расхода семян при посеве на лесокультурных площадях и в питомниках. Фактический расход семян сосны был выше рекомендуемого [2] в питомниках — на 32%, при создании культур — на 62%, а ели соответственно на 77 и 34%.

Специфика выращивания культур на Севере, выражающаяся в необходимости борьбы с выжиманием сеянцев кристаллами льда, требует рыхления почвы при ее минерализации на глубину 3—5 см, против 10 см при производстве посевов и 22 см — при посадках согласно нормативам [1], [4]. Трудоемкость работ при этом существенно (в 1,6—2 раза) сокращается, что должно быть учтено в действующих нормах выработки на подготовке почвы вручную.

Действующая норма выработки на посадке вручную в лесхозах области перевыполняется на 26%, что объясняется малыми размерами 2-летних сеянцев, применяемых для посадки. В случае посадки сеянцами, размеры которых ниже требуемых ГОСТом, необходимо создавать неглубокую посадочную щель, что сокращает затраты труда. Норма выработки при этом должна соответствовать нормообразующим факторам, то есть быть выше.

Чтобы снизить трудоемкость посевов вручную в минерализованные полосы, необходимо тщательно обработать почву. Если степень ее минерализации недостаточна, рабочим приходится подготавливать посевные места по необработанной почве, поскольку им задано расстояние между площадками. При высоком качестве подготовки почвы в полосе или борозде рабочие затрачивают гораздо меньше усилий и времени, так как посев сводится только к заделке семян. Например, при сравнительно высокой степени минерализации полосы (73%) проектная норма выработки, установленная нами по фотохронометражным наблюдениям в Архангельской области, в 2—2,5 раза выше, чем при низкой (55%). Следовательно, норму выработки на ручных посевах следует дифференцировать в зависимости от степени минерализации почвы.

Совершенствование организации производства и труда также позволяет существенно снизить трудоемкость выращивания культур.

Отмечается низкий коэффициент сменности использования тяговых и лесокультурных машин и орудий. В целях ускорения производства лесокультурных работ, ограниченных сроком 25—30 дней, неоднократно рекомендовалась организация двухсменной работы, однако в практике этого пока не наблюдается.

Организаторам производства необходимо проводить работу по совершенствованию рабочих мест: подготовку мест для заправки тракторов и их обслуживания, для хранения оборудования и горюче-смазочных материалов, для хранения и соответствующей обработки посевного и посадочного материала. Для оснащения рабочих мест необходимо иметь дополнительное технологическое оборудование и инструмент (резервные покровосдиратели, плуги, сеялки, лесопосадочные машины, мечи для посадки и т. д.). Обслуживание рабочих мест заключается

и в своевременной выдаче технологических карт на производство работ, заданий, нарядов и поддержании оборудования в работоспособном состоянии. Не секрет, что в настоящее время рабочие, занятые в лесокультурном производстве в большинстве случаев не имеют ни технологических карт, ни нарядов на производство работ. Они часто не знают ни требований к качеству работ, ни объемов предстоящей работы, ни размеров оплаты труда, не говоря уже о рациональных приемах трудовых процессов.

Совершенствование трудовых процессов включает в себя рационализацию их технологии. Некоторые трактористы, например, обработку почвы ведут по кольцевой спирали, не затрачивая времени на повороты (при этом затраты труда снижаются до 38%), и стремятся увеличить длину гона. Об этом приходится упоминать в связи с многочисленными фактами (Обозерский и Шенкурский лесхозы Архангельской области) оплаты труда трактористов по нормам выработки, установленным для длины гона 100—300 м, тогда как в условиях Севера при существующих размерах лесосек длина гона должна составлять 500—1000 м.

Определенному технологическому процессу должны соответствовать применяемые марки орудий и тяговых машин. Например, использование трактора ТДТ-60 с орудиями, легко агрегируемыми с трактором ТДТ-40, увеличивает трудоемкость работ на 24%, вследствие снижения маневренности.

На механизированных посевах и посадках необходимы организация четких графиков движения агрегатов, продуманная система размещения пунктов временного хранения семян и сеянцев на лесокультурной площади, что ведет к сокращению времени обслуживания агрегатов. Фактически, как показали наблюдения, время на обслуживание трактора ТДТ-40, агрегируемого с якорным покровосдирателем и сеялкой, изготовленной рационализаторами Шенкурского лесхоза, составило 37 мин, трактора ТДТ-40 с ПСТ-24 — 40 мин против нормативных 23 и 27 мин [4]. Время на обслуживание лесопосадочной машины ЛМД-1 в том же лесхозе составило 45 мин против 24 мин по норме.

Исследование фактической трудоемкости лесокультурных работ путем анализа более 15 тысяч нарядов-актов в 11 лесхозах Архангельской области показало, что на работах, выполняемых вручную, уровень выполнения действующих норм выработки составляет 83—162%. Перевыполнение норм выработки имеет место в тех случаях, когда местные нормообразующие факторы не соответствуют заложенным в нормативах. На механизированных работах фактическая трудоемкость в 1,14—5,5 раза (при подготовке почвы канавокопателями) выше нормативной.

На основании 254 листов технормировочных наблюдений, проведенных в Архангельской области и Карельской АССР, установлено, что основная причина низкой производительности труда заключается в нерациональном использовании сменного фонда рабочего времени. Так, продолжительность рабочей смены на механизированных работах составила 320, на ручных — 335 мин, что на 23,8 и 20,6% меньше рабочей смены регламентированной продолжительности (420 мин).

При этом на механизированных работах время работы составило лишь 251 мин. Из них на основную работу затрачено 186, на вспомогательную — 10 и случайную — 13 мин. В среднем время, затрачиваемое на подготовительно-заключительную работу (28 мин) и обслуживание агрегатов (13 мин), соответствует нормативам, тогда как время на отдых (24 мин) на 47% превышает максимальное его значение на механизированных работах в лесном хозяйстве.

Во времени перерывов наибольшую величину составляют простои по техническим причинам — 35 мин. Из них 53% времени уходит на устранение неполадок в работе двигателя, 25,8% — на ремонт ходовой части трактора и только 21,2% — на устранение поломок прицепных и навесных машин и орудий. Это подчеркивает неудовлетворительное состояние тракторов (вследствие низкокачественных капитальных и текущих ремонтов) и отсутствие технических уходов (судя по проанализированным нарядам, технические уходы проводятся очень редко).

Значительно лучше структура рабочего времени на работах, выполняемых вручную: время основной работы составило 264 мин, а время подготовительно-заключительной работы и обслуживания рабочих мест близко к нормативам (соответственно 7—9 и 4—12 мин). Вместе с тем, и в данном случае время на отдых на 17 мин превышает нормативы для самых тяжелых условий производства лесокультурных работ. Время простоев в среднем составило 12 мин, причем по метеорологическим условиям — лишь 0,4 мин. Следовательно, в условиях Европейского Севера климатические факторы фактически не отражаются на производительности труда.

Несвоевременное начало и окончание работ в условиях Севера объясняется значительной удаленностью объектов лесокультурных работ от места жительства рабочих. В связи с этим необходимо создать условия для жизни рабочих вблизи лесокультурных площадей. Определенная работа в этом направлении проводится (строительство избушек, транспортировка вагончиков, аренда помещений), но еще в незначительных масштабах.

После составления рациональных балансов рабочей смены с использованием действующих и разработанных нами нормативов выяснилось, что на работах, выполняемых вручную, возможная выработка превышает действующую норму на 16—103%. На механизированной минерализации почвы возможная выработка превышает нормативную на 12—14%, а на механизированных посевах и посадках составляет лишь 90—96% в связи с высокой захламленностью вырубок и большим количеством пней (до 1,5—2 тыс./га). Своевременная и доброкачественная очистка лесосек и правильный подбор площадей позволяют в значительной степени повысить производительность труда и на этих работах.

Так, совершенствование использования рабочего времени, всемерная механизация трудовых процессов, оптимизация применяемых агрегатов, разработка и внедрение региональных норм выработки позволят существенно снизить фактический уровень затрат труда на выращивание лесных культур, повысить производительность труда на лесокультурных работах.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ф. Б. Орлов, П. Ф. Совершаев. Выжимание лесных культур и меры борьбы с ним. Архангельск, 1962. [2]. Ф. Т. Пигарев, Т. С. Непогодьева. Рекомендации нормы высева семян сосны и ели в посевах на вырубках. ЦБТИ, Архангельск, 1969. [3]. Технологические карты на производство лесных культур на вырубках в зоне хвойных лесов европейской части РСФСР. Л., 1965. [4]. Типовые нормы выработки на лесокультурные, лесозащитные и противопожарные работы, выполняемые ручным и механизированным способом. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1969.

УДК 634.0.79

ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ УЛУЧШЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АКТИВНОЙ ЧАСТИ ОСНОВНЫХ ФОНДОВ

А. Ф. ГАВРИЛОВ

Кавказский филиал ЦНИИМЭ

Показано значение научно-технического прогресса и увеличения, против нормативного и уровня передовых предприятий, срока эксплуатации лесозаготовительной техники в повышении эффективности лесозаготовительного производства. Приведены количественные показатели повышения фондоотдачи и экономии капиталовложений от улучшения использования активной части основных фондов.

Рост эффективности лесозаготовительного производства в горных условиях происходит, в основном, в результате научно-технического прогресса и увеличения, против нормативного, срока эксплуатации лесозаготовительной техники.

Выпускаемые промышленностью канатные установки УК-1 выполняют весь комплекс операций по перемещению спиленного дерева, включая погрузку на лесовозный транспорт. Данные, полученные в результате исследования, показали, что применение УК-1 увеличивает фондоотдачу за счет высвобождения отдельных механизмов, работающих на подтаскивании хлыста к тяговому канату и погрузке на лесовозный транспорт.

Механизация ручных работ, как правило, увеличивает основные производственные фонды. Использование в труднодоступных лесных массивах высокопроизводительных канатных установок позволяет (помимо замены действующих в горных условиях Северного Кавказа и Восточной Сибири трелевочных механизмов) обеспечить больший рост комплексной производительности по сравнению с ростом стоимости оборудования (табл. 1), не допустить естественных потерь ценных древостоев.

Таблица 1

Техника	Стоимость единицы оборудования, %	Средняя производительность механизма, %
Базовая		
ТДТ-75	100	100
ВТУ	100	100
Новая		
К-703	217	220,7
КТТ	154	173
УК-1-6Т	164	175
СТУ-3С	117,5	150

Примечание. Данные для К-703, КТТ и СТУ-3С сравниваются с показателями для ТДТ-75; для УК-1-6Т — с показателями для ВТУ.

В результате опережения роста производительности всего парка трелевочных тракторов и транспортных механизмов над ростом их стоимости фондоотдача на трелевке леса увеличивается на 19—22%.

Не менее эффективно для повышения фондоотдачи увеличение срока эксплуатации лесозаготовительной техники. В производствен-

но-хозяйственной практике лесозаготовительных предприятий, работающих в горных условиях, согласно фактическим данным, издержки на эксплуатацию машин и оборудования в 1,4—1,6 раза превышают издержки на их производство. В связи с этим мероприятия по повышению фондоотдачи и, в частности, увеличению срока эксплуатации средств труда, экономически эффективны. Сроки эксплуатации однотипных машин и оборудования различны. В передовых предприятиях, где выполняются правила технической эксплуатации, силовые, рабочие машины, транспортные средства сохраняют рабочее состояние, не снижая выработки, несколько дольше нормативного срока. В предприятиях, где эти правила нарушаются, срок эксплуатации ниже нормативного на 12—16%.

Анализ фактического материала за ряд лет показал, что в ряде леспромхозов при эксплуатации новой лесной техники даже менее 3 лет уже образуются убытки от недоамортизации.

Таблица 2

**Зависимость относительных потерь
от сокращения срока эксплуатации машин и механизмов**

Показатели	Значения показателей для				
	ТДТ-75	УК-1-6Т	МАЗ-509	ПЛХ-1	ККУ-10
I. Дополнительные затраты от снижения нормативной выработки*					
степень снижения нормативной выработки	0,22	0,34	0,22	0,40	0,34
балансовая стоимость, тыс. руб.	5,9	11,3	7,0	25,6	20,7
затраты на приобретение дополнительного оборудования, тыс. руб.	35,8	33,9	64,8	20,5	20,7
	743,0	149,0	90,0	32,0	252,0
II. Дополнительные затраты от преждевременного износа					
коэффициент использования нормативного срока эксплуатации	84,3	84,4	83,3	90,0	90,0
дополнительные затраты вследствие уменьшения периода эксплуатации, тыс. руб.	31,0	18,8	59,0	5,7	6,9
	237,0	88,0	517,0	11,0	82,0
III. Увеличение эксплуатационных издержек за счет затрат на обслуживание					
коэффициент использования нормативных затрат на обслуживание	1,67	1,34	0,76	1,18	1,23
ежегодные издержки на ремонт машин и механизмов, % к их балансовой стоимости	36,3	21,4	26,1	13,9	17,8
дополнительные затраты, тыс. руб.	15,5	5,0	4,9	1,7	2,1
	117,8	23,0	42,6	3,6	24,8
Итого (I + II + III), тыс. руб.	82,3 1097,8	57,7 260,0	118,9 564,4	27,9 46,6	29,7 358,8

* Нормативная выработка на механизм принята как количество продукции, вырабатываемой за весь срок его службы при нормальном уровне эксплуатации (например, для трелевочных тракторов нормативный срок службы 5 лет, для канатных установок — 5 лет и т. д.). В числителе данные в расчете на одно предприятие, в знаменателе — по группе обследованных предприятий.

Увеличение срока эксплуатации активной части основных фондов и повышение их отдачи на этой основе способствуют росту объема производства и прибыли без дополнительных капиталовложений (табл. 2).

Из таблицы видно, что с увеличением срока эксплуатации техники может быть достигнута значительная экономия капитальных вложений и издержек обслуживающих производств.

Постоянное лесопользование в горных условиях, даже при снижающихся объемах лесозаготовок, требует ежегодного пополнения парка машин и механизмов из-за отдаления лесосек и увеличения крутизны склонов. Необходимые капиталовложения на приобретение лесозаготовительной и лесотранспортной техники ежегодно составляют значительную сумму. Между тем эти затраты могут быть компенсированы, если увеличить сменное рабочее время, продлить срок эксплуатации парка машин и механизмов и использовать все технически исправные машины на основных работах. При этом на равнозначный объем лесозаготовок, при прочих равных условиях, потребуются меньшая численность лесной техники. Фактические затраты труда на техническое обслуживание и капитальный ремонт сокращаются на 22—24%, что создает практическую возможность высвобождать рабочую силу и использовать ее на основных операциях лесозаготовок и деревообработки.

