

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО НАРОДНОМУ ОБРАЗОВАНИЮ

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ
ЗАВЕДЕНИЙ

Лесной журнал

6

1988

АРХАНГЕЛЬСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. В. В. КУЙБЫШЕВА

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Акад. ВАСХНИЛ И. С. Мелехов (гл. редактор), проф. Е. С. Романов (зам. гл. редактора), проф. С. И. Морозов (зам. гл. редактора), проф. Н. М. Белая, доц. Е. М. Боровиков, проф. Ю. Г. Бутко, доц. П. И. Войчалъ, проф. И. Н. Гусев, проф. Ю. Я. Дмитриев, доц. Г. Л. Дранишников, проф. Р. Е. Калигеевский, проф. В. Г. Кочегаров, проф. Э. Д. Левин, проф. Н. В. Маковский, доц. Н. В. Никитин, проф. А. Р. Родин, проф. П. С. Серговский, проф. Ю. Д. Силуков, проф. Н. И. Федоров, проф. В. В. Щелкунов.

Ответственный секретарь А. И. Кольцова.

«Лесной журнал» публикует научные статьи по всем отраслям лесного дела, сообщения о внедрении законченных исследований в производство, о передовом опыте в лесном хозяйстве и лесной промышленности, информации о научной жизни высших учебных заведений. Предназначается для научных работников, аспирантов, инженеров лесного хозяйства и лесной промышленности, преподавателей вузов и техникумов, студентов старших курсов лесотехнических институтов. Журнал издается с 1957 года. Выходит 6 раз в год.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 6

Ст. редактор Н. П. Бойкова. Редактор З. Ф. Кекшшева. Корректор Л. Л. Аксенова.

Сдано в набор 08.09.88. Подписано в печать 24.11.88. Сл. 00193.
Форм. бум. 70 × 108^{1/8}. Гарнитура литературная. Печать высокая.
Усл. печ. л. 13,075. Уч.-изд. л. 15,42. Тираж 1 620 экз. Заказ 5961. Цена 1 р. 40 к.
Архангельский ордена Трудового Красного Знамени лесотехнический институт
им. В. В. Куйбышева.

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

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

НОВЫЕ ПЛАНЫ, НОВЫЕ НАДЕЖДЫ

27—28 октября 1988 года в Москве состоялась сессия Верховного Совета СССР. На ней обсуждены проекты Государственного плана экономического и социального развития СССР и Государственного бюджета СССР на 1989 год и приняты соответствующие законы. Страна вступает в четвертый год двенадцатой пятилетки.

Еще на стадии обсуждения проекта плана в Совете Министров СССР было подчеркнуто, что от того, как будет сформирован, а затем выполнен план 1989 года, будет зависеть судьба не только пятилетки, но и всей экономической реформы. Как никогда прежде взыскательной, требовательной и, будем надеяться, плодотворной была работа постоянных депутатских комиссий палат Верховного Совета.

Специфическая особенность 1989 года состоит в том, что в нем предстоит завершить переход всех отраслей народного хозяйства на полный хозрасчет и самофинансирование. Должно быть резко расширено применение арендного подряда. Возрастет вклад кооперативов и лиц, занимающихся индивидуальной трудовой деятельностью. «...В 1989 году экономика страны будет характеризоваться совершенно новыми чертами», — отмечено в докладе председателя Госплана СССР Ю. Д. Маслюкова. Уходящий 1988 год показал, что сделать это будет непросто. Потребуется огромные усилия. Но сделать это необходимо.

Активизация всей общественной и политической жизни и особенно XIX Всесоюзная партконференция показали безотлагательную необходимость не на словах, а на деле поставить в центр внимания повышение благосостояния советского народа. «Социальная переориентация экономики — главная особенность пропорций плана на 1989 год», «Повышение уровня жизни народа», — так названы основные разделы доклада председателя Госплана. Намечено невиданное для нашей экономики опережающее развитие группы «Б» промышленности: если в целом за три первых года пятилетки это опережение составит всего 1,1 раза, то по плану на 1989 год — 2,3 раза. Темп накопления в непроектируемых основных фондах будет выше, чем в производственных. Доля средств, направляемых на потребление и социально-культурное строительство, возрастет до 81,6 %, что на 3 с лишним пункта выше, чем намечалось на 1989 год пятилетним планом. Такое превышение предусмотрено практически по всем показателям социального развития: росту средней заработной платы, общественных фондов потребления, розничного товарооборота, объема платных услуг населению и др. Среди этих мероприятий — повышение ставок и окладов профессорско-преподавательского состава вузов. Как «главные приоритеты на 1989 год» выделены продовольственная проблема, производство товаров для населения и развитие сферы услуг.

В докладе Ю. Д. Маслюкова отмечено, что задачи эти — не на один год и что они не решаются простым перераспределением ресурсов в пользу социальных нужд, а требуют динамического сбалансированного развития всей экономики, повышения ее эффективности.

При общем приросте продукции промышленности на 4 %, по топливно-сырьевым отраслям прирост намечен на 2,3, а по обрабатывающим на 4,5 %. Вывозка деловой древесины запланирована в объеме 294,6 млн м³, т. е. на 1,1 % больше 1988 года; производство бумаги 6617,3 тыс. т (прирост 0,7 %). Выпуск бумаги принят на 255 тыс. т

меньше, чем по пятилетнему плану. В докладе отмечено, что Минлеспрому СССР было запрещено использовать мощности по производству 231 тыс. т целлюлозы и 32 тыс. т бумаги на предприятиях, наносящих вред окружающей среде.

Вызывает озабоченность медленное повышение эффективности производства. В 1988 году более половины предприятий промышленности и ряд других отраслей работали в условиях полного хозрасчета. Однако убытки составили 11 млрд р. В докладе на сессии министра финансов СССР Б. И. Гостева отмечено, что от повышения эффективности хозяйствования будет получено только 10 млрд р. вместо ожидаемых 25 млрд р. Одна из причин — все еще недостаточные темпы научно-технического прогресса, продолжающаяся задолженность науки перед производством по разработке и внедрению новой техники, технологии и т. д.

Ассигнования на науку запланировано увеличить на 20 % по сравнению с 1988 годом. Комментируя этот положительный факт, а также увеличение на 30 % капитальных вложений на развитие народного образования и культуры, депутат Верховного Совета СССР ректор МГУ акад. А. А. Логунов подчеркнул, что дело не исчерпывается денежной стороной. Так, развитие фундаментальной, да и любой другой науки всерьез сдерживается затянувшимся отставанием отечественной промышленности приборостроения и вычислительной техники. А. А. Логунов отметил также, что в вузах весьма трудное положение с жильем для преподавателей и сотрудников, разрешить которое вряд ли сможет Госкомитет по народному образованию.