В Гузерипльском опытном леспромхозе в 1970 г. экономия от увеличения срока эксплуатации машин и механизмов на лесосечно-транспортных и нижнескладских работах составила 305284 руб. Она достигнута благодаря превышению фактической выработки над нормативной, сокращению численности резервной техники, недопущению преждевременного ее списания и снижению эксплуатационных издержек.

Кроме этого, снижены и другие непроизводительные расходы (оплата вынужденного простоя рабочих, занятых на лесосечных работах, во время ремонтов из-за преждевременного выхода из эксплуатации машин и т. д.). Все это положительно сказалось на отдаче активной части основных фондов: она увеличилась на 14,2%.

Наоборот, при сокращении сроков эксплуатации возникает потребность в дополнительных капиталовложениях (табл. 3). Из-за низкой (ниже нормативной) производительности машин и механизмов дополнительные капиталовложения увеличиваются еще на 162 тыс. руб., а среднегодовые эксплуатационные издержки — на 19,3 тыс. руб.

Таблица 3

Оборудование	Балансовая стоимость (восстановительная) K_0 , руб.	Среднесписочное наличие, H , шт.	Коэффициент использования нормативного срока \mathcal{E}_H , %	Капиталовложения $K = K_0 H \left(\frac{1}{\mathcal{E}_H} - 1 \right)$
ТДТ-75	5960	28	0,843	31,0
УК-1-6Т	12800	9	0,844	21,3
МАЗ-509	7200	41	0,833	59,0
ПЛХ-1	25650	2	0,900	5,7
ККУ-10	20700	3	0,900	7
Итого				124,0

Для материального поощрения за увеличение производительности и рабочего времени машин и механизмов целесообразно использовать до 25% сэкономленных средств.

УДК 634.0.652

О СИСТЕМЕ ЦЕННОСТНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ НА КРУГЛЫЕ ЛЕСОМАТЕРИАЛЫ

В. М. КОЖИН

ЦНИИМЭ

Рассматриваются вопросы современного состояния и направлений совершенствования системы ценностных коэффициентов на круглые лесоматериалы. Предлагается с учетом большого количества влияющих факторов разработать индивидуальные ценностные коэффициенты по отдельным признакам, а на их основе интегральные коэффициенты по сортаментам.

Основа для разработки оптовых цен на круглые лесоматериалы — нормативная себестоимость и рентабельность лесозаготовительного производства, ценностные коэффициенты по видам круглых лесоматериалов, их размерам, сортности и породам древесины, а также средняя добротность по областям, краям и республикам страны.

Задача данной статьи заключается в рассмотрении существующего положения и направлений по совершенствованию методики определения ценностных коэффициентов по отдельным признакам (длине, толщине, сортности, породе) и интегральных ценностных коэффициентов по видам круглых лесоматериалов.

Необходимость определения ценностных коэффициентов обусловлена тем, что планирование, учет и калькулирование себестоимости производят в расчете на обезличенный кубометр вывезенной древесины, а оптовые цены на круглые лесоматериалы устанавливаются по сортаментам с учетом сортности, породы древесины и размеров. Отсутствие индивидуальной себестоимости отдельных сортиментов с различными признаками вызывает необходимость разработки ценностных коэффициентов, определяющих соотношение оптовых цен по видам лесоматериалов различных пород и с различными размерно-качественными признаками.

В лесной промышленности система ценностных коэффициентов применяется при установлении цен на круглые лесоматериалы, пиломатериалы и технологическую щепу, а также лесных такс.

В качестве базового сортимента для круглых лесоматериалов принят пиловочник хвойных пород III сорта, толщиной 14—24 см и длиной 4,0—6,5 м. Ему присвоен ценностный коэффициент 1. Для других сортиментов эти коэффициенты установлены с учетом породы древесины, качества, размеров по длине и толщине, затрат предприятий-заготовителей на выработку.

Сетка ценностных коэффициентов, заложенная в основу действующего прейскуранта оптовых цен на лесопroduкцию, действует с 1936 г. (если не считать некоторых изменений в последующем). Она во многом устарела и должна быть приведена в соответствие с современным уровнем производства и потребления круглых лесоматериалов. Поскольку базой для разработки сетки ценностных коэффициентов являются государственные стандарты и технические условия, то их упрощение и унификация вполне своевременны. Эта работа выполняется в

настоящее время головным институтом ЦНИИМЭ и рядом других институтов лесной промышленности.

В действующей сетке ценностных коэффициентов на круглые лесоматериалы слабо обоснованы соотношения коэффициентов по сортам, породам древесины, размерам, назначению сортиментов. В ней совершенно недостаточно принимается во внимание уровень затрат на производство различных сортиментов в лесозаготовительных предприятиях. Интегральный (суммарный) коэффициент определен эмпирическим путем, а не исходя из индивидуальных коэффициентов, учитывающих отдельные признаки сортиментов.

По нашему мнению, по аналогии с существующей системой оценки продукции лесопиления необходимо разработать ряды ценностных коэффициентов по каждому признаку сортимента с учетом затрат на производство в леспрохозах, их назначения, потребительной стоимости и т. п. Речь идет о системе ценностных коэффициентов по породам древесины (K_p), сортам (K_c), толщине (K_T) и длине (K_d). Интегральный ценностный коэффициент по сортиментам с любыми признаками определится по формуле

$$K_{\text{ц}} = K_p \cdot K_c \cdot K_T \cdot K_d.$$

Ряды ценностных коэффициентов следует разрабатывать на основании экспериментальных работ и детальных технико-экономических расчетов по предприятиям-заготовителям, предприятиям-потребителям и затрат по транспортировке круглых лесоматериалов. Так, ценностные коэффициенты по длине сортиментов должны обосновываться разницей в затратах на производство, на транспортировку лесоматериалов различной длины в вагонах МПС, на погрузочно-разгрузочные работы у поставщиков и потребителей, влиянием длины сортиментов на выход продукции при распиловке, потери при разделке, сроки службы и др. Аналогичные требования необходимо учитывать и при разработке рядов ценностных коэффициентов по другим признакам сортиментов.

В настоящее время ни в одной известной нам печатной или рукописной работе нет какого-либо обоснования уровня ценностных коэффициентов для сортиментов с различными признаками, если не считать общих указаний. Поэтому нами сделана попытка установить некоторые закономерности в зависимости ценностных коэффициентов массовых деловых сортиментов от размеров по длине и толщине, породы древесины и качества (сортности) круглых лесоматериалов на основании фактического соотношения оптовых цен на лесопroduкцию, установленных преysкурантом № 07—03 (1967 г.).

На рис. 1 приведен график зависимости действующего ценностного коэффициента от длины, толщины, породы и сорта для массовых сортиментов: пиловочника, стройлеса, рудничного и балансового долготья и др.

Из графика видно, что индивидуальные ценностные коэффициенты по отдельным признакам, а, следовательно, и интегральные коэффициенты сортиментов колеблются в пределах единицы. Зависимость коэффициента от сортности круглых лесоматериалов выражается тангенциальной кривой. Это объясняется тем, что действующим государственным стандартом на круглые лесоматериалы в III сорте совершенно не допускается гниль, поэтому ценностный коэффициент для него несколько повышен, и на этом отрезке кривая изменяет направление. В новом ГОСТе 9463-72, который предполагается ввести с 1 января 1974 г., это положение исправлено, так как размер гнили допускается во всех сортах и возрастает от I к IV.

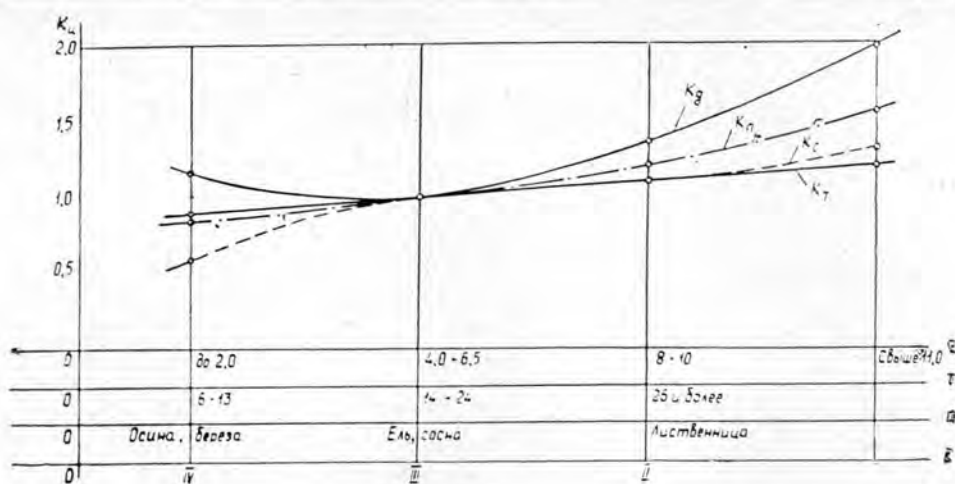


Рис. 1.

Обозначения: L — длина сортимента, м; T — толщина сортимента, см; P — порода древесины; C — сорт древесины.

В печати и на специальных совещаниях высказывается мнение о ненужности определения сортов и об установлении предельных норм допуска пороков в отдельных сортиментах. По нашему мнению, после теоретического обоснования и практической проверки это предложение может быть реализовано в новом ГОСТе.

Ценностные коэффициенты по длине сортиментов выражаются кривой с минимумом на отрезке 4,0—6,5 м, при уменьшении и увеличении длины они возрастают. Это вполне закономерно, поскольку при выработке сортиментов короче 4 м требуются дополнительные затраты на разделку и погрузку в вагоны, а в случае длинномерных сортиментов увеличиваются затраты по разметке, транспортировке и предъявляются специфические требования. ЦНИИМЭ проводит работы по унификации длин круглых лесоматериалов. Зависимость коэффициентов от толщины сортиментов описывается прямой линией с возрастанием коэффициента по мере увеличения толщины круглых лесоматериалов. Здесь на величину коэффициента в большей мере влияет дефицитность крупной древесины, чем разница в затратах.

По породам древесины ценностные коэффициенты должны определяться в ценах отправления исходя из затрат на производство предприятий-заготовителей, поэтому в новом прейскуранте оптовых цен на лесопroduкцию, вводимом с 1 января 1974 г., ценностный коэффициент в ценах отправления на массовые сортименты устанавливается одинаковым для хвойных и лиственных пород; а в ценах назначения — исходя из качества древесины, выражающегося полезным выходом продукции при переработке или сроками службы сортиментов, используемых в круглом виде. При этом коэффициент на сортименты мягколиственных пород предусматривается значительно меньшим.

Теоретическое обоснование и экспериментальная проверка унификации государственных стандартов и системы ценностных коэффициентов на круглые лесоматериалы является важным моментом совершенствования оптовых цен на лесопroduкцию, что, в свою очередь, скажет положительное влияние на повышение эффективности лесозаготовительного производства.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 634.0.232

О ВЫРАЩИВАНИИ ОРЕХА ГРЕЦКОГО
В СМЕШАННЫХ КУЛЬТУРАХ СТЕПНОЙ ЗОНЫ УКРАИНЫ

И. И. СТАРЧЕНКО

Мариупольская ЛОС

Изложены результаты выращивания ореха грецкого в чистых, смешанных культурах и на плантации. Сделан вывод о наиболее целесообразном выращивании ореха в чистых культурах и на плантации. Даны рекомендации о размещении деревьев и об учете происхождения семян.

Орех грецкий (*Juglans regia* L.) — очень ценная древесная порода. Поэтому многие лесоводы не ограничиваются выращиванием его на плантациях, в садах, а стремятся внедрять эту культуру в леса в смешении с другими древесными породами.

На Мариупольской лесной опытной станции более 20 лет изучается вопрос о том, как лучше создавать насаждения с участием этой породы. Все опытные культуры созданы в одинаковых почвенных условиях: на обыкновенном глинистом черноземе в плакорных условиях, находившемся ранее под длительным сельскохозяйственным использованием.

Первая такая культура заложена весной 1939 г. по схеме: первый и седьмой ряды — орех грецкий — акация желтая — акация желтая — акация желтая — черемуха позднецветная — акация желтая — акация желтая — акация желтая — орех грецкий; второй, четвертый и шестой ряды — акация желтая — клен остролистный — акация желтая — орех грецкий — акация желтая — дуб черешчатый — акация желтая — клен остролистный — акация желтая — клен остролистный — акация желтая — орех; третий и пятый ряды — акация желтая — дуб черешчатый — акация желтая — клен остролистный — акация желтая. Культура создавалась посадкой. Возраст сеянцев — 1 год (клена остролистного — 2 года). Размещение растений $1,5 \times 0,7$ м. В военные годы культура сильно пострадала от пастбы скота, но впоследствии оправилась. Орех грецкий неоднократно обмерзал, особенно в первые годы. Из схемы видно, что в лучших условиях росли орехи в крайних рядах лесной полосы. В соседних рядах — втором и шестом — напротив орехов часто находился клен остролистный, а в третьем и пятом еще и дуб.

Вторая культура заложена посадкой в 1948 г. по схеме: на первой секции — первый и пятый ряды — орех грецкий — кустарники (айва японская и магония) — липа американская — кустарники — дуб красный — кустарники — липа американская — кустарники — орех грецкий; второй и четвертый ряды — дуб красный — кустарники — бундук канадский — кустарники — дуб красный — кустарники — бундук канадский; третий ряд — дуб красный — кустарники — бундук канадский — кустарники — орех грецкий — кустарники — бундук канадский — кустарники — дуб красный — кустарники — бундук канадский — кустарники — орех грецкий. На второй секции первый и пятый ряды — орех грецкий — кустарники — дуб красный — кустарники — липа американская — кустарники — дуб красный — кустарники — орех грецкий; второй, третий и четвертый ряды — орех грецкий — кустарники — дуб красный — кустарники — бундук канадский — кустарники — дуб красный — кустарники — орех грецкий. На третьей секции орех грецкий посажен в смешении с магонией падуболистной в южной половине рядов и айвой японской — в северной. Размещение растений $1,5 \times 0,7$ м. Орехи местные. Липа росла группами по несколько деревьев в каждом посадочном месте и в 18-летнем возрасте была изрежена. В каждой группе оставлено по одной наиболее прямоствольной липе, наименее стеснявшей соседние деревья. Независимо от места нахождения в культуре, орех ежегодно обмерзал. Особенно сильно он пострадал в 1971 г., несмотря на теплую зиму. В связи с изложенным, состояние 23-летнего ореха грецкого и других пород в первой и второй секциях показано на основании общих средних данных.

Третья культура заложена в 1950 г. по схеме: первый и седьмой ряды — мушмула — кизильник черноплодный; второй, четвертый и шестой ряды — айва японская — орех грецкий — айва японская — айва обыкновенная — айва японская или ясень зе-

ленный в чередовании с кизильником черноплодным при размещении $1,5 \times 0,7$ м. Орех введен посевом, остальные породы — посадкой однолетних сеянцев. Орех по происхождению веселобоковеньковский (Кировоградская область). Повреждаемость от морозов незначительная.

Четвертая культура заложена в 1956 г. посадкой. В ней орех грецкий через ряд смешан с фундуками. Расстояние между орехами 10 м. Плоды ореха приобретали в ближайших поселках — Марьяновке, Велико-Анадоле и Ольгинке. Наибольшей морозостойкостью отличались марьяновские орехи, наименьшей — ольгинские. Первая культура заложена Н. В. Шевченко, остальные И. Ф. Гриценко. Данные о сохранности и росте культур приведены в табл. 1.

Таблица 1

Тип культур	Возраст, лет	Порода	Сохранность, %	Средние размеры	
				диаметр, см	высота, м
Орех грецкий в смешении с дубом черешчатым, кленом остролистным, черемухой позднецветной и акацией желтой	26	Орех грецкий . . .	56	6,5	6,0
		Дуб черешчатый . . .	81	11,9	12,8
		Клен остролистный	90	10,0	9,5
		Черемуха позднецветная	71	9,0	8,5
Орех грецкий в смешении с липой американской, бундуком канадским, дубом красным, айвой японской и магонией падуболистной	23	Орех грецкий . . .	47	6,4	7,5
		Липа американская	93	12,1	10,0
		Бундук канадский . . .	50	6,1	7,0
		Дуб красный	22	7,0	8,0
Орех грецкий в смешении с айвой японской и магонией	23	Орех грецкий . . .	78	7,4	8,5
Орех грецкий в смешении с кленом серебристым, ясенем зеленым, айвой обыкновенной и японской	21	Орех грецкий . . .	43	7,3	8,0
		Клен серебристый . . .	77	8,0	9,0
		Ясень зеленый	54	8,4	9,5
		Айва обыкновенная	85	5,5	6,0
Орех грецкий в смешении с фундуками (плантация)	16	Марьяновские орехи	96	15,2	7,0
		Велико-Анадольские орехи	92	12,0	6,0
		Ольгинские орехи	91	10,9	5,5

В начале осени 1946 г. 9-летний орех грецкий в первой культуре имел высоту 65 см, дуб черешчатый — 98 см, черемуха позднецветная — 105 см и клен — 159 см, диаметр крон соответственно 28; 54; 64 и 59 см, поврежденных скотом деревьев было 65, 68; 94 и 62%. Наиболее отстал в росте орех, он был сильно угнетен кленом. Через 17 лет после войны деревья достигли значительных размеров, их количество увеличилось на 7%. При надлежащей охране культуры от поправы скотом значительно улучшились условия для хорошего роста всех древесных видов. При обследовании 26-летней культуры было обнаружено свободно растущих орехов 31%, полностью прикрытых дубом и кленом — 24% и частично угнетенных (сдавленных с боков или с частично закрытой вершиной) — 45%. Ореховые деревья этих категорий имели следующие размеры: первой — диаметр стволов 6,5 см, высота 7 м; второй соответственно 2,9 см и 3,0 м, третьей 5,5 см и 6 м.

Однообразные орехи в дендропарке в чистых группах имели следующие размеры: в веселобоковеньковской — диаметр стволов 13,4 см, высота 11 м, в группе из местных орехов соответственно 15 см и 13 м. Теперь дуб в культуре в большей мере находится из выражения.

Из приведенной таблицы следует, что по сохранности и росту в лучшем состоянии находятся деревья ореха грецкого в дендропарке и на плантации. Здесь они на 5—10 лет моложе, чем в других культурах, но их диаметр в 2—3 раза больше. Следует иметь в виду не только состав и густоту культур, но и разницу в уходе. На ореховой плантации до настоящего времени почва в междурядьях рыхлится, сорняки уничтожаются несколько раз в лето, а в остальных культурах уход продолжался всего 3—5 лет. Важное значение имеет степень морозостойкости орехов. На ореховой плантации наиболее морозостойки марьяновские орехи, у которых очень редко подмерзают лишь концы последних побегов, в то время как у ольгинских орехов эти побеги часто отмерзают полностью. В связи с этим первые больше вторых на 40% по диаметру и на 51% по высоте.

В смешанных культурах орех грецкий отстал в росте от всех пород. Во второй культуре его состояние лучше на третьей секции при смешении с айвой японской и магонией. Липа американская в этой культуре до рубки стесняла в росте не только орех, но и остальные породы.

На первой секции липы было вдвое больше, чем на второй, и орех грецкий был на 6%, а бундук канадский на 8% тоньше. В рядах с липой и дубом красным средний диаметр стволов и крон у 17-летнего ореха грецкого равнялся 4,1 см и 1,7 м, а в рядах с бундуком канадским и дубом красным соответственно 4,4 см и 1,9 м. После изреживания липовых групп эта разница сгладилась. В третьей культуре орех грецкий превосходил по размерам лишь айву обыкновенную. Но до 8—10-летнего возраста и она превышает орех по высоте. Не мешает росту лишь бундук канадский, даже когда он оказывался выше ореха (благодаря рыхлой кроне он не угнетает орех). Судя по росту отдельных деревьев дуба красного и его росту в чистых культурах станции, он может стеснять орех грецкий.

При свободном росте орех начинает плодоносить с 8—10 лет; в смешанных культурах позднее, урожай реже и слабее. В третьей культуре при смешении с кле-ном серебристым и другими породами плодоношение отмечено с 13 лет. О разнице в урожайности свидетельствует следующий пример.

В 1963 г. в ореховой культуре с кустарниками (айвой японской, магонией) плодоносил 81% деревьев, на каждом из них в среднем было по 10 орехов (максимум 55). В смешанной ореховой культуре с участием липы американской и других пород наблюдалось плодоношение 30% деревьев, на каждом из которых было по 5 орехов (максимум 21). В дендропарке в веселобоконьковской группе плодоносили все деревья (в среднем по 125 орехов, максимум 231).

Из описанных опытов следует, что лучшие результаты получаются при создании чистых ореховых культур. Густота размещения деревьев должна определяться целевым назначением создаваемых насаждений. При выращивании ореха с целью получения древесины густота должна быть больше, чем при выращивании его ради плодов. На плантациях, в садах обычное размещение ореховых деревьев 10×10 м. В обоих случаях следует использовать плоды с морозостойких деревьев.

УДК 631.312.544

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАССТАНОВКИ РАБОЧИХ ОРГАНОВ РЫХЛИТЕЛЯ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ПОЧВЫ ВЫРУБОК НА ГОРНЫХ СКЛОНАХ

В. Н. ГНЕЕВ
СочНИЛОС

В статье рассмотрена безотвальная обработка почвы рыхлительными органами, работающими с непокровом. Для характеристики работы рыхлителей и обоснования расстановки рабочих органов в поперечном направлении предлагаются показатели обрабатываемости и повторной деформации почвы, для определения которых приводятся формулы и график.

Один из рациональных технологических приемов для создания лесных культур на склонах — полосная безотвальная подготовка почвы, исключающая механическую эрозию и препятствующая водной.

Испытания машин и орудий, выпускаемых промышленностью: корчевателя-соби-рателя (Д-496), культиватора-рыхлителя для террас (КРТ-3), плуга лесного (ПКЛ-70), фрезы лесной (ФЛН-0,8), роторного культиватора (РК-1) показали непригодность их для работы на вырубках горных склонов. Исследования показали, что наиболее приемлемыми типами рабочих органов являются симметричные рыхлительные лапы. При подготовке почвы этими органами, работающими с непокровом, существенна

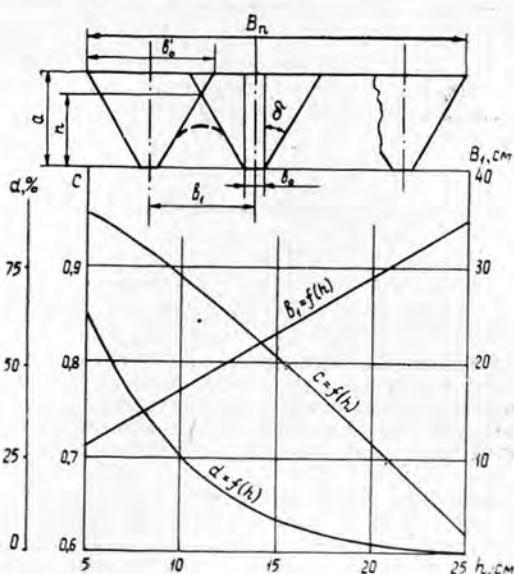


Рис. 1. Расстояния между рыхлительными почвообрабатывающими органами в зависимости от критериев c и d при высоте почвенных гребней дна борозды h .

их правильная расстановка. Расположить лапы надо так, чтобы не происходило забивания почвой и древесными остатками, орудие работало без пропусков. Этими вопросами занимались многие авторы ([1] — [7] и др.).

В отличие от плуга, лапа рыхлителя не делает слева разреза, а справа — стенки борозды. Здесь эти границы определяются механическими свойствами почвы, размерами, геометрической формой и расположением рабочей поверхности органа. Зона деформации с боков ограничена направлениями, проведенными под углом скалывания δ к вертикали. Чтобы не было пропусков, нужно иметь $b'_0 > b_1$ (где b — ширина разрыхленной почвы на поверхности; b_1 — расстояние между следами лап).

Для более полной характеристики работы рыхлительных рабочих органов и обоснования параметров их расстановки в поперечном направлении вводим показатели степени обрабатываемости борозды c и повторной деформации d .

Как видно из рис. 1,

$$c = \frac{nS_b - (n-1)S_x}{S - 2S_a}, \quad (1)$$

где S_b — площадь поперечного сечения почвы, деформированной проходом одной лапы;

S_a — площади, дополняющие зону деформации до прямоугольной формы;

n — число рабочих органов;

S_x — площадь от наложения зон деформаций;

S — требуемая площадь разрыхления;

$$S = aB_n,$$

здесь a — глубина обработки;

B_n — ширина захвата орудия.

Тогда степень обрабатываемости борозды

$$c = \frac{b_0 + \left[a - \frac{n-1}{na} (a-h)^2 \right] \operatorname{tg} \delta}{b_0 + \left[2a - 2 \frac{n-1}{n} (a-h) - \frac{a}{n} \right] \operatorname{tg} \delta}, \quad (2)$$

где h — высота почвенных гребней по дну борозды.

По данным наших исследований, ширина захвата рыхлительной лапы b_0 составляет 60–65 мм, угол скалывания $\delta = 25 \div 30^\circ$. В расчетах принимаем $b_0 = 60$ мм, $\delta = 30^\circ$. По агротехническим требованиям глубина обработки должна быть 25 см. При числе рабочих органов $n = 7$ и высоте гребней, выраженной в долях глубины обработки, рассчитана и построена кривая $c = f(h)$. Расстояние между следами лап находится из выражения

$$b_1 = b_0 + 2h \operatorname{tg} \delta.$$

При уменьшении этого расстояния образуются и увеличиваются зоны почвы, подвергающиеся повторной деформации, что не улучшает физического состояния почвы. Показатель повторной деформации определяется зависимостью

$$d = \frac{S_x (n-1)}{S - 2S_a}. \quad (3)$$

Подставляя значения величин, входящих в это выражение, имеем

$$d = \frac{\frac{n-1}{a} (a-h)^2 \operatorname{tg} \delta}{b_0 + \left[2a - \frac{2(n-1)(a-h)}{n} - \frac{a}{n} \right] \operatorname{tg} \delta}. \quad (4)$$

Вычисленные значения $d = f(h)$ представлены графически (рис. 1). Характер изменения этого показателя свидетельствует, что при сближении рабочих органов в поперечном направлении резко увеличивается повторная деформация почвы, что, как указывает ряд исследователей, повышает тяговое сопротивление. Таким образом, необходимо ограничивать уменьшение агротехнической величины гребней дна борозды, фактическая высота которых на 30—35% меньше расчетной в результате разрушаемости остроконечных вершин.

Используя приведенные математические обоснования, а для конкретных условий — представленную графическую зависимость, можно определить параметры расстановки рабочих органов рыхлителя. По нашим исследованиям, оптимальное расстояние между следами лап составляет 300—350 мм.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. П. М. Василенко, П. Г. Бабий. Культиваторы (конструкция, теория и расчет). Киев, 1961. [2]. П. М. Гильштейн, Д. З. Староднянский, М. З. Цинмерман. Почвообрабатывающие машины и агрегаты. М., 1969. [3]. Ш. М. Григорян, С. М. Заграбян. Обоснование рациональной расстановки рабочих органов культиваторов, обеспечивающих качественную обработку почвы. Труды АрмНИИМЭСХ, вып. VI, Ереван, 1969. [4]. М. А. Гулий. Исследование рабочих органов орудий для безотвального рыхления целинных и залежных почв под лесные культуры. Научные записки Воронежского лесотехнического института, т. XIX, Воронеж, 1958. [5]. В. С. Жегалов. Конструирование и расчет сельскохозяйственных машин. М., 1934. [6]. Г. Н. Синеоков. Деформации, возникающие в почве под воздействием клина. Труды ВИСХОМ, вып. 33, М., 1962. [7]. Г. Н. Синеоков. Проектирование почвообрабатывающих машин. М., 1965.

УДК 634.044

МУЧНИСТАЯ РОСА ГРАБА И БУКА В АЗЕРБАЙДЖАНЕ

Э. С. ГУСЕЙНОВ

АзербНИИЛХА

Граб и бук в Азербайджане в значительной степени поражаются мучнистой росой, возбудителем которой являются грибы из рода *Phyllactinia*. Поражаются деревья всех возрастов. Пораженные листья преждевременно опадают. Приведено описание морфологических признаков и биологических особенностей возбудителей мучнистой росы, а также симптомов поражения.

Изучение болезней основных лесообразующих пород Азербайджана показало, что граб и бук так же, как дуб, в значительной степени поражаются мучнистой росой. При этом у растений нарушаются дыхание и транспирация, ослабляется ассимиляция, снижается содержание хлорофилла в листьях. При сильном развитии болезни пораженные листья развиваются плохо, уменьшаются в размерах, скручиваются, засыхают и в массе преждевременно опадают.

Мучнистая роса граба в Азербайджане распространена повсеместно и встречается как на низменности, так и на высоте 1400—1500 м над уровнем моря, однако развивается почти всегда на деревьях, растущих на открытых солнечных местах. Поражаются как поросль, так и взрослые разновозрастные деревья. При этом на нижней

стороне листьев образуется белый, хорошо заметный налет грибицы и конидиальных спороношей. Конидия булавовидные или продолговато-булавовидные.

В конце сентября на налете образуются многочисленные темно-коричневые точки — плодовые тела (клеистокарпии) возбудителя болезни.