Добавим, что трудно рассчитывать в этом вопросе и на элементы хозрасчета в вузах. Сомнительно, чтобы принцип зарабатывания средств на социальные нужды был распространен и на высшую школу. Возможно, эта и другие не совсем ясные проблемы решения в проекте Концепции экономического и социального развития СССР на период до 2005 года, о которой неоднократно упомянуто в докладе Ю. Д. Маслякова. Однако проект не опубликован и неясность остается.

В целом план и бюджет на 1989 год, принятые Верховным Советом СССР, вселяют оптимизм. В них вызывают согласие и поддержку как цели, так и пути их реализации.

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 630*627 + 630*907.1

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ХОЗЯЙСТВА
В ЗАПОВЕДНЫХ ЛЕСАХ УКРАИНСКИХ КАРПАТ

Е. И. ЦУРИК

Львовский лесотехнический институт

Основами лесного законодательства Союза ССР и союзных республик определены общие задачи, принципы и правовые положения организации и ведения хозяйства в лесных массивах, включая и территориально обособленные заповедные комплексы (заповедники, национальные и природные парки, заказники, леса научного или исторического значения, памятники природы), а также другие леса I группы специального назначения (курортные и городские леса, лесопарки, зеленые зоны, приполонинные или субальпийские леса, особо защитные участки).

Природоохранный статус заповедных и специальных лесов предполагает необходимость дифференцированной организации рациональных лесоводственно-технических форм и режимов ведения хозяйства. Наряду с решением производственно-целевых задач, такая организация ведения хозяйства должна быть направлена на постоянное сохранение природных условий функционирования лесных экосистем, восстановление и стабилизацию структуры и динамики компонентов коренных биогеоценозов, улучшение выполняемых ими особо ценных функций.

Установление рациональных режимов ведения хозяйства чрезвычайно необходимо в заповедных лесных комплексах Украинских Карпат, где специально охраняемые территории были выделены без достаточного обоснования их размера, представительности выборки и типичности биогеоценозов, характерных для данных региональных климатических, эдафических и других экологических условий. Кроме того, Карпатский государственный заповедник, все заказники и памятники природы были созданы без выделения буферной зоны необходимой емкости, а Карпатский государственный природный национальный парк организован в местах интенсивного хозяйственного воздействия на растительный покров в недалеком прошлом.

Так, по данным С. М. Стойко и др. [5], на коренные биогеоценозы в лесном покрове Черногорского заповедного массива приходится лишь 31,7 %, в том числе на условно коренные — 12,9 % площади; производные растительные сообщества занимают соответственно более 2/3 (68,3 %), из них временно производные — 57,2 %. В интерпретации указанных исследователей, «условно коренные сообщества представляют собой устойчивые стадии развития нарушенного человеком растительного покрова, близкого к природному», а временно производные — такие, «которые в процессе естественного формирования могут трансформироваться непосредственно в коренные» [5, с. 123]. Как производные, так и условно коренные фитоценозы находятся на разных этапах или стадиях процесса дигрессивно-демутационных сукцессий или смен, динамика и скорость которых зависит от типа коренной растительности, экологических условий местопрорастания, интенсивности и продолжительности антропогенного воздействия в прошлом.

Естественно, что в таких условиях целесообразно и возможно проведение необходимых мероприятий по восстановлению коренного биогео-

ценотического покрова на данных заповедных территориях. В комплекс таких активных мер содействия могут входить работы по лесовосстановлению, проведению санитарно-оздоровительных рубок, а в рекреационной зоне парка — и ландшафтных рубок ухода за насаждениями, способствующих сохранению или созданию вновь эстетически ценных лесов. В частности, для стабилизации, а затем и поднятия верхней границы еловых лесов, сниженной в среднем на 100...200 м по вертикали в результате вырубки и выжигания лесов в прошлом при расширении пастбищ, наряду с урегулированием норм и правил пастбы скота на полонинах, необходимо проведение лесокультурных мероприятий.

Наши детальные исследования почв, эколого-фитоценотической структуры и динамики растительных сообществ на профиле-трансекте, заложенном в 1976 г. на остроге горы Пожижевская в Карпатах, показали, что «несмотря на ...качественные изменения эдафических условий, возникшие в результате дигрессивной сукцессии растительности, процесс демутиации елового леса остается возможным, особенно при проведении мероприятий по содействию лесовосстановлению. Агрохимические свойства и естественное плодородие дерново-буроземных горных почв вполне пригодны для восстановления и эффективного выращивания еловых лесов» [6, с. 120].

Лесовосстановление содействием естественному возобновлению или непосредственная посадка семян и саженцев ели местного высокогорного экотипа и сопутствующих ей кустарниковых пород на вторичных полонинах, а также на склонах лавинных «прочесов» и вокруг них, безусловно, способствовали бы усилению гидрологической, противоэрозийной, природоохранной и других защитных функций горных лесов.

Особый режим организации и ведения лесного хозяйства, устанавливаемый в заповедных комплексах, должен способствовать максимальному сохранению естественной среды, состояния и функционирования коренных биогеоценозов как природных эталонов регионального естественного исторического процесса формирования и развития в направлении узловых или климаксных сообществ [2, с. 340—345], своеобразных «кладовых» сохранения генетического фонда растений и животных, уникальных живописных природных ландшафтов. Этот режим должен содействовать успешному размножению и сбережению местных, реликтовых и редких представителей растительного и животного мира, важных и ценных в научном и познавательном отношении. Считается, что при таком классическом направлении организации охраны природных экосистем обеспечивается наилучшее выполнение растительным покровом различных природоохранных и защитно-стабилизирующих функций [1].

Наличие в растительном покрове заповедных комплексов производных фитоценозов, несомненно, снижает уникальность, биологическую и экологическую устойчивость природных экосистем. Именно поэтому все намечаемые активные хозяйственные мероприятия должны быть направлены на восстановление коренного биогеоценотического покрова, на обеспечение надлежащего санитарного состояния лесных насаждений, на выполнение ими наиболее полно и эффективно функций, определяющих статус и целевое назначение заповедных объектов.