Возбудитель мучнистой росы граба — гриб *Phyllactinia suffulta* f. *carpini betuli* Jasc. Клейстокарпии располагаются на нижней стороне листьев, беспорядочно рассеяны, сверху вдавленные, 205—240 мк в диаметре, с 8—13 шиловидными бесцветными придатками, которые у основания шаровидно вздуты. Толщина придатков 8—9 мк, длина их равна диаметру клейстокарпиев.

Внутри плодовых тел развиваются многочисленные мешковидные, эллипсоидальные или неправильные, размером $71 \div 77 \times 30 \div 35$ мк сумки на хорошо заметных ножках, с золотисто-желтым содержимым. В сумках имеются по две продолговато-эллипсоидальные сумкоспоры величиной $33 \div 45 \times 17 \div 20$ мк. Весной, после перезимовки в клейстокарпиях созревают сумкоспоры. Они освобождаются, разносятся ветром, попадают на молодые зеленые листья и вызывают новое заражение. В засушливые годы вредоносность усиливается. Инфекция сохраняется на опавших листьях.

Возбудитель мучнистой росы бука — мучнисто-росяный гриб *Phyllactinia guttata* (Wallr. ex Fr.) Lev. Болезнь обнаруживается во второй половине лета и особо проявляется в конце августа — сентябре.

Поражаются деревья всех возрастов. Встречается заболевание большей частью на Малом Кавказе. Мучнистая роса распространена во всех высотных зонах, где произрастает бук. Сильнее всего поражаются листья нижнего яруса кроны. На больных листьях с нижней стороны образуется ярко-белый плотный налет отдельными пятнами, затем пятна сливаются, и вся нижняя поверхность листа приобретает молочно-белый цвет. Пораженные листья преждевременно опадают. Во второй половине сентября на нижней стороне листьев начинают формироваться плодовые тела возбудителя — клейстокарпии. Вначале они имеют вид желтоватых капель, затем, увеличиваясь, темнеют. Вполне зрелые клейстокарпии — темно-коричневые, с плохо различимыми клетками оболочки, несколько сдавленные сверху, многочисленные, разбросанные, почти шаровидные, 240—300 мк в диаметре. Придатки в количестве 10—15 — шиловидные, бесцветные, 260—290 мк длины, с шаровидным вздутием у основания, диаметром 35—40 мк, радиально расположенные. Имеются и кистевидные придатки, служащие для закрепления и удержания клейстокарпиев на новом субстрате, куда их приносит ветер. Эти придатки легко ослизняются и прилипают к поверхности субстрата.

Сумки (их 15—20) с золотисто-желтым содержимым, мешковидные, эллипсоидальные, размером $66 \div 90 \times 25 \div 35$ мк, с двумя спорами. Последние — золотисто-желтые, с зернистым содержимым, эллипсоидальные, с одного конца суженные или яйцевидные, величиной $40 \div 55 \times 18 \div 25$ мк.

В октябре в клейстокарпиях можно обнаружить вполне сформировавшиеся сумки со спорами. Споры созревают лишь после перезимовки клейстокарпиев на опавших листьях. Источником возобновления инфекции служат опавшие листья, на которых сохраняется масса клейстокарпиев.

УДК 634.0.232.315

ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ХРАНЕНИЯ НА ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА СЕМЯН БЕРЕЗЫ БОРОДАВЧАТОЙ В СЕВЕРНЫХ РАЙОНАХ КАЗАХСТАНА

Н. И. РЕПИНА

Кокчетавская зональная лесосеменная станция

Рассмотрено изменение энергии прорастания и всхожести семян березы бородавчатой в зависимости от способа их хранения. Показано, что лучший способ хранения семян чешуйками в бутылки или хлопчатобумажном мешке в сухом неоттапливаемом складе.

Влияние способов хранения на посевные качества семян березы бородавчатой в северных районах Казахстана Кокчетавская зональная лесосеменная станция начала исследовать с 11 августа 1967 г. Семена урожая 1966 г., первого класса по ГОСТу 1438—55 (энергия прорастания — 56%, всхожесть — 60%) были заложены на хранение в следующую тару: фанерный ящик, хлопчатобумажный мешок, стеклянную бутылку с полиэтиленовой крышкой и хранились в деревянном неоттапливаемом сарае. Семена березы только в фанерном ящике были переложены газетной бумагой, согласно рекомендации «Наставления по лесосеменному делу» [2].

В течение всего периода (1967—1970 гг.) средние образцы отбирали ежемесячно из каждого вида тары, разбирали по чистоте и раскладывали в аппарат на проращивание. Проросшие семена вынимали ежедневно. В случае обнаружения нестандартных семян анализы повторяли трижды и только затем прекращали.

Полученные данные об энергии прорастания и всхожести семян за каждый год и по каждому виду тары обрабатывали статистическим способом [1]. Точность опыта колеблется от 3 до 5,4%.

На рис. 1 представлено изменение энергии прорастания и всхожести семян березы бородавчатой в зависимости от способа их хранения. В мешке, ящике и бутылке семена за три года снизили всхожесть соответственно на 18, 24 и 38%. При хранении в мешке энергия прорастания и всхожесть снижались постепенно; при хранении в ящике и бутылке — скачкообразно.

Результаты опытов показали, что в условиях Северного Казахстана семена березы бородавчатой лучше всего хранить чешуйками в бутылки или в подвешенном хлопчатобумажном мешке в неотпливаемом сухом складе, где они остаются стандартными в течение 3—4 лет. В урожайные годы необходимо создавать резервный фонд семян.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. М. Л. Дворецкий. Практическое пособие по вариационной статистике. Йошкар-Ола, 1961. [2]. Наставление по лесосеменному делу. М., 1963.

УДК 634.0.376

АВИАЦИОННАЯ ТРАНСПОРТИРОВКА ЛЕСА С ПОМОЩЬЮ ВЕРТОЛЕТА Ми-8

М. О. ГУМБА, В. И. ДАШЕВСКИЙ, В. А. КЛЕЙМЕНОВ, И. А. ТРУНОВ

Всесоюзный НИИ сельскохозяйственного
и специального применения гражданской авиации

Приведены результаты летных испытаний вертолета Ми-8 для определения возможности выборки древесины с воздуха. Рассмотрены две технологические схемы транспортировки древесины. Дана экономическая оценка воздушной трелевки.

В лесах Черноморского побережья, в основном, произрастают ценные и малораспространенные породы: дуб, бук, каштан, орех грецкий, тисс, самшит и др. Богатые природные условия позволяют выращивать здесь высокопроизводительные насаждения не только из местных пород, но и в широких масштабах использовать для лесовосстановления субтропические породы: секвойю, платан, эвкалипт и др. Однако современное состояние лесов этой зоны в качественном отношении нельзя признать удовлетворительным, а метод ведения хозяйства в них далек от совершенства и не соответствует значимости этих лесов.

Чтобы не нарушить природную обстановку в лесу, сложившуюся в течение веков, и сохранить почвозащитные, водоохранные, климаторегулирующие и санитарно-гигиенические функции леса, в горных лесах с крутизной склона 15° и выше разрешаются только выборочные рубки. Выборка древесины наземной техникой сильно затруднена из-за крутизны склонов и неосуществима без необратимых нарушений почвы. На корню остается огромное количество ценной спелой и перестойной древесины, не используемой в настоящее время для нужд народного хозяйства. Эти запасы не могут быть использованы также из-за отсутствия дорог, строительство которых экономически невыгодно и малоэффективно при выборочных рубках.

В горных лесах курортной зоны Черноморского побережья создались специфические условия ведения хозяйства, которые требуют, в частности, санитарной очистки лесов от перестойных и больных деревьев. Возникла необходимость в разработке способов выборки деревьев с воздуха, при которых все вредные последствия наземной трелевки сводятся к минимуму.

В СССР первые опытные работы по воздушной вывозке древесины с помощью вертолета Ми-4 проводились в 1959 г. в Горяче-Ключевском и Хадыженском лесхозах Краснодарского края.

В декабре 1969 г. в Адлерском лесокombинате нами совместно с СочНИЛОС проведены летные испытания вертолета Ми-8 с целью выявления технической возможности и экономической целесообразности изъятия и транспортировки древесины из труднодоступных мест.

Началу испытаний предшествовали подготовительные работы. В зависимости от состояния древостоя, подроста и подлеска лесоводы производили отбор и клейменные деревьев. Затем верхолаз доставлял чокер (трос длиной 20 м с крюками) в крону и чокеровал дерево примерно на $\frac{2}{3}$ высоты у толстых сучьев. При этом второй конец чокара опускали на землю для присоединения к замку троса внешней подвески вертолета. Зачокерованные деревья подпиливали на $\frac{2}{3}$ диаметра с таким расчетом, чтобы они не теряли устойчивости до соединения с тросом вертолета. На лесосеке чокеровали предварительно срубленные деревья с кроной, хлысты и сортименты. Чокер прикрепляли к вершине и комлю дерева.

Древесину транспортировали с помощью вертолета Ми-8 по двум технологическим схемам: вывозка срубленных деревьев в хлыстах и сортиментах; выборка и транспортировка древесины из растущих насаждений без повала.

Полеты по первой схеме выполнялись следующим образом: вертолет с выпущенной маятниковой внешней подвеской (длина подвесной системы 46 м) подлетал к лесосеке, снижался до тех пор, пока трос подвески не касался земли. После этого к замку внешней подвески присоединяли чокер, и вертолет, набрав нужную высоту, направлялся к лесоскладу. Определив место укладки древесины на лесоскладе, вертолет зависал. В этот момент наблюдалось инерционное смещение древесины вперед. Легко погодив раскачивание, пилот опускал древесину до полной, укладки ее на землю и продолжал плавно снижаться с тем, чтобы стропальщик мог оценить трос. По окончании отцепки стропальщик сигналом сообщал об этом бортоператору, последний по СПУ докладывал пилоту, и вертолет возвращался за очередным грузом.

Полеты по второй схеме отличались тем, что после присоединения чокара к замку внешней подвески производилось допиливание дерева. Для приобретения определенных навыков по изъятию деревьев из насаждений вначале забирали отдельно стоящие деревья на открытой местности. Вертолет наводили на дерево с помощью радиостанции по команде с земли. После того, как дерево оказывалось в поле зрения бортоператора, дальнейшее более точное наведение выполнялось по его команде. При допиливании дерева вертолет находился на режиме висения строго вертикально над деревом, так как в момент отделения дерева от пня происходит боковое смещение дерева.

При выполнении этой операции определяли влияние воздушного потока от несущего винта как непосредственно на земле под вертолетом, так и в радиусе 30—50 м. Замеры показали, что скорость воздушного потока достигает наибольшей силы на расстоянии 20—30 м от задней полусферы, а под самим вертолетом воздушный поток незначителен и практически не влияет на условия работы рабочих на земле при изъятии дерева.

Во время транспортировки вели наблюдения за поведением дерева в полете. В воздухе наблюдается незначительное отклонение троса от вертикального положения при транспортировке древесины с кроной и небольшое раскачивание при перевозке сортиментов и древесины в пачках. Однако эти отклонения практически не влияют на управляемость и устойчивость вертолета в полете.

Весь рабочий процесс выборки древесины вертолетом состоит из последовательных операций: перелет вертолета от верхнего лесосклада до лесосеки, снижение его над деревом, чокеровка (прицепка) дерева, подъем вертолета и перелет его с грузом от лесосеки до лесосклада, опускание на землю доставленной древесины.

Расстояние от лесосеки до лесосклада составляло 2 км. Время отдельных операций замеряли секундомерами. Был проведен хронометраж при выборке древесины без предварительного повала — на 22 деревьях, при выборке поваленной древесины — на 12. На основании хронометражных наблюдений рассчитано среднее время на выполнение работ по операциям. Время одного цикла на выборке деревьев без повала составило в среднем 12,28 мин, с повалом — 9,93 мин.

В табл. 1 показана производительность вертолета Ми-8 и трактора ТДТ-75 в ра-

Таблица 1

Показатели	Вывозка леса трактором ТДТ-75	Выборка леса вертолетом Ми-8	
		деревьев с пня	поваленных деревьев
Производительность машин, м ³ /день	13,5	75,5	94,1
Затраты труда на 1 м ³ , чел.-час	2,61	1,27	1,02
Затраты денежных средств			
на выборку древесины	5,03	39,81	28,93
на строительство дорог	3,27	—	—
на лесовосстановление	4,36	—	—
Ущерб от разрубки дорожных трасс, руб./м ³	2,31	—	—
Всего затрат, руб./м ³	14,97	39,81	28,93

бочий день на вывозке леса. Как видим, при трелевке авиационным способом производительность увеличивается в 5,6—7 раз. Затраты труда на 1 м³ древесины, вывезенной вертолетом Ми-8, в 2 раза меньше, чем при тракторном способе (табл. 1). Но из-за высокой стоимости и недостаточной грузоподъемности применяемых летательных аппаратов себестоимость транспортировки древесины еще высока (в 5,7—7,9 раза выше, чем для тракторной — табл. 1). Однако для наземной транспортировки древесины необходимы дополнительные капитальные вложения на строительство дорог, лесовосстановление и др. При их учете себестоимость тракторной транспортировки резко увеличивается и достигает 14,97 руб. на 1 м³.

В заключение можно сделать вывод, что при выборе более рациональных летательных аппаратов для транспортировки древесины, снижении себестоимости летного часа, повышении подготовки рабочих на лесоавиационных работах применение вертолетов в горных и труднодоступных районах страны заслуживает самого серьезного внимания.

УДК 547.992.3.

О СОЛЬВАТАЦИИ ЛИГНИНА В РАСТВОРАХ ДИОКСАНА

В. В. НЕКРАСОВ

Архангельский лесотехнический институт

На основании исследования плотности и скорости распространения ультразвука на частоте $1,8 \cdot 10^6$ гц растворов сульфатного лигнина (СЛ) в диоксане подсчитана адиабатическая сжимаемость растворов; она монотонно убывает с ростом концентрации раствора. По величине адиабатической сжимаемости рассчитано количество килограммов диоксана, связанного с 1 кг СЛ (h). Величина (h) оказалась примерно одинаковой и равной 0,870 в пределах концентраций от 1 до 10 вес. %. Полученные значения h автор считает предельным случаем в возможностях присоединения диоксана к СЛ в растворе. Это значение h согласуется с данными других авторов.

Широкое практическое применение лигнина в промышленности в качестве добавок [2], [6] требует выяснения характера взаимодействия макромолекул лигнина с молекулами системы. Определенный интерес представляют растворы сульфатного лигнина (СЛ) в диоксане. Для выяснения характера взаимодействия макромолекул с молекулами диоксана воспользуемся адиабатической сжимаемостью раствора β_s , которая связана со скоростью распространения ультразвука (U_3) v и с плотностью ρ следующим соотношением [1], [3], [4]:

$$\beta_s = \rho^{-1} v^{-2}.$$

Сжимаемость раствора зависит от того, насколько сильно взаимодействуют макромолекулы лигнина с молекулами растворителя. В случае растворов электролитов число молекул растворителя, образующих сольват, можно подсчитать по модели Пасынского [7]. Количество растворителя в килограммах, которое связано с 1 кг растворенного вещества, можно найти по уравнению:

$$h = \left(1 - \frac{\beta_s}{\beta_s^0}\right) \frac{1 - w}{w}, \quad (1)$$

где β_s^0 и β_s — адиабатические сжимаемости растворителя и раствора соответственно;

w — весовая доля растворенного вещества.

Явление сольватации в диоксановых и ацетоновых растворах лигнинов изучали на основе термодинамических исследований ряда авторов [8]. Этими авторами показано, что сорбция паров диоксана лигнином растет с течением времени и стремится к некоторому пределу.

Расчеты по методу Пасынского, как мы полагаем, позволяют найти количество растворителя, связанного лигнином. Отсюда акустические исследования должны показать, что количество связанного растворителя с единицей массы лигнина не меньше, чем в явлениях сорбции [8].

Исследуемые растворы приготовлены в Проблемной лаборатории АЛТИ из щелочного сульфатного лигнина, очищенного от водорастворимых и смолистых веществ по методике, приведенной в одной из работ [2]. Способом неустановившегося равновесия на ультрацентрифуге G-110 [9] определяли средневесовой молекулярный вес.

он оказался равным 12800. Диоксан, на котором приготавливали растворы, очищали по одной из методик [10].

Скорость распространения ультразвука в растворах определяли на установке, которая схематически изображена на рис. 1. Раствор через воронку В заливали в ячейку А с подвижным рефлектором R. В ячейку вмонтирован пьезодатчик-приемник Д, работающий на фиксированной частоте $1,8 \cdot 10^6$ гц. К датчику присоединены параллельно друг другу УЗ дефектоскоп марки УДМ-1М и осциллограф ЭО-58. Изменение расстояния, пройденного УЗ импульсом, измерялось микрометром М, а длительность его прохождения от датчика-приемника до рефлектора и обратно — по метке времени осциллографа. Установка гарантировала точность определения скорости УЗ до 0,5%. Все измерения проведены при температуре 20°C.

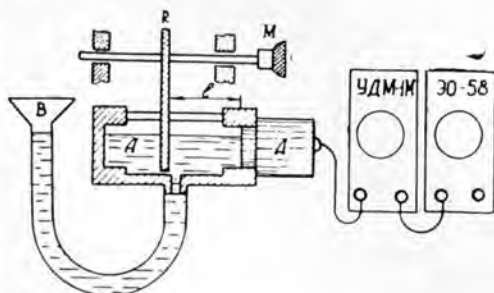


Рис. 1.

Результаты эксперимента и расчеты по уравнению (1) приведены в табл. 1. Все данные выражены в системе СИ. Для удобства анализа результатов эксперимента в табл. 1 внесены значения плотности растворов из данных работы автора [5]. Как было нами отмечено [5], плотность почти линейно растет с повышением концентрации раствора. Скорость распространения УЗ почти линейно возрастает с ростом концентрации лигнина. Адиабатическая сжимаемость почти линейно убывает с повышением концентрации лигнина.

Результаты эксперимента и расчеты по уравнению (1) приведены в табл. 1. Все данные выражены в системе СИ. Для удобства анализа результатов эксперимента в табл. 1 внесены значения плотности растворов из данных работы автора [5]. Как было нами отмечено [5], плотность почти линейно растет с повышением концентрации раствора. Скорость распространения УЗ почти линейно возрастает с ростом концентрации лигнина. Адиабатическая сжимаемость почти линейно убывает с повышением концентрации лигнина.

Таблица 1

ω , %	ρ , г/см ³	$v \cdot 10^5$, см/сек	$\beta_s \cdot 10^{11}$, см ² /дин	h
0,0	1,034	1,380	5,09	—
0,96	1,036	1,383	5,05	0,812
1,99	1,038	1,385	5,00	0,870
3,40	1,042	1,395	4,93	0,950
4,35	1,046	1,402	4,89	0,870
5,30	1,048	1,400	4,85	0,845
7,15	1,054	1,415	4,75	0,870
9,55	1,062	1,425	4,62	0,870

На основе уравнения (1) рассчитана величина h . Оказалось, что количество килограммов диоксана, связанного с 1 кг лигнина, остается величиной примерно постоянной и равной $0,870 \pm 0,070$. Согласно данным одной из работ [8], значение сорбированного диоксана лигнином растет с разбавлением и приближается к значению 0,600 кг диоксана на 1 кг лигнина. По нашим данным, каждый килограмм лигнина связывает несколько больше диоксана, чем по данным других авторов [8], однако противоречий здесь нет. Дело в том, что авторы работы [8] проводили исследования с системой, которая содержала значительно больше лигнина, чем диоксана, а мы изучали разбавленные растворы, в которых растворителя достаточно для образования предельного большого комплекса. Поэтому наши данные можно считать как бы предельным случаем в способности макромолекул лигнина присоединять к себе молекулы диоксана.

Выводы

1. При температуре 20°C скорость распространения УЗ почти линейно растет с повышением концентрации лигнина в диоксане; адиабатическая сжимаемость растворов монотонно убывает с ростом концентрации раствора.

2. При взаимодействии лигнина с диоксаном 1 кг лигнина в растворе присоединяет к себе около 0,870 кг диоксана. Возможно, это число показывает предельное количество диоксана, которое может присоединить 1 кг сульфатного лигнина в растворе.

Автор выражает признательность проф. И. М. Боховкину и доц. О. М. Соколову за внимание, проявленное к данной работе.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Л. Бергман. Ультразвук. ИЛ, М., 1957. [2]. Б. Д. Богомолов, А. А. Соколова. Побочные продукты сульфатно-целлюлозного производства, Гослесбумиздат, М., 1962. [3]. Б. Б. Кудрявцев. Ультразвуковые методы исследования вещества. Учпедгиз, М., 1961. [4]. И. Г. Михайлов. Распространение ультразвуковых волн в жидкостях. ГИТ-ТЛ, М.—Л., 1949. [5]. В. В. Некрасов. Сб. «Исследование свойств продуктов химической переработки древесины», Архангельск, 1971, 94. [6]. В. М. Никитин. Лигнин. Гослесбумиздат, М.—Л., 1961. [7]. Л. Пасынский, ЖФХ, Ф 1, 606, 1938. [8]. Л. Г. Пилюгина, Т. М. Васильева, К. П. Мищенко. Современные методы исследования в химии лигнина, Архангельск, 1970, стр. 93. [9]. О. М. Соколов, Б. Д. Богомолов. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1967, 140—144. [10]. Ю. К. Юрьев. Практические работы по органической химии, В. 11, изд. МГУ, 1957.

УДК 634.0.813.11

ДЕМЕТИЛИРОВАНИЕ ГИДРОЛИЗНОГО ЛИГНИНА В ТВЕРДОЙ ФАЗЕ ГАЗООБРАЗНЫМ ХЛОРОМ

Е. Д. ГЕЛЬФАНД

Архангельский лесотехнический институт

При обработке лигнина (I) на фильтре Шотта газообразным хлором (II) достигается глубокое деметилирование (до 75%) при расходе II до 100% и скорости подачи его от 0,07 до 2 г/г·мин.

Наилучшие результаты получены при влажности I около 3%; увеличение влажности I снижает эффективность деметилирования. Обработка I путем подачи II над слоем I менее эффективна.

Известно*, что в процессе хлорирования лигнина — реакции, имеющей важное практическое значение, — одновременно происходит и его деметилирование (расщепление метоксильных групп), однако количественно этот процесс изучен только для условий обработки лигнина в водной среде; для случая же обработки лигнина в твердой фазе каких-либо данных в литературе мы не обнаружили. Между тем, нами установлено, что хлорирование лигнина в твердой фазе возможно осуществлять с очень высокой интенсивностью, вплоть до завершения реакции в течение нескольких секунд, что совершенно недоступно для других методов. В связи с этим представляло интерес изучить, в какой мере лигнин подвергается деметилированию при такой обработке. Изучение деметилирования лигнина в твердой фазе представляет интерес и в том отношении, что деметилированный лигнин — весьма перспективный продукт модификации гидролизного лигнина. Наличие значительных количеств пирокатехиновых групп придает ему оригинальные свойства и открывает возможность использования в новых направлениях.

Учитывая важность проблемы рационального использования гидролизного лигнина, опыты проводили с образцом технического гидролизного лигнина Архангельского завода, отмытым от водорастворимых веществ, виброизмельченным и высушенным до влажности 3%.

Ниже представлены результаты исследований, причем учтены факторы, которые могли повлиять на степень деметилирования: I — направление потока хлора по отношению к лигнину; II — расход хлора по отношению к лигнину; III — скорость подачи хлора; IV — влажность лигнина.

I ф а к т о р. Лигнин обрабатывали хлором двумя способами: 1) ток хлора пропускали через стеклянный фильтр Шотта (снизу), на котором был помещен слой лигнина; 2) ток хлора подавали в колбу Бунзена (с помещенным на дне лигнином) через вставленную в пробку вертикальную трубку, доходившую почти до дна колбы (во время хлорирования колбу потряхивали).

Выявилось, что степень деметилирования (так же, как и степень хлорирования) при обработке по этим способам неодинакова. Поэтому влияние остальных факторов на деметилирование изучали, сопоставляя данные для каждого способа.

II ф а к т о р. Опыты проводили с сухим лигнином. Хлор подавали из газометра через ротаметр со скоростью 1 л/мин или, пересчитывая на весовые единицы с уче-

* О. П. Грушников, Н. Н. Шорыгина. Сб. «Химия древесины» № 7, изд-во «Зинатне», Рига, 1971.

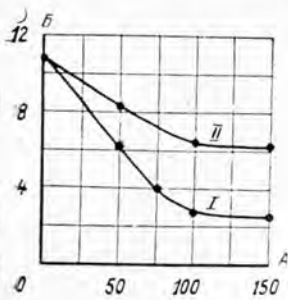


Рис. 1. Зависимость содержания метоксигрупп в лигнине (B, %) от расхода хлора (A, %).

I — обработка лигнина на фильтре; II — обработка в колбе.

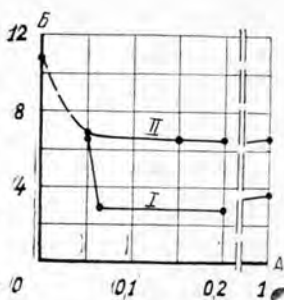


Рис. 2. Зависимость содержания метоксигрупп в лигнине (B, %) от скорости подачи хлора (A, г/г·мин).

I — обработка лигнина на фильтре; II — обработка в колбе.

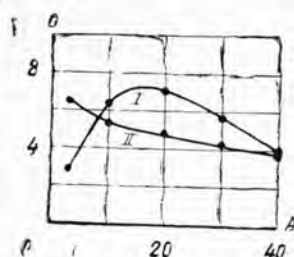


Рис. 3. Зависимость содержания метоксигрупп в лигнине (B, %) от влажности лигнина (A, %).

I — обработка лигнина на фильтре; II — обработка в колбе.

том навески лигнина, — 1 г на г лигнина в минуту (1 г/г·мин). Расход хлора варьировали в пределах 20—150%. После хлорирования образцы выдерживали в термостате при 110°C. Содержание метоксигрупп в образцах определяли общепринятым методом Цейзеля в модификации Фибока и Шваппаха.

Изменение содержания метоксигрупп в лигнине в зависимости от расхода хлора представлено на рис. 1, из которого видно, что при обработке на фильтре лигнин претерпевает довольно глубокое деметилирование (остаточное содержание метоксигрупп 2,5%), тогда как при обработке в колбе потеря метоксигрупп значительно меньше (остаточное содержание метоксигрупп 6,5%). Из рис. 1 видно также, что процесс деметилирования практически завершается при расходе хлора около 100% от веса лигнина. Поэтому в последующих опытах расход хлора принят равным 100%.

III фактор. Опыты проводили с тем же образцом лигнина при расходе хлора 100%, скорость подачи хлора варьировали от 0,05 до 1 г/г·мин. Результаты (рис. 2) показывают, что при обработке на фильтре влияние скорости подачи хлора наиболее резко проявляется в интервале 0—0,067 г/г·мин; с дальнейшим увеличением скорости подачи глубина деметилирования остается почти постоянной и несколько снижается при скорости 1 г/г·мин.

При обработке лигнина в колбе полученная зависимость примерно такая же, как и в первом случае, но глубина деметилирования значительно меньше.

IV фактор. Опыты проводили с образцами лигнина, полученными увлажнением исходного сухого образца расчетными количествами воды. Расход хлора составлял 100%, скорость подачи 1 г/г·мин. Результаты представлены на рис. 3.

При обработке лигнина на фильтре увеличение влажности с 3 до 20% снижает глубину деметилирования, с дальнейшим увеличением влажности глубина деметилирования вновь возрастает. При обработке лигнина в колбе глубина деметилирования плавно повышается с увеличением влажности.

Выводы

1. При обработке лигнина в твердой фазе газообразным хлором происходит его деметилирование вплоть до остаточного содержания метоксигрупп около 2,5%.

2. Степень деметилирования лигнина существенно зависит от направления потока хлора по отношению к лигнину, расхода хлора и скорости его подачи, влажности лигнина.

3. Деметилирование лигнина газообразным хлором можно осуществлять очень быстро — в течение 1 мин.

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

УДК 634.0.5(048.1)

НОВОЕ ПОСОБИЕ ПО ТАКСАЦИИ

Бурное развитие лесохимии и целлюлозно-бумажной промышленности, а также производства древесноволокнистых плит и хвойно-витаминной муки заметно увеличивает возможности потребления тонкомерной древесины и отходов лесозаготовок и деревообработки. В связи с этим надо усовершенствовать и стандартизировать методы учета таких маломерных лесных продуктов, как хворост, хмыз, ветви и сучья, жерди, дрова, технологическая щепка, кора, стружка и т. п.

Необходимость таксации маломерных стволов возникает и при закладке пробных площадей в молодняках в ходе лесоустроительных и научно-исследовательских работ. Использование для этих целей широко распространенных сортиментных и объемных таблиц часто приводит к большим погрешностям, так как они составлены лишь для деревьев не тоньше 8 см.