Проведение профилактических предупредительных мероприятий и обеспечение необходимой охраны лесов на территории заповедных комплексов от пожаров и лесонарушений, а также защита их от вредителей и болезней достаточно успешно осуществляются обычными организационными методами, проектируемыми лесоустройством. Служба лесной охраны постоянно ведет надзор и контроль за соблюдением правил заповедного режима, санитарного минимума и требований противопожарной безопасности, а также других правил, рекомендаций и на-

ставлений, регламентирующих порядок лесных пользований и иных действий в заповедных лесах.

К числу важных работ, осуществляемых на территории заповедных объектов, относятся научные наблюдения и исследования естественных экосистем и условий функционирования биогеоценозов. Кроме фенологических наблюдений, регистрации различных посезонных явлений и изменений в природе, предусмотренных ведением «Летописи природы», в настоящее время на территории заповедных комплексов предусматривается создать сеть специальных опытных участков для непрерывных наблюдений по системе экологического мониторинга [3].

При организации исследований по программе мониторинга на территории заповедных объектов должна создаваться его фоновая часть — подсистема сети наблюдательных пунктов (полигонов, профилей, трансект, пробных площадей), размещенных в коренных биогеоценозах в количестве, достаточном для получения контрольных тестов и создания банка нормативных данных о структуре и динамике их функционирования. Эти фоновые тесты и нормативы необходимы для сопоставления с показателями и характеристиками производных биогеоценозов, измененных и изменяющихся в производственных условиях под хозяйственным воздействием.

При обосновании и организации структуры сети для экологического мониторинга в лесных экосистемах важно осуществить выбор таких методов таксации древостоев на наблюдательных пунктах, которые обеспечивали бы достаточную степень представительности биогеоценозов в выборочной совокупности, типичность производимых обмеров, высокое качество и информативность получаемых результатов, возможность оценки их точности и достоверности. Достижение таких целей в наибольшей мере обеспечивается выборочно-статистическими методами лесной таксации. При достаточном числе выборочных единиц, заложенных по случайному или систематическому способу, возможно в принципе обеспечить любую степень представительности выборочной совокупности при необходимом уровне точности и достоверности. Как известно, ошибки средних статистических показателей выборки обратно пропорциональны корню квадратному из числа произведенных обмеров.

Из различных модификаций выборочно-статистических методов для целей непрерывной таксации лесов по программе экологического мониторинга в местах наблюдений можно использовать вариант объективной многоступенчатой стратифицированной выборки со случайным гнездовым размещением учетных объектов (площадок) для проведения обмеров [4]. В основу же выделения однородных страт можно положить различия в экологических условиях местопрорастания, изменчивость состава, возрастной и таксационной структуры, динамики и качественного состояния древостоев. Исходной информацией для выделения страт и разработки плана исследований по такому выборочно-статистическому методу должны служить материалы уже проведенных экспедиционных обследований (лесоустроительных, почвенно-лесотипологических, геоботанических и др.), а также сведения из литературы, научных отчетов и других работ. Оптимальный размер опытных участков (учетных площадок) для ведения непрерывной таксации древостоев по программе экологического мониторинга следует, очевидно, принять равным минимальной площади выявления лесного фитоценоза, а по форме — в виде круга, обеспечивающего при измерениях наименьший краевой эффект. Число необходимых опытных участков следует определять по известным в выборочно-статистической таксации формулам [4].

Выбор основных лесоводственно-технических форм и установление определенных режимов ведения хозяйства в заповедных лесах должны быть дифференцированы с учетом тех функций, которые, кроме уникаль-

ности, они выполняют на данной территории. В заповедной хозяйственной части и на особо защитных участках других лесов I группы, исключаемых из главного пользования, формы хозяйства по товарности вообще не устанавливаются. Уникальность заповедных экосистем и лучшее проявление защитно-стабилизирующих, природоохранных, эстетических и других полезных свойств лесов в растущем состоянии наиболее полно обеспечиваются высокоствольными древостоями семенного происхождения.

В рекреационной зоне природного национального парка (как и в местах курортов, зон отдыха, туристических маршрутов и в других лесах I группы) при проведении ландшафтных рубок ухода и санитарных рубок необходимо стремиться к усилению устойчивости насаждений против нежелательных стихийных и антропогенных воздействий, улучшению их эстетической привлекательности и санитарно-гигиенической ценности. Формирование живописных пейзажей и ландшафтов должно включать выращивание в лесах этой зоны древесно-кустарниковых пород, биологически устойчивых против пыли, дыма, газов, уплотнения и ухудшения аэрации почв. Они должны иметь улучшенные декоративно-эстетические свойства, максимально проявляющиеся в течение года. Эти мероприятия имеют особенное значение в формировании красивых пейзажей, хорошо просматриваемых в перспективе из так называемых «видовых точек».

На открытых лужайках целесообразно высаживать цветущие кустарники с продолжительным периодом цветения, а в насаждениях оставлять и охранять ценные в эстетическом отношении деревья и их группы. Формирование таких чередующихся групп деревьев в сочетании с живописными полянами, создающими игру цвета, света и тени, является одной из задач ландшафтных рубок ухода за лесом и декоративного озеленения, определяет своеобразную технику их выполнения.

В лесах рекреационной зоны большое внимание должно уделяться благоустройству территории: созданию дорожной и тропиной сети, установке в «видовых точках» павильонов, беседок и скамеек для отдыха, проведению других лесохозяйственных и организационных мероприятий. Все мероприятия по организации территории лесов рекреационной зоны и их благоустройству должно разрабатывать лесоустройство.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Лес и охрана природы / Под ред. С. Г. Синицына.— М.: Лесн. пром-сть, 1980.— 288 с. [2]. Одум Ю. Основы экологии.— М.: Мир, 1975.— 740 с. [3]. Опыт и методы экологического мониторинга: Матер. Всесоюз. совещания.— Пушкино: Науч. центр биологических исследований АН СССР, 1978.— 265 с. [4]. Федосимов А. Н., Анисочкин В. Г. Выборочная таксация леса.— М.: Лесн. пром-сть, 1979.— 172 с. [5]. Флора і рослинність Карпатського заповідника / Під ред. С. М. Стойко.— Київ: Наукова думка, 1982.— 220 с. [6]. Цурик Е. И. Дигрессивно-демутационные изменения в почвах ельников и вторичных полонин у верхней границы леса в Карпатах // Почвоведение.— 1986.— № 9.— С. 112—121.

Поступила 14 сентября 1987 г.

УДК 630*564

МОДЕЛИРОВАНИЕ РОСТА И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРОПИЧЕСКИХ СОСНЯКОВ (*Pinus kesiya*)

НГУЕН НГОК ЛУНГ

Ленинградская лесотехническая академия

В настоящее время моделирование древостоев, необходимое для прогнозирования общей производительности и выхода сортиментов, проводится по двум направлениям:

1) аппроксимация хода роста отдельных деревьев и древостоев, на основе которой запроектированы модели производительности древостоев и получены показатели прироста и урожая (Корсуль, 1935, 1967, Томазус, 1964, Рават и Франц [6], Свалов [2]);

2) моделирование конкретных показателей $Z_M, P_M, i_0, N/\text{га}$ или выхода сортиментов в зависимости от измеряемых факторов (Венк, 1973, Мосер, 1974, Клуттер, 1974, Бутенасс [1], Рубцов и Уконь, 1980, Тябера [3], 1983, Яновский и Мойсеев, 1983, Мошкалев и Давыдов, 1983, Венгер, 1984, Данилин, 1986).

Тропические сосняки *Pinus kesiya* характеризуются высокими темпами роста, даже в начальной стадии развития. Поэтому при аппроксимации закономерности их роста выбранные нами функции должны не только отвечать требованиям точности, гибкости и универсальности, но и исходить из начала координат. Высокой вероятностью доверия и согласия между теоретическими и наблюдаемыми значениями $P_{Y^2} \geq 0,99$ для всех видов роста $D, H, G, V = f(T)$ характеризуются следующие показательные функции:

функция Шумахера (1939) вида:

$$Y = a e^{-b/T^m};$$

функция Корфа (1973) вида:

$$Y = m e^{-aT^{-b}};$$

группа функций Дракина (1940), Хагглунда (1973), Ричардса Равата и Франца (1974) видов:

$$Y = a(1 - e^{-kT})^m; \quad Y - Y_0 = a(1 - e^{-kT})^{1-m};$$

$$Y = a(1 - b e^{-kT})^{1/m - m}.$$

Функция Шумахера достаточно изучена и в лесной таксации характеризуется следующей моделью:

$$Y = a e^{-bT^{-m}}, \quad (1)$$

где Y — таксационные показатели роста: диаметра (D), объема (V), высоты (H);

T — переменная: время, лет;

a, b, m — параметры: a — максимальное значение (Y_{max}); b — коэффициент, имитирующий темп роста; m — биологическая характеристика типа роста.

Область определения $T \in (0, +\infty)$, $Y \in (0, +a)$ при $m > 0$, Y не определяется, когда $T = 0$; но при $T \rightarrow +0$ $Y \rightarrow 0$.

Горизонтальная асимптота $Y_{max} = a$ при $T \rightarrow +\infty$.

Функцией текущего прироста является производная первой степени

$$Z_Y = Y' = mabT^{-m-1} e^{-bT^{-m}}. \quad (2)$$

Точку перегиба (T_1) находят при $Y'' = 0$,

где

$$Y'' = mbT^{-m} mabT^{m-2} e^{-bT^{-m}}; \quad (3)$$

$$T_1 = \left(\frac{mb}{m+1} \right)^{1/m}; \quad (4)$$

$$Y_1 = a e^{-\frac{m+1}{m}}. \quad (5)$$

Максимальный текущий прирост определяют в момент времени T_1 по формуле (4)

$$Z_{Y_{max}} = a(mb)^{-1/m} \left(\frac{e}{m+1} \right)^{-\frac{m+1}{m}}. \quad (6)$$

Функция среднего прироста и ее производная первой степени

$$\Delta_Y = \frac{Y}{T} = \frac{ae^{-bT^{-m}}}{T}; \quad (7)$$

$$\Delta'_Y = \frac{ae^{-bT^{-m}}}{T^2} (mbT^{-m} - 1). \quad (8)$$

Возраст количественной спелости (T_2) достигается при $\Delta'_Y = 0$, $\Delta Y = \max$

$$T_2 = (mb)^{1/m}; \quad (9)$$

$$\Delta_{Y_{max}} = \frac{a}{(mbe)^{1/m}}. \quad (10)$$

Функция относительного текущего прироста

$$P_Y = \frac{Y'}{Y} = \frac{mb}{T^{m+1}} = mbT^{-m-1}. \quad (11)$$

Вертикальная асимптота функции P_Y : при $T \rightarrow +0$, $P_Y = +\infty$ (ось ординат).

Горизонтальная асимптота функции P_Y : при $T \rightarrow +\infty$, $P_Y = 0$ (ось абсцисс).

Функцию роста площади сечения G можно вычислить через функцию (1) при $D = ae^{-bT^{-m}}$. Зная $G = \frac{1}{10^4} \frac{\pi D^2}{4}$, получим:

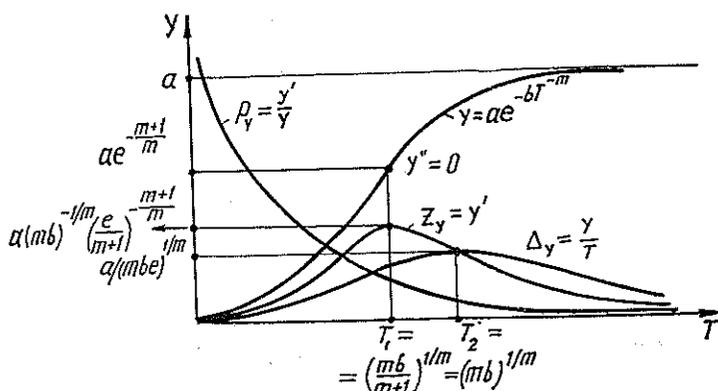
$$G = \frac{\pi a^2 e^{-2bT^{-m}}}{4 \cdot 10^4}. \quad (12)$$