Этот пробел в таксационных руководствах в значительной степени восполняет книга П. П. Изюмского «Таксация тонкомерного леса»*, которая с удовлетворением встречена лесной общественностью. В этой работе освещены вопросы таксации и учета тонкомерного леса, заготавливаемого при главных и промежуточных рубках и оставляемого на корню. Описаны способы и техника обмера и учета различной мелкой древесины. Для определения запасов и массы приведено большое число таблиц с переводными коэффициентами складочных кубических метров в плотные и обратно, таблицы естественной усушки древесины, таблицы объема жердей и других маломерных материалов. Уточнена классификация и дано определение таких маломерных материалов и отходов, как хворост, хмыз, голье (ветви и сучья), топорник, осколки, щепка, обалолы, обрезки и др.

Работа написана по материалам многолетних исследований, проведенных автором в лесхозагах Украины и за ее пределами. Использованы также и литературные источники. Данные о полндревесности складочных мер получены автором наиболее точным километрическим способом в сочетании с весовым. По ряду пород и лесоматериалов эти данные вполне оригинальны и могут быть использованы в справочниках и других нормативных изданиях.

П. П. Изюмским на большом экспериментальном материале, собранном при закладке пробных площадей по рубкам ухода, составлены (по методическим разработкам В. К. Захарова и Ф. П. Моисеенко) таблицы объемов тонкомерных деревьев для дуба, бука, сосны, белой акации, граба и тополя. Кроме того, расширены таблицы О. А. Трулля для ели, березы и липы. Все эти таблицы составлены по двум входам — диаметру на высоте груди с градацией в 1 см и высоте ствола через 1 м. Приведенные в одной из таблиц данные о видовых высотах H_f позволяют определять объемы деревьев по еще более дробным ступеням.

Автор провел сравнение составленных им таблиц объемов с аналогичными объемными и сортиментно-массовыми таблицами других авторов (В. К. Захарова, О. А. Трулля, К. Б. Лосицкого, М. В. Давидова и др.), в результате чего установлено, что на зависимость видовых чисел от высоты в пределах одной породы сравнительно мало влияют зональные и почвенно-климатические различия в условиях произрастания. Это дает основание рекомендовать применение представленных в книге объемных таблиц не только на Украине, но и в других районах европейской части СССР.

Не лишена книга и некоторых недостатков. В частности, вызывает сожаление отсутствие в ней аналогичных таблиц по ясеню, клену, ильмовым. Нет в ней и указаний, какими таблицами можно пользоваться для определения объема деревьев этих пород. Принимая во внимание, что с каждым годом все шире разворачиваются работы по сбору и переработке хвой и хвойной лапки на хвойно-витаминную муку и эфирные масла, желательным было бы видеть в книге описание методики учета и обмера этой лесной продукции в объемном и весовом выражении с приведением переводных коэффициентов. В таблицах объемов маломерных стволов различных древесных пород нет разрывов по ступеням толщины, что создает некоторые неудобства при их практическом использовании.

* П. П. Изюмский. Таксация тонкомерного леса. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1972.

Однако отмеченные недостатки не умаляют большого значения работы П. П. Изюмского. Она восполняет существенный пробел в нашей таксационной литературе. Достоинство ее заключается и в том, что в книге сравнительно небольшого объема (4,6 печ. листа) помещены многочисленные разносторонние материалы из различных изданий или еще не публиковавшиеся.

Издательство «Лесная промышленность» выпустило весьма полезное и нужное справочно-методическое пособие для работников лесного хозяйства, лесной промышленности и научно-исследовательских учреждений. Следует отметить и хорошее полиграфическое исполнение брошюры, четкость рисунков и таблиц. Однако желательно, чтобы подобные книги справочного характера выпускались в твердой обложке, так как они необходимы для постоянного пользования не только в кабинетных условиях, но и в полевых.

Б. Ф. Остапенко.

Харьковский сельскохозяйственный институт

Н. В. Ромашов.

УкрНИИЛХА.

УДК 634.0.453(048.1)

О «КРАТКОМ ОПРЕДЕЛИТЕЛЕ ВРЕДИТЕЛЕЙ ЛЕСА»*

Необходимость такого рода «карманного определителя» вполне очевидна, тем более, что первое издание его (1961 г.) давно уже стало библиографической редкостью. Впрочем, рецензируемый определитель едва ли можно считать вторым изданием «Краткого определителя хвое- и листогрызущих вредителей», так как он не только втрое больше по объему, но, кроме хвое- и листогрызущих вредителей в разных фазах развития, в нем описаны личинки пластинчатоусых, вредные жесткокрылые (в особенности короеды), а также дана таблица для определения короедов по повреждениям. Большим достоинством книги является то, что в ней приведены лишь легкодоступные отличительные признаки (чем упрощается определение), а также небольшой ее формат и наличие цветных рисунков.

Вместе с тем определитель не лишен некоторых недостатков. В него следовало бы включить рогахвостов и дать определительную таблицу по личинкам некоторых стволовых вредителей, в особенности усачей и златок. Таблицу для определения короедов по повреждениям не мешало бы заменить более полной — для определения всех стволовых вредителей по повреждениям.

Во избежание значительного увеличения объема определителя можно было бы ограничиться рассмотрением видов, встречающихся в европейской части СССР (соответственно изменив название книги), изъяв азиатские виды вредителей.

Не все цветные рисунки выполнены достаточно хорошо. Например, в табл. 12 (Лунка серебристая) искажено изображение гусеницы. В табл. 13 (Дубовая хохлатка) приведена одновременно и пяденица обдирало, а в заглавии это не оговорено.

Но несмотря на недостатки, определитель несомненно принесет пользу работникам лесного хозяйства, студентам, научным работникам, преподавателям, а также многим любителям родной природы.

* Н. Н. Падий. Краткий определитель вредителей леса. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1972.

В. И. Гримальский.

БелНИИЛХ.

ЮБИЛЕИ

СЛАВНЫЙ ЮБИЛЕИ

27 января 1973 г. исполнилось 75 лет со дня рождения и полвека производственной, научно-педагогической и общественной деятельности доктора сельскохозяйственных наук, профессора Марийского политехнического института Максима Лавровича Дворецкого.

Максим Лаврович родился в 1898 г. в Казанской губернии в многодетной крестьянской семье. В 1918 г. он окончил гимназию с золотой медалью, а в 1925 г. — лесной факультет Казанского института сельского хозяйства и лесоводства. По окончании аспирантуры в 1929 г. М. Л. Дворецкий был оставлен на кафедре лесной таксации ассистентом, в 1931 г. утвержден доцентом, в 1961 г. успешно защитил докторскую диссертацию, в 1962 г. утвержден в ученое звание профессора. С 1929 г. по настоящее время (с перерывами в связи с работой на производстве и в лесной опытной станции, а также службой в Советской Армии в период Великой Отечественной войны) Максим Лаврович работает на кафедре лесной таксации и лесоустройства Марийского политехнического института, которой он заведует. Неоднократно он назначался деканом лесохозяйственного факультета.

Максим Лаврович — крупный ученый в области лесной таксации, высококвалифицированный и эрудированный преподаватель. Учебную и научную работу он ведет по трем направлениям: лесной таксации, математической статистике, применению аэрофотосъемки и авиации в лесном хозяйстве. Он — любимый наставник студентов и аспирантов. Его лекции всегда отличаются глубоким идейно-теоретическим содержанием, доходчивы и тесно увязаны с современными научно-производственными достижениями.

М. Л. Дворецким опубликовано около 100 работ. Он имеет восемь удостоверений о приоритете научных работ от Комитета по делам изобретений и открытий Совета Министров СССР.

Научная направленность исследований Максима Лавровича определилась еще со студенческих и аспирантских лет. Разработанные им тогда новые подходы к определению текущего прироста стволов получили высокую оценку проф. М. М. Орлова. Дипломная работа М. Л. Дворецкого была полностью опубликована в трех выпусках научных работ Казанского института сельского хозяйства и лесоводства и рекомендована проф. Н. В. Третьяковым в качестве учебного пособия (1930 г.). Такие труды, как монография «Текущий прирост древесины ствола и древостоя», «Изменчивость и взаимосвязь таксационных признаков стволов и древостоя», «Теоретический анализ точности определения текущего объемного прироста стволов и древостоев», «Определение текущего прироста по запасу древостоя со рубкой деревьев», «Определение текущего прироста по запасу древостоя без рубки деревьев», «К вопросу о формировании древесного ствола», «Определение запаса и прироста запаса одновозрастного елового древостоя», «Определение запаса древостоя через относительный объем ствола», «О четкости терминологии в лесной таксации» и многие другие являются направляющими в области лесной таксации; они широко известны научным работникам страны и за рубежом, практикам лесоустроительных предприятий и лесного хозяйства. Результаты его научных исследований вошли в учебники лесной таксации. М. Л. Дворецкий подготовил большой отряд научных работников, неоднократно читал лекции о новейших достижениях лесной таксации студентам лесохозяйственной специальности родственных вузов (ЛТА, УЛТИ, СибТИ, БелТИ, БрТИ).



Максим Лаврович многое сделал по совершенствованию учебного процесса, учебных программ, разработал ряд методических пособий. Он поддерживает тесную связь с работниками производства, в его «Практическом пособии по вариационной статистике для лесохозяйственников» показаны пути внедрения методов вариационной статистики в лесном деле, предложены новые оригинальные эффективные способы учета текущего прироста древостоев.

М. Л. Дворецкий принимает активное участие в общественной жизни. Он неоднократно избирался членом президиума республиканского общества охраны природы, длительное время являлся членом экспертной комиссии ВАК, секции научно-технического совета Государственного Комитета лесного хозяйства Совета Министров СССР. С 1962 г. он член редколлегии «Лесного журнала».

М. Л. Дворецкий — участник Великой Отечественной войны. Он участвовал в освобождении от фашизма территорий СССР, Польши, Венгрии и Австрии. За боевые заслуги при освобождении Будапешта им получена благодарность Верховного Командования. Он награжден орденом «Красная Звезда», медалями «За отвагу», «За победу над Германией», «Двадцать лет победы в Великой Отечественной войне 1941—1945 гг.», «50 лет Вооруженных Сил СССР», знаком «25 лет победы в Великой Отечественной войне».

Заслуги М. Л. Дворецкого в области науки и подготовки специалистов лесного хозяйства отмечены присвоением ему почетного звания заслуженного деятеля науки и техники Марийской АССР.

За долговременную безупречную работу и активную общественную деятельность он награжден орденом «Знак почета», медалью «За доблестный труд. В ознаменовании 100-летия со дня рождения Владимира Ильича Ленина».

Максиму Лавровичу присущи высокая принципиальность, скромность, чуткость и простота, готовность оказать помощь. Он щедро делится своими огромными знаниями и большим опытом.

Научные работники, многочисленные его ученики, работники производства сердечно поздравляют Максима Лавровича со славным юбилеем и желают ему долгих лет жизни, большого счастья и дальнейшей плодотворной деятельности.

И. С. Аверкиев, М. Д. Данилов, А. К. Денисов, В. Н. Смирнов,
П. В. Алексеев, В. И. Пчелкин, В. М. Грачев, А. В. Зорин,
И. В. Мамаев, М. М. Михайлов, П. А. Соколов, А. В. Попова.

Марийский политехнический институт.

ПОЗДРАВЛЯЕМ ЮБИЛЯРА!

22 февраля 1973 г. исполнилось 70 лет со дня рождения и 45 лет производственной, научной и педагогической деятельности кандидата сельскохозяйственных наук, доцента Петра Иосифовича Войчала.

После окончания в 1930 г. Ленинградской лесотехнической академии П. И. Войчал работал таксатором в тресте «Ленлес», затем начальником планового отдела в Пестовском ЛПХ Ленинградской области, а с 1933 г. в Архангельском лесотехническом институте в должности ассистента, старшего преподавателя и доцента кафедры лесных культур. Ряд лет он возглавлял лесохозяйственный факультет.

Перу П. И. Войчала принадлежат более 100 печатных работ по лесному семеноводству, лесоведению и общим вопросам лесного хозяйства.

С 1957 г. по 1971 г. — зам. ответственного редактора «Лесного журнала» (с 1957 г. по 1971 г. — зам. ответственного редактора). Все эти годы Петр Иосифович много сил и времени отдает работе с материалами, поступающими в редакцию.

П. И. Войчал — участник Великой Отечественной войны. За боевые заслуги награжден орденом Красной Звезды, медалями «За победу над Германией», «Двадцать лет победы в Великой Отечественной войне 1941—1945 гг.», «50 лет Вооруженных Сил СССР», знаком «25 лет победы в Великой Отечественной войне». За безупречную работу и активную общественную деятельность он награжден медалью «За доблестный труд. В ознаменование 100-летия со дня рождения Владимира Ильича Ленина».

Все знающие Петра Иосифовича Войчала и многие годы встречающиеся с ним, сердечно поздравляют его и желают здоровья и сил для продолжения его многогранной деятельности!