Рост ствола по диаметру

Возраст T , лет	$Y = D$, см (1)	Z_D , см (2)	Δ_D , см (7)	P_D (11)	G , м ² (12)
1	0,02	0,13	0,02	4,5318	0,0000
2	0,39	0,60	0,19	1,5423	0,00010
3	1,20	0,99	0,40	0,8210	0,00010
4	2,32	1,21	0,58	0,5248	0,0004
5	3,60	1,33	0,72	0,3709	0,0010
6	4,97	1,39	0,82	0,2794	0,0019
7	6,37	1,40	0,91	0,2198	0,0032
8	7,77	1,38	0,97	0,1786	0,0047
9	9,15	1,36	1,01	0,1487	0,0066
10	10,49	1,32	1,04	0,1262	0,0086
11	11,79	1,28	1,07	0,1088	0,0109
12	13,06	1,24	1,08	0,0950	0,0134
13	14,28	1,19	1,09	0,0839	0,0160
14	15,46	1,15	1,10	0,0748	0,0188
15	16,59	1,11	1,10	0,0672	0,0216
16	17,69	1,07	1,10	0,0607	0,0246
17	18,74	1,03	1,10	0,0553	0,0276
18	19,76	1,00	1,09	0,0506	0,0307
19	20,75	0,96	1,09	0,0465	0,0338
20	21,69	0,93	1,08	0,0429	0,0370
40	35,58	0,52	0,88	0,0146	0,0994

Для примера приводим аппроксимированную нами функцию роста (1) по диаметру на основе анализа ствола со статистиками: $r = 0,99945$; $S^2_{y/x} = 0,000687$; $\chi^2 = 0,162$; $P_{\chi^2, \nu} > 0,99$; а также с тремя параметрами (т. е. входами): $m = 0,555$; $a = 102,0831$; $b = 8,165416$. Результаты вычисления по указанной схеме даны в таблице. В ней приведены ряды: роста диаметра по каждому возрасту (1); текущего прироста (2); среднего прироста по каждому возрасту (7); относительного текущего прироста (11); роста площади сечения ствола (12).

Точка перегиба (4) $T_1 = 6,78$ лет; диаметр в момент T_1 (5) $D_1 = 6,1965$ см; максимальный текущий прирост в момент T_1 (6) $Z_{D_{max}} = 1,4024$ см/год; возраст количественной спелости (9) $T_2 = 15,22$ года; максимальный средний прирост в момент T_2 (10) $\Delta_{D_{max}} = 1,1065$ см/год.



Исследование функции роста Шумахера с точки зрения лесной таксации

На рисунке дана информация, полученная на основе функции роста Шумахера. Отмечено, что закономерность роста, выражающаяся этой функцией (модель с тремя входами), позволяет получить аналитическим способом все необходимые таксационные показатели.

Указанную функцию можно использовать в сочетании с законом изменения числа деревьев ($N/\text{га}$) составляемой части нормальных древостоев *Pinus kesiya* по Нгуен Нгок Лунгу (1986)

$$N/\text{га} = \frac{10^4}{3,03 + \beta_i T}, \quad (13)$$

где 3,03 — постоянная, гарантирующая начальную плотность 3 300 шт./га;
 T — возраст, лет;
 β_i — параметр, который зависит от классов бонитета при $i = I, II, III, IV$.

Модель для прогнозирования производительности тропических сосняков получают умножением функции роста по объему среднего дерева

$$V = a e^{-bT^{-m}} \quad (14)$$

на число деревьев нормальных древостоев (13). Предложенная нами модель будет иметь следующий вид:

$$M/\text{га} = \frac{10^4 a e^{-bT^{-m}}}{3,03 + \beta T}. \quad (15)$$

На основе (15) аналогичным способом можно выполнить изложенный анализ роста древостоев. При этом используются следующие четыре функции:

запаса $M/\text{га}$ (15);
текущего прироста

$$Z_M = M' = 10^4 a e^{-bT^m} \frac{mbT^{m-1}(3,03 + \beta T) - \beta}{(3,03 + \beta T)^2}; \quad (16)$$

среднего прироста

$$\Delta M = \frac{M}{T} = \frac{10^4 a e^{-bT^m}}{3,03T + \beta T^2}; \quad (17)$$

относительного прироста

$$Z_M, \% = P_M = \frac{M'}{M} = mbT^{m-1} - \frac{\beta}{3,03 + \beta T}. \quad (18)$$

Опыты использования функции роста Шумахера и аналогичных функций с параметрами a , b , m позволяют сделать следующие выводы.

1. Точность аппроксимации хода роста (функцией Шумахера) можно достоверно оценить, а также контролировать с помощью совместных критериев:

коэффициента корреляции

$$r = \sqrt{\frac{\Sigma(\hat{Y} - \bar{Y})^2}{\Sigma(Y - \bar{Y})^2}} = [\text{max};] \quad (19)$$

стандартной ошибки регрессии

$$S_{Y/X} = \sqrt{\frac{\Sigma(Y - \hat{Y})^2}{N - k - 1}} = \text{min}; \quad (20)$$

критерия согласия

$$\chi^2 = \Sigma \frac{(Y - \hat{Y})^2}{\hat{Y}} \quad (21)$$

с числом степеней свободы $\nu = N - j - 1$, где \hat{Y} — теоретическое значение; k — число переменных; j — число параметров функции, которые, в свою очередь, оцениваются критериями наличия F Фишера и вероятности доверия P_{F, ν_1, ν_2} ; $P_{\chi^2, \nu}$. В условиях сосняков *Pinus kesiya* коэффициент корреляции r составляет 0,96...0,99, средняя квадратичная ошибка достаточно мала, поэтому точность результата не превышает $p < 1\%$. При этом $P_{\chi^2, \nu}$ всегда больше 0,99 для всех типов взаимосвязей таксационных показателей (диаметра, высоты, объема) с возрастом древостоев.

2. Изменение биологического коэффициента роста m закономерно и зависит от типа взаимосвязи между таксационными показателями, для функции роста по объему m колеблется в пределах 0,47...0,57, по средней высоте — 0,57...0,68, по диаметру — 0,50...0,58. Но в условиях одного типа взаимосвязи изменения m по классам бонитета незначительны, поэтому величину m можно считать постоянной при разработке математических моделей бонитетных таблиц или при проектировании производительности древостоев.

Изложенное предложение не совпадает с выводом американских авторов Бриквелла [5], Бекха и Лино [4] по методике использования m для разработки бонитетной шкалы.

3. При составлении бонитетной шкалы насаждений по методу заданного одинакового интервала Δ_H в определенном возрасте на основе базовой кривой высот ряд авторов считают константным параметр темпа роста b и параметр m и изменяют лишь параметр a соответственно заданному интервалу Δ_H . Это снижает гибкость функции роста этого вида, что подтверждают Лундгрэн и Долид (1970).

В нашей модели производительность тропических сосняков связана с двумя важнейшими показателями: возрастом, при котором древостой достигает максимальной производительности $T_1 (Z_{M_{max}})$, и возрастом количественной спелости $T_2 (\Delta_{M_{max}})$. Согласно (4), $T_1 = \left(\frac{mb}{m+1}\right)^{1/m}$, согласно (9), $T_2 = (mb)^{1/m}$. Очевидно, что они зависят от параметров b и m .

Таким образом, гибкость и универсальность функции роста Шумахера в нашей модели отражаются изменением параметров b и a для каждого класса бонитета, а также изменением параметра m для каждого таксационного показателя (типа связи). Все это соответствует эколого-лесоводственным особенностям роста тропических сосняков *Pinus kesiya*.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Бутенас Ю., Байтис М. Моделирование роста и продуктивности сосновых насаждений в автоморфных типах условий местопроизрастания // Сб. науч. тр. / ЛитНИИЛХ.— Вильнюс, 1980.— С. 20—33. [2]. Свалов Н. Н. Моделирование производительности сосновых древостоев и теория лесопользования.— М.: Лесн. пром-сть, 1979.— 216 с. [3]. Тябера А. П. Моделирование производительности сосновых древостоев разной густоты // Лесн. хоз-во.— 1982.— № 5.— С. 59—62. [4]. Beck D. E., Lino D. B. Yield of unthinned Yellow-poplar // USDA Research Paper, March 1970, SE58. [5]. Brickwell J. E. A Method for constructing site index curves from Mensurments of Tree age and Height, its application to Inland Douglas-fir // US Forest serv. Research Paper, 1968, INT 47. [6]. Rawat A. S., Franz F. Detailed Non-linear Asymptotic Regression studies on Tree and Stand Growth with particular Reference to Forest Yield Research in Bavaria (FRG) and India // IUFRO working Party S4.01.4. Stockholm.— 1974.— N 30.— P. 180—221.

Поступила 29 февраля 1988 г.

УДК 630*566

ВЛИЯНИЕ НАЧАЛЬНОЙ ГУСТОТЫ ЕЛОВОГО ДРЕВОСТОЯ НА ЕГО ПРОДУКТИВНОСТЬ

Г. С. РАЗИН

Пермский государственный университет

Объектом изучения были условно разновозрастные естественные ельники, растущие без рубок ухода в дренированных с богатыми почвами условиях (ТУМ С₂, частично С₂₋₃). Почвы в основном дерново-подзолистые, среднегумусные, среднесуглинистые либо легкосуглинистые, подстилаемые покровной глиной или тяжелым суглинком. Встречаются дерново-карбонатные типы почв. Насаждения относятся к типам леса: ельник кисличный, ельник зеленомошно-кисличный, ельник липняковый, ельник травяной. Пробные площади (112 шт.) заложены в древостоях 15—120-летнего возраста с полнотой 0,1...1,2; классы бонитета Va—I.

При подборе естественных, гомогенных рядов использован Поволжский метод составления таблиц хода роста древостоев [2], который имеет две отличительные особенности.

Таблица 1
Ход роста естественных ельников различной начальной густоты (при $A = 20$ лет) в ТУМ $C_2 - C_{2-3}$ южной (и средней) тайги Пермской области (фрагменты)

A, лет	$N_{нач} = 6240$ шт./га						$N_{нач} = 1070$ шт./га					
	H, м	D, см	N, шт.	M, м ³	$\Delta M_{ср}$, м ³ /год	$\Delta P_{ср}$, м ³ /год	H, м	D, см	N, шт.	M, м ³	$\Delta M_{ср}$, м ³ /год	$\Delta P_{ср}$, м ³ /год
20	1,8	1,49	6240	3	0,15	3	1,8	1,50	1070	0	0	
30	5,9	6,95	5750	76	2,53	77	6,0	8,13	987	17	0,57	
40	10,4	10,8	3914	209	5,22	232	11,0	16,5	957	108	2,70	
50	14,7	15,3	2204	321	6,42	371	16,0	23,7	936	306	6,12	
60	17,9	18,8	1518	398	6,63	487	19,5	26,8	924	480	8,00	
70	20,7	21,9	1125	458	6,54	593	22,5	30,4	782	604	8,63	
80	22,5	24,0	935	491	6,14	663	24,5	33,4	679	681	8,51	
90	23,7	25,4	829	511	5,68	712	26,0	35,7	612	739	8,21	
100	24,6	26,4	738	525	5,25	751	27,2	37,5	565	786	7,86	
110	25,7	28,3	697	574	5,22	814	27,8	38,5	543	809	7,35	

уравнений, дающих при их решении на ЭВМ все параметры древостоев любого состояния как в статике, так и в динамике, в зависимости от начальной густоты и режима выращивания. При этом выявлялись параметры и таких древостоев, какие непосредственно не встречаются при сборе эмпирических данных (древостоев с малой густотой). Выявленные уравнения позволили осуществить математическое моделирование на ЭВМ «Минск-32» динамики роста естественных ельников различной начальной густоты: от 0,69 до 61,8 тыс. шт./га [3]. Фрагменты ТХР приведены в табл. 1.

Краткий анализ некоторых результатов математического моделирования динамики древостоев показывает, что естественный ход роста условно одновозрастных еловых древостоев различной начальной (при $A = 20$ лет, $H = 1 \dots 2$ м) густоты резко отличается: чем меньше на-

1. За основу принимается тип условий местопроизрастания (ТУМ) или тип лесорастительных условий (ТЛУ); принадлежность же древостоев к относительно идентичным (одинаковым) условиям произрастания устанавливается по величине интегрального лесорастительного эффекта — относительному (элементарному) — по М. Л. Дворецкому — запасу $M_{отн} = HF = M : \Sigma g$, м³/м²; на графике $M_{отн} = f(A)$ отклонения не должны выходить за пределы $\pm 7 \dots 15$ % от средних линий.

2. Вся совокупность древостоев пробных площадей, произрастающих в однородных условиях, разделяется на группы (классы) по начальной густоте. Для этого используется график зависимости среднего диаметра древостоев от возраста $D = f(A)$, на котором вся плоскость рассеивания точек разбивается на полоски с таким расчетом, чтобы в каждой подсовкупности древостоев любого возраста отличались по диаметру до $\pm 4 \dots 5$ % от средней линии — в зависимости от дробности разделения. Решение вопроса уточняется путем построения графика $K_2 = D : H = f(A)$, так как этот показатель является лучшим индикатором начальной густоты древостоев.