СОДЕРЖАНИЕ

<i>И. М. Боховкин, Е. С. Романов.</i> Охрана природы — важнейшее государственное дело	3
---	---

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

<i>Е. Т. Малютина.</i> О гермафродитизме у ив секции <i>Vetrix</i>	5
<i>С. Н. Свалов.</i> Регрессионный метод оценки точности определения запаса древостоя	8
<i>В. С. Мирошников.</i> Естественный отпад в сосновых и еловых культурах	13
<i>В. Б. Лукьянец.</i> Селекционная оценка и отбор плюсовых деревьев дуба	16
<i>Н. Г. Косарев.</i> Таблицы для таксации свежесрубленной лапки из стволов пихты сибирской Алтайского края и Кемеровской области	20
<i>Э. И. Пихельгас.</i> Качество семян и рост культур сосны обыкновенной в зависимости от окраски семян	24
<i>А. Х. Газизуллин.</i> Общая микробиологическая активность лесных почв Нижнего Прикамья Татарской АССР	27
<i>А. Д. Маслов, Д. А. Нижарадзе.</i> О причинах размножения большого елового лубода в насаждениях ели восточной	33

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

<i>Н. М. Белая, И. И. Слепко.</i> Применение теории Герца — Беляева для определения максимальных напряжений контактирующей пары каток — канат открытого типа	35
<i>А. В. Жуков.</i> К вопросу обоснования обобщенных расчетных схем колебаний лесозаготовительных и лесотранспортных машин	42
<i>К. А. Чекалкин.</i> Об оптимальном режиме торможения плотов при остановках в пунктах прибытия	45
<i>А. А. Добрачев.</i> Некоторые особенности кинематики роторных окорочных станков	51
<i>А. В. Ростовцев, Л. В. Коротяев.</i> Отпад элементов кроны деревьев при валке и формировании трелевочного воя в зависимости от температуры воздуха	57
<i>Ю. Д. Силуков.</i> Нагруженность и усталостная повреждаемость деталей трансмиссии лесовозного автопоезда	59
<i>Б. В. Уваров.</i> Оптимизация конструкции железобетонных плит для колеиных покрытий автомобильных дорог методом поиска экстремума	63

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

<i>Б. В. Пучков.</i> Исследование процесса измельчения лесосечных отходов ударным сжатием	71
<i>К. И. Демьяновский.</i> Высокочастотная термическая обработка зубьев рамных пил	78
<i>В. В. Шкутко.</i> К вопросу определения критерия затупления дисковых пил	84
<i>Н. И. Черемных, М. П. Чижевский.</i> К вопросу уменьшения шума станков строгальной группы	88
<i>В. Н. Фурлетов, Е. Т. Попова.</i> Исследование профилированных древесностружечных плит	95
<i>Э. М. Туриков, А. И. Шевченко, В. К. Пашков.</i> Экспериментальные исследования колебаний плоских круглых пил	98
<i>Л. З. Лурье.</i> О формализации основных положений расчетов использования древесины в лесопилении	105
<i>П. Н. Цыбулев, Н. Ф. Кузьмин.</i> О работоспособности подшипников из прессованной древесины акации белой	111
<i>В. В. Гамов.</i> К вопросу о статическом изгибе древесностружечных плит	115

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

- Н. В. Терегеря, А. Н. Черняев, Ф. А. Медников, В. В. Терегеря, М. И. Темкин, Н. А. Кабитова. Исследование процесса сульфатирования и гидратации таллового масла 119
- В. Д. Бекетов. Оптимизация процесса горячего прессования профилированных древесноволокнистых плит 123
- Г. Е. Шалыко, Н. В. Титова, В. В. Григорова. Определение вязкости маслянистых каменноугольных антисептиков для древесины 127
- В. Б. Некрасова, Э. И. Ларина, Ф. А. Медников, А. Л. Агранат. Сравнительная характеристика фитостерина, выделенного из талловых продуктов Котласского ЦБК 130
- Б. П. Ерыхов, В. Г. Либуркин, В. И. Ромицын, А. А. Эльберт. Динамический метод исследования кинетики процесса поликонденсации смол 133

КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

- Д. Л. Дудюк. Статистическое моделирование автоматизированных линий 137
- В. П. Репняков. К расчету распорных усилий в пакетах хлыстов, уложенных комлями в одну сторону 140
- Г. А. Борисов, В. Н. Земляченко. Определение очередности транспортного освоения лесных массивов 145

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

- А. А. Шужмов. Пути увеличения производительности труда в лесокультурном производстве 150
- А. Ф. Гаврилов. Об эффективности улучшения использования активной части основных фондов 154
- В. М. Кожин. О системе ценностных коэффициентов на круглые лесоматериалы 157

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

- И. И. Старченко. О выращивании ореха грецкого в смешанных культурах степной зоны Украины 160
- В. Н. Гнеев. Обоснование параметров расстановки рабочих органов рыхлителя для подготовки почвы вырубкам на горных склонах 162
- Э. С. Гусейнов. Мучнистая роса граба и бука в Азербайджане 164
- Н. И. Репина. Влияние способов хранения на посевные качества семян березы бородавчатой в северных районах Казахстана 165
- М. О. Гумба, В. И. Дашевский, В. А. Клейменов, И. А. Трунов. Авиационная транспортировка леса с помощью вертолета Ми-8 166
- В. В. Некрасов. О сольватации лигнина в растворах диоксана 168
- Е. Д. Гельфанд. Деметилирование гидролизного лигнина в твердой фазе газообразным хлором 170

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

- Б. Ф. Остапенко, Н. В. Ромашов. Новое пособие по таксации 172
- В. И. Гримальский. О кратком определителе вредителей леса 173

ЮБИЛЕИ

- И. С. Аверкиев, М. Д. Данилов, А. К. Денисов, В. Н. Смирнов, П. В. Алексеев, В. И. Пчелин, В. М. Грачев, А. В. Зорин, И. В. Мамаяев, М. М. Михайлов, П. А. Соколов, А. В. Попова. Славный юбилей. 174
- Поздравляем юбиляра 175

ПОРЯДОК ДЕПОНИРОВАНИЯ СТАТЕЙ

Деponирование статей осуществляет- ся по решению редакционной колла- ги журнала в соответствии с реко- мендацией рецензента. Статья направ- ляется на депонирование с согласия ее автора (авторов).

Деponированные статьи являются научными публикациями и учитывают- ся при защите диссертаций в полном объеме.

Для депонирования статьи в редак- цию должны быть представлены сле- дующие материалы:

- а) рукопись статьи (3 экз.);
- б) краткое содержание статьи (2 экз.);
- в) аннотация статьи (2 экз.).

При оформлении статьи следует соб- лудать следующие правила.

Статьи представляются в редакцию журнала в мягких папках, окончательно отработанные авторами и готовые для немедленного размножения спосо- бами беззаборной печати.

Текст рукописи печатается на ма- шинке с яркой черной лентой через полтора или два интервала на одной стороне стандартного листа бумаги формата 21×30 см на белой односор- той писчей бумаге.

Рукопись должна включать:

- а) титульный лист (4 экз.), б) ос- новной текст, в) иллюстрации (если они есть), г) приложения (если они есть), д) библиографию.

В рукописи все страницы (включая приложения) должны быть пронумеро- ваны (первой страницей считается ти- тульный лист, на ней цифра «1» не ставится, на следующей странице про- ставляется цифра «2» и т. д.). Поряд- ковый номер печатается на машинке в середине верхнего поля страницы.

Страницы рукописи должны иметь четыре поля; верхнее и оба боковых должны иметь по 25 мм, нижнее — 30 мм.

Рисунки (чертежи, схемы, графики) должны быть включены в текст, если же это нежелательно, их следует на- клеивать (можно по два-три рисунка) на отдельные листы бумаги и давать приложение. Надпись на приложении следует делать с лицевой стороны.

Текст и другие отпечатанные и опи- санные элементы рукописи по насы- щению должны быть черными, контуры букв и знаков — четкими, без ореола и расплывающейся краски.

Насыщенность букв и знаков дол- жна быть ровной в пределах строки, страницы и всей рукописи. Штриховые рисунки должны быть выполнены чер- ной тушью на белой бумаге или на кальке с голубым оттенком.

Тоновые фотографии следует выпол- нять на глянцевой фотобумаге, сдавать в отретушированном виде и только приложенным.

Формулы должны быть вписаны в текст тщательно и разборчиво обяза- тельно черными чернилами или тушью (не шариковой ручкой). Особенно четко в формулах должны быть обо- значены прописные и строчные буквы,

а также надстрочные индексы. Разме- ры знаков для формул рекомендуются следующие: прописные буквы и цифры 7—8 мм, строчные — 4 мм, показатели степени, индексы — не менее 2 мм.

Текст на иностранных языках может быть или напечатан или целиком напи- сан от руки (примесь частично напеча- танных на пишущей машинке отдель- ных букв или цифр не допускается).

Первый экземпляр рукописи, рисун- ки, фотографии должны быть без по- меток, карандашных и чернильных ис- правлений, пятен, трещин, загибов. На- бивки букв на букву, дорисовка букв чернилами не разрешается. Если допу- щена ошибка, слово должно быть пе- репечатано и вклеено.

Указанное в пункте «б» краткое со- держание статьи публикуется в жур- нале. При оформлении краткого содер- жания следует руководствоваться пра- вилами, принятыми для подготовки ру- кописей, издаваемых наборной печатью. Краткое содержание статьи присыла- ется в 2 экз. Объем не должен превы- шать 2 страниц машинописного текста, в отдельных случаях можно включать рисунок, таблицу, основные формулы и т. п.

Указанная в пункте «в» аннотация представляется в 2 экз., подписанная авторами (объем не более одной стра- ницы, напечатанной через два интерва- ла). Аннотация должно предшествовать библиографическое описание мате- риала статьи по следующему образцу:

УДК (указать).

Некоторые вопросы развития тепло- вых электрических станций. Ива- нов И. И. «Изв. вузов — Энергетика», 1972, № .

К статье должна быть приложена необходимая документация, подтвер- ждающая возможность ее открытого опубликования. Полный текст статьи направляется на депонирование в ВИНТИ.

В целях информации научных уч- реждений и отдельных лиц о посту- пивших на депонирование и размноже- ние рукописях работ по точным, есте- ственным и техническим наукам ВИНТИ выпускает систематический анноти- рованный каталог не реже одного раза в квартал.

В каталоге сообщается номер, под которым хранится рукопись в ВИНТИ, фамилия автора, название труда (руко- писи), наименование учреждения, пред- ставившего труд, объем и другие би- блиографические данные, а также крат- кая аннотация научной работы.

Заказы на изготовление копий с де- понированных рукописей по точным, естественным и техническим наукам направляются в Отдел справочной ин- формации ВИНТИ, Москва, А-219, Балтийская ул., 14. Заказы отдельных лиц выполняются после предваритель- ной оплаты стоимости заказа почтовым переводом или наличными деньгами в комбинате (г. Люберцы, Московской обл., Октябрьский просп., 403).

Срок выполнения заказов — 15 дней.

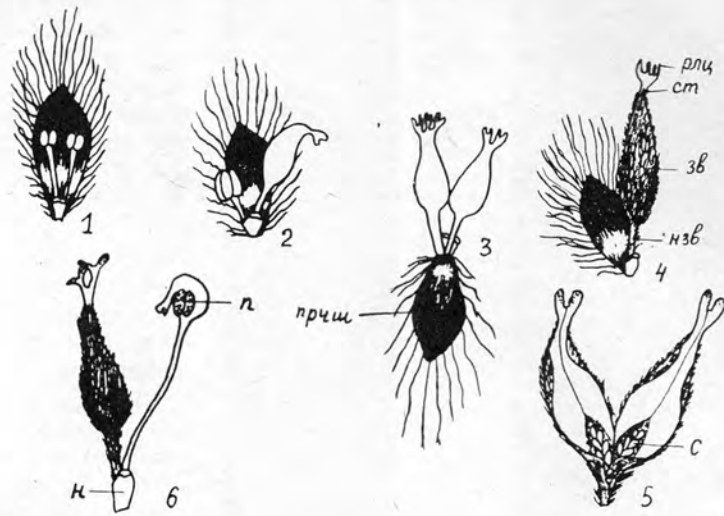


Рис. 1. Цветки одной двуполой сережки *Salix subaurita* × *cinerea*.

1 — мужской цветок; 2 — обоеполюй цветок; 3 — цветок с апокарпным гинецеем, разделенными в верхней части столбиками и 2-лопастными рыльцами; 4 — нормальный женский цветок; 5 — развернутая завязь того же цветка с 12 анатропными семязпочками; 6 — аномальный обоеполюй цветок; зв — завязь, нзв — ножка завязи, ст — столбик, рлц — рыльце; с — семязпочки, прчш — прицветная чешуйка, п — пыльник, н — адаксиальный нектарник.

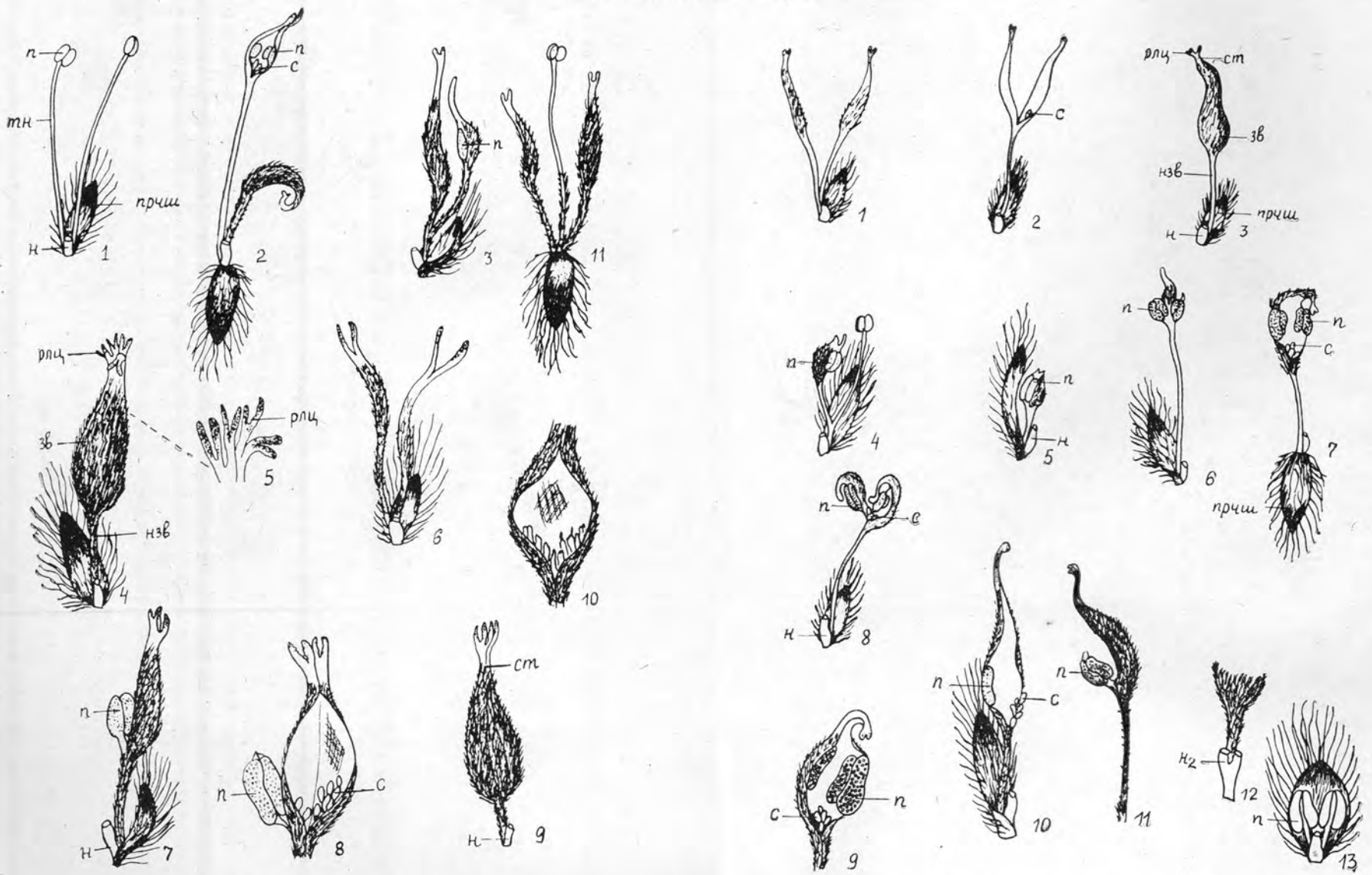


Рис. 2. Цветки из гермафродитных сережек *Salix* × *aurita* × *cinerea* Wim.