Составленные Поволжским методом таблицы хода роста (ТХР) еловых древостоев использованы для выявления

Таблица 2

Текущая густота N , запас стволовой древесины в коре M , суммарный запас отпада $\Sigma M_{отп}$ и общая продуктивность $P_{общ}$ ельников в зависимости от начальной густоты $N_{нач}$ и возраста (при $A = 20$ лет, $H_{ср} = 1... 2$ м)

Возраст, лет	$N_{нач}$ тыс. шт./га	N , шт.	Σg , м ²	M , м ³	$\Sigma M_{отп}$, м ³	$P_{общ}$, м ³	$H_{ср}$, м	$D_{ср}$, см
50	61,8	3 624	29,4	196	59	255	11,6	10,2
	20,3	3 049	33,5	239	57	296	12,7	11,8
	10,3	2 594	37,3	280	53	333	13,7	13,5
	6,2	2 204	40,6	321	50	371	14,7	15,3
	4,2	1 897	43,5	357	42	399	15,6	17,1
	2,9	1 739	45,4	373	29	402	15,9	18,2
	1,7	1 458	46,8	372	3	375	16,0	20,2
	1,1	936	41,3	306	1	307	16,0	25,6
	0,7	638	33,0	234	1	235	16,0	25,6
100	61,8	747	19,9	271	226	497	21,5	19,9
	20,3	787	29,9	359	231	590	22,6	22,0
	10,3	788	36,0	444	230	674	23,6	24,1
	6,2	758	41,5	525	226	751	24,6	26,4
	4,2	712	46,6	601	217	818	25,6	28,9
	2,9	687	51,2	661	202	863	26,1	30,8
	1,7	626	58,2	745	163	908	26,8	34,4
	1,1	565	62,5	786	115	901	27,2	37,6
	0,7	516	64,2	784	54	838	27,2	39,8

начальная густота, тем больше у них в среднем ($A = 50$ лет) и спелом ($A = 100$ лет) возрастах средняя высота, диаметр, запас древесины и общая продуктивность $P_{общ}$ — до определенной густоты (табл. 2). Наибольшего запаса ($373 \text{ м}^3/\text{га}$) 50-летние ельники с естественным ходом изреживания достигают при начальной густоте $1,7... 2,9$ тыс. шт./га, следовательно, и средний прирост запаса в $1,9$ раза выше, чем у более густых. Наибольшей общей продуктивности ($403... 399 \text{ м}^3/\text{га}$) ельники этого возраста достигают при начальной густоте $2,9... 4,2$ тыс. шт./га, превышая показатели более густых в $1,6$ раза.

100-летние ельники достигают наибольшего запаса древесины ($786 \text{ м}^3/\text{га}$) в случаях, когда они имели начальную густоту $0,7... 1,1$ тыс. шт./га. Их запас оказывается в $1,3—2,9$ раза больше, чем у более густых. Наибольшей общей продуктивности ($901... 909 \text{ м}^3/\text{га}$) 100-летние ельники отличаются при начальной густоте $1,1... 1,7$ тыс. шт./га, превышая показатели более густых в $1,1—1,6$ раза.

Важно знать, насколько отличаются друг от друга древостои различной начальной густоты в возрасте технической спелости, когда они подлежат рубке. В данном случае наиболее приемлемо за критерий технической спелости принять средний диаметр деревьев 20 см и более, так как использование среднего прироста объемов каких-либо сортиментов для таких древостоев неэффективно. В возрасте технической спелости (табл. 3) наибольший средний прирост (среднее изменение) запаса имеют древостои с начальной густотой $1,1... 1,7$ тыс. шт./га ($8,57 \text{ м}^3/\text{га}$ в год). Они в $1,6—3,1$ раза продуктивнее, чем древостои с большей начальной густотой. Наибольший средний прирост общей продуктивности (общего запаса) в возрасте технической спелости имеют древостои с начальной густотой $1,7... 2,2$ тыс. шт./га ($9,64 \text{ м}^3/\text{га}$ в год), что в $1,3—1,9$ раза выше, чем у древостоев с большей густотой.

Результаты анализа моделей динамики убеждают, что условно одно-возрастные еловые древостои при естественном ходе изреживания оказываются значительно продуктивнее при оптимальных начальных (в возрасте 20 лет) густотах. Оптимальная начальная густота колеблется в

Таблица 3
 Возраст технической спелости $A_{\text{техн}}$ ($D_{\text{ср}} \geq 20$ см),
 средний прирост запаса $\Delta M_{\text{ср}}$ и общей продуктивности
 $\Delta P_{\text{ср}}$ при различной начальной густоте ельников $N_{\text{нач}}$

$N_{\text{нач}}$ тыс. шт./га	$D_{\text{ср}}$ см	$A_{\text{техн}}$ лет	$\Delta M_{\text{ср}}$		$\Delta P_{\text{ср}}$	
			м ³ /га в год	%	м ³ /га в год	%
61,8	19,9	100	2,71	32	4,97	52
20,3	21,0	90	3,96	46	6,26	65
10,3	21,8	80	5,28	62	7,48	78
6,2	21,9	70	6,55	76	8,47	88
4,2	24,1	70	7,37	86	9,20	95
2,9	24,1	65	7,97	93	9,38	97
2,2	25,5	65	8,35	97	9,51	99
1,7	28,4	70	8,57	100	9,64	100
1,1	31,9	75	8,56	100	9,15	95
0,7	35,4	80	8,38	98	8,48	88

пределах 1,1...2,2 тыс. шт./га. С другой стороны, начальная густота естественных ельников, как правило, превышает 4 тыс. шт./га, а преобладают же древостои с густотой 10...30 тыс. шт./га, характеризующиеся низкими показателями. Это означает, что причиной низкой продуктивности всей совокупности рассмотренных ельников является большая начальная густота. Понятно, что повышение их продуктивности возможно только при устранении основной причины — большой начальной густоты и перегущенности в дальнейшем. Этого можно достигнуть только своевременными и систематическими разреживаниями — прокладкой частых коридоров и рубками ухода в кулисах.

Раннее разреживание густых древостоев оказывает на их динамику эффект, подобный уменьшению начальной густоты. При опаздывании с разреживанием эффект снизится, но также будет значительным, если рубки будут проводиться периодически.

Однако изложенное не означает, что сейчас повсеместно необходимо любые древостои сильно разреживать без каких-либо обоснований и нормативов. Это может привести к уменьшению прироста, ослаблению и распаду. Поэтому нужно придерживаться имеющихся рекомендаций по оптимизации густоты ([1, 4, 5] и др.) и программ по рубкам ухода ([6, 7] и др.).