1 — нормальный мужской цветок; 2, 3 — аномальные обоеполюе цветки; 4 — женский цветок с 8-лопастным рыльцем; 5 — то же 8-лопастное рыльце сильно увеличено; 6 — аномальный женский двупестичный цветок; 7 — обоеполюй цветок с фертильной завязью и пыльником (п); 8 — тот же цветок с развернутой завязью; 9 — нормальный женский цветок; 10 — завязь женского цветка с бесплодными семязпочками (пролиферация); 11 — тычиночная нить. Остальные обозначения те же, что и на рис. 1.

Рис. 3. Цветки из смешанных сережек *Salix aurita* L.

1 — женский цветок с апокарпным гинецеем; 2 — аномальный женский цветок; 3 — нормальный женский цветок; 4—11 — аномальные обоеполюе цветки с различным сочетанием в них элементов мужского и женского пола; 12 — часть женского цветка с двулопастным нектарником (н₂); 13 — мужской цветок с фертильным пыльником. Остальные обозначения те же, что и на рис. 1.

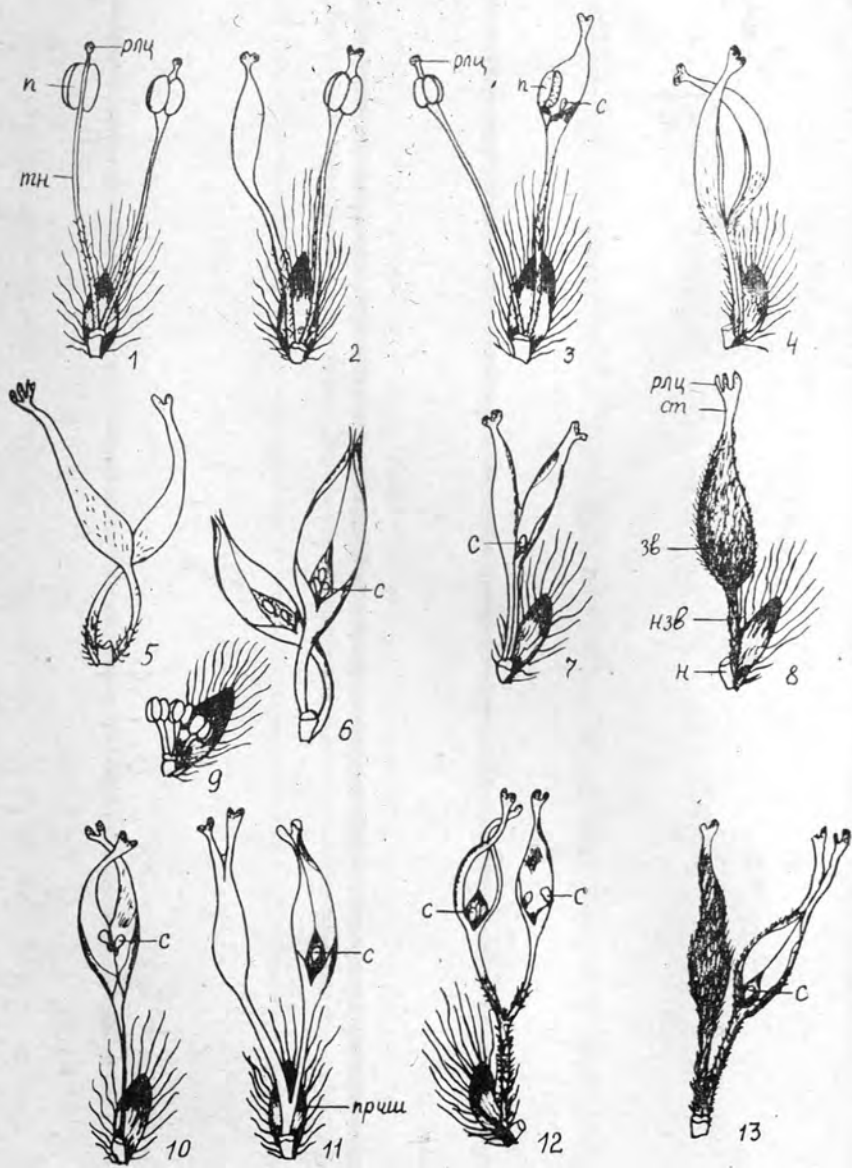


Рис. 4. Цветки из андрогиничных и монстрозных сережек *Salix cinerea* L.

1—8—последовательные этапы замещения мужского пола женским и формирование пестика на примере одной андрогиничной сережки; 9—мужской 3-тычиночный цветок из этой же сережки; 10—13—монстрозные женские цветки из одной и той же сережки.

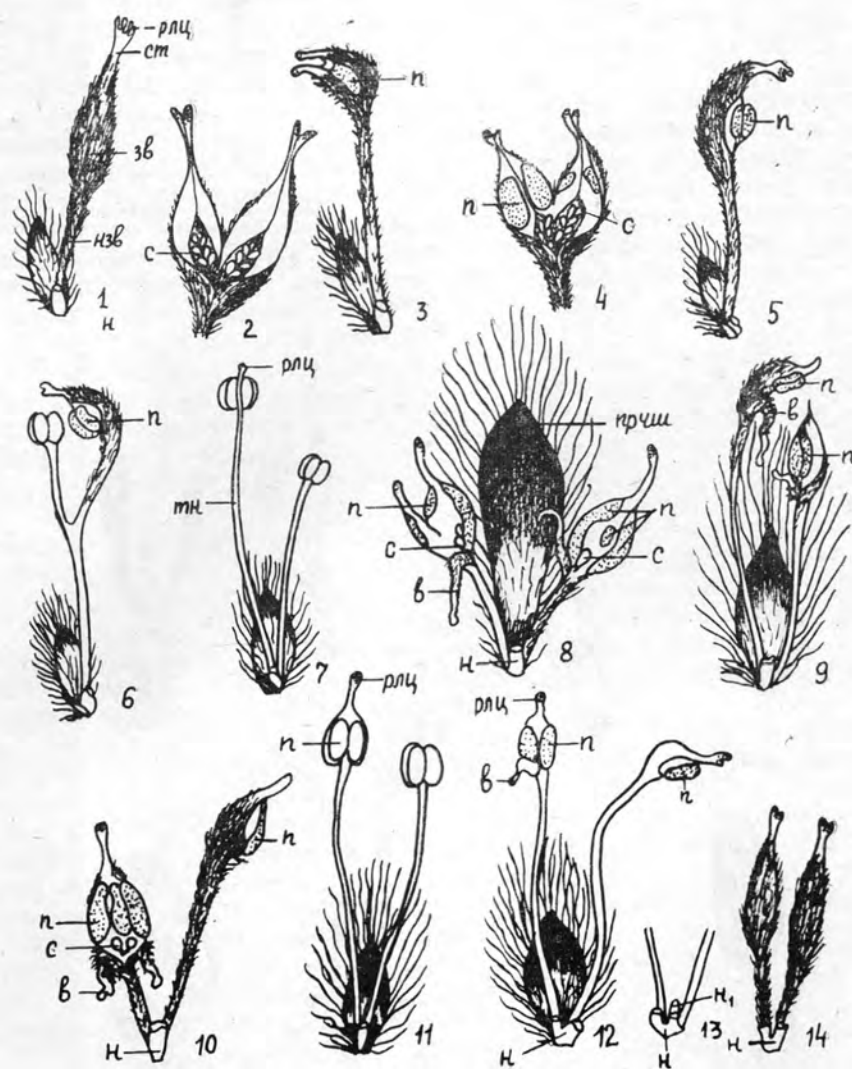


Рис. 5. Мужские, женские и аномальные обоеполюе цветки *Salix caprea* L. (8—14) и ее гибрида *S. caprea* × *grandifolia* A. Kern. (1—7).

1—нормальный женский цветок; 2—завязь того же цветка в развернутом виде с 12 семечками (с) на паритальных плацентах; 3—6—аномальные обоеполюе цветки; 7—мужской цветок; 8—10—аномальные обоеполюе цветки с гнездами пыльников (п), зачатками семечек (с) и листоподобными выростами (в) в основаниях «тычинокопестичных» завязей; 11, 12—функционально мужские цветки с зачатками элементов женского пола—головчатыми рыльцами (рлц); 13—часть мужского цветка с двулопастным адаксиальным (н) и маленьким абаксиальным (н₁) нектарниками; 14—женский цветок с апокарпным гнездем. Остальные обозначения те же, что и на рис. 1.

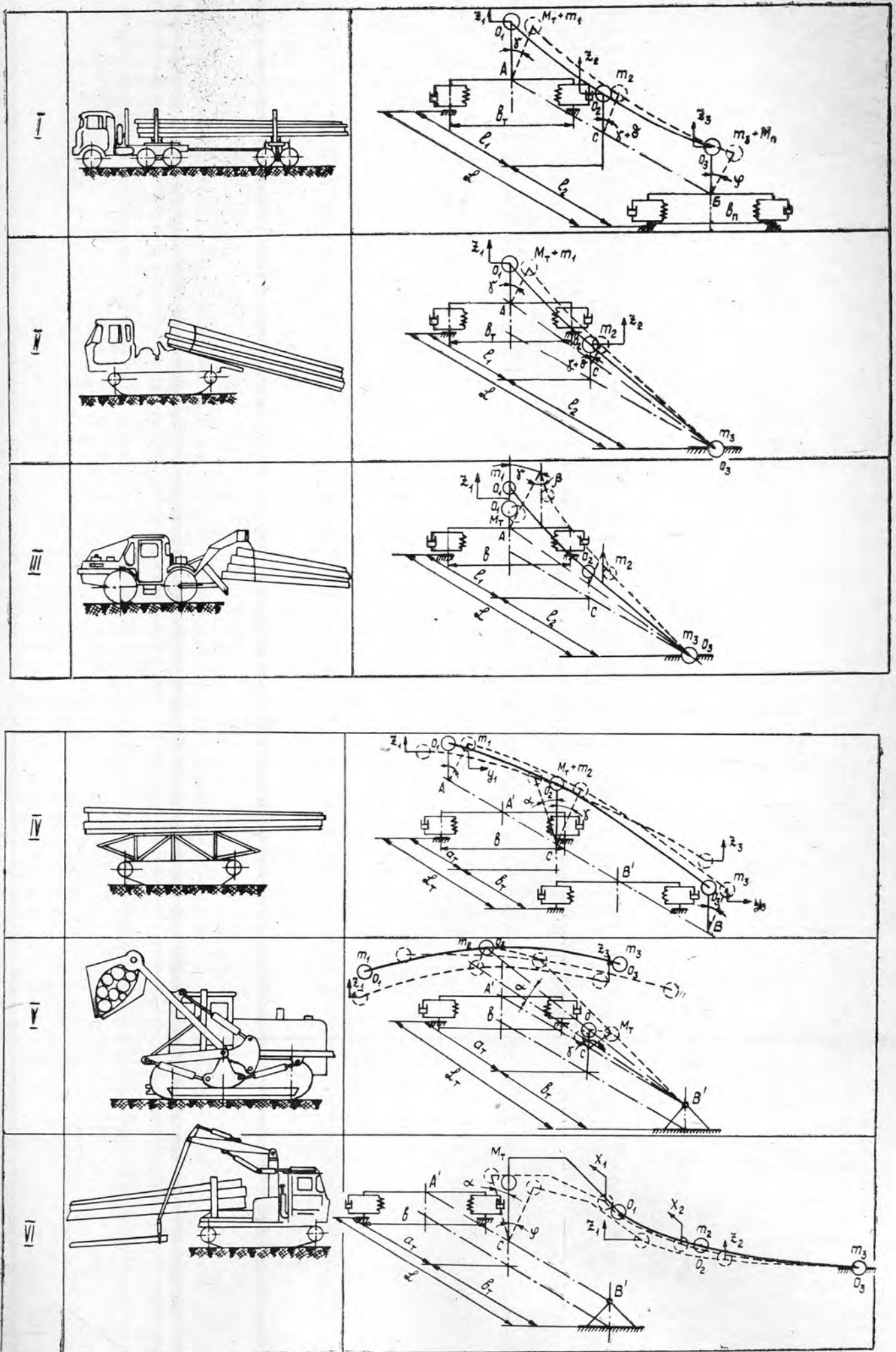


Рис. 1.

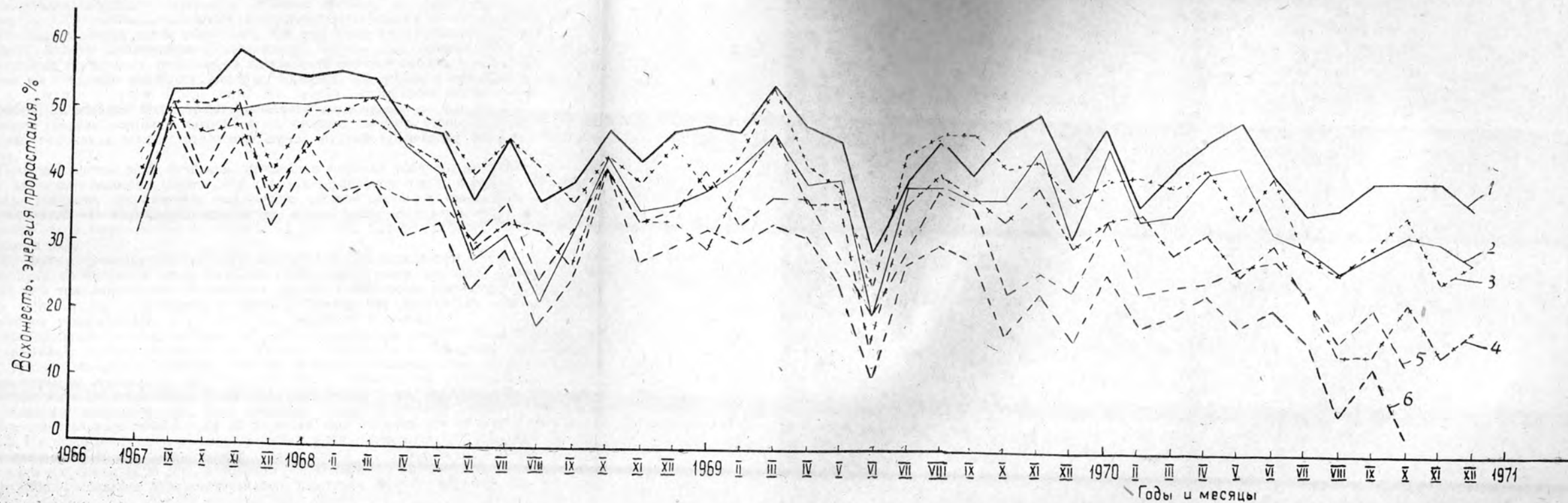


Рис. 1.

МИНИСТЕРСТВО
ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
СССР

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ



ЛЕСНОЙ
ЖУРНАЛ



Цена 1 руб.

**Подписывайтесь
на журнал на 1973 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».