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Кайрюкшис Л. А. Оптимизация выращивания лесов в Литовской ССР // Научные исследования для лесов будущего.— М.: Лесн. пром-сть, 1981.— С. 54—70.
 [2]. Разин Г. С. Метод составления таблиц хода роста древостоев (насаждений) // Лесн. журн.— 1967.— № 5.— С. 71—74. [3]. Разин Г. С. Изучение и моделирование хода роста древостоев (на примере ельников Пермской области): Методические рекомендации.— Л.: ЛенНИИЛХ, 1977.— 43 с. [4]. Разин Г. С. Способ определения оптимальной текущей густоты древостоев при их целевом выращивании // Лесн. журн.— 1981.— № 3.— С. 35—38. [5]. Разин Г. С. Программы разреживания и выращивания высокопродуктивных и устойчивых древостоев // Информ. листок / Пермск. ЦНТИ.— 1982.— № 405.— С. 1—4. [6]. Сеннов С. Н. Проектирование рубок ухода на основе программ и блочного метода организации работ: Методические рекомендации.— Л.: ЛенНИИЛХ, 1982.— 14 с. [7]. Чибисов Г. А., Поротов В. Н. Программы рубок ухода за лесом на Европейском Севере (практические рекомендации).— Архангельск: Арханг. ин-т леса и лесохимии, 1982.— 25 с.

Поступила 29 июля 1987 г.

УДК 630*533

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНОЙ ГУСТОТЫ И ПОЛНОТЫ СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ.

М. Ю. ПОПКОВ

УкрНИИЛХА

При определении максимально возможных значений плотности насаждений в настоящее время применяют три метода. Первый базируется на подборе в природе максимально полных насаждений разного возраста, принимаемых за эталон. Вторым основан на предложении Н. П. Анучина [1] о нахождении предельных значений абсолютной полноты древостоев по материалам массовой таксации через значения средней для выборки (модальной) суммы площадей сечений древостоев и параметров их распределения. Третий способ, применяемый в основном за рубежом, заключается в нахождении предельных значений густоты древостоев при определенных средних размерах деревьев, его составляющих [9]. О величине деревьев обычно судят по их объему, весу или диаметру. Зависимость между объемом (весом) и предельной густотой аппроксимируется степенным уравнением, получившим название «закон — 3/2 степени» [3, 8].

Основной недостаток первого способа — субъективность при подборе эталонов абсолютной полноты. При применении второго невозможно выделить и оценить степень антропогенных и других, закономерных или случайных, влияний на значения полнот древостоев анализируемой совокупности. Кроме того, всегда возникают трудности с обеспечением репрезентативной выборки древостоев и проверкой применимости к ней закона нормального распределения. Третий способ базируется на допущении постоянства формы дерева независимо от его размера или стадии развития и в связи с этим не может обеспечить точного определения предельной густоты разреженных насаждений, в которых деревья имеют иную форму, чем в сомкнутых древостоях [7]. Первые два способа также не учитывают влияние формы и размеров деревьев на сумму площадей сечения стволов насаждения.

Мы предлагаем новый способ определения предельных сумм площадей сечений древостоев, учитывающий, помимо возраста и класса бонитета, режим их выращивания. Приводим его теоретическое обоснование и пример практического применения при разработке нормативов для оценки плотности сосновых культур I—Ia классов бонитета, произрастающих в условиях свежей субори Лесостепи УССР.

В качестве критерия при оценке режима выращивания можно использовать предельные значения диаметров в данных условиях произрастания и конкретном возрасте деревьев при отсутствии сдерживающего влияния со стороны соседей. Их можно рассчитать как предел, к которому стремятся диаметры деревьев при неограниченном увеличении площадей их питания (рис. 1), по формуле:

$$D = b_0 (1 - e^{-b_1 s_n}), \quad (1)$$

где D — диаметр дерева на высоте груди;
 s_n — площадь питания дерева;
 e — основание натуральных логарифмов;
 b_0 и b_1 — коэффициенты уравнения.

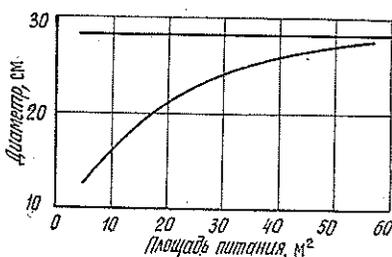


Рис. 1. Зависимость диаметра деревьев от площади их питания (по данным 33-летних культур сосны на опыте Б. И. Гаврилова)

Доказано, что финишные участки подобных кривых аппроксимируются гиперболической зависимостью [5]:

$$D = s_{\text{п}} / (b_0 + b_1 s_{\text{п}}). \quad (2)$$

Разделив числитель и знаменатель правой части уравнения (2) на $s_{\text{п}}$, получим:

$$D = 1 / (b_0 / s_{\text{п}} + b_1). \quad (3)$$

При неограниченном увеличении площадей питания ($s_{\text{п}} \rightarrow \infty$) диаметры деревьев стремятся к предельному значению ($D \rightarrow D^{\text{пр}}$):

$$D = 1 / (b_0 / s_{\text{п}} + b_1) \rightarrow D^{\text{пр}} \rightarrow 1 / b_1. \quad (4)$$

Графически $D^{\text{пр}}$ — асимптота на рис. 1. Формулу (2) преобразуем следующим образом:

$$s_{\text{п}} = -b_0 / b_1 + (1 / b_1) (s_{\text{п}} / D). \quad (5)$$

Введем линеаризующую замену переменных: $x = s_{\text{п}}$; $y = s_{\text{п}} / D$; $-b_0 / b_1 = b'_0$; $1 / b_1 = D^{\text{пр}}$. В результате получим

$$x = b'_0 + D^{\text{пр}} y. \quad (6)$$

Идентификацию параметров уравнения (6) выполняли по данным периодической таксации сосновых культур опыта Б. И. Гаврилова [2, 8]. При этом находили связи между средними значениями диаметров и площадями питания деревьев. Расчеты $D^{\text{пр}}$ и b'_0 по приведенной выше методике дают достоверные результаты только в том случае, когда исходный материал достаточно полно характеризует финишные участки кривой (1). Древостои опыта Б. И. Гаврилова этому условию удовлетворяют. Однако объекты, подобные им по широте диапазона густоты выращивания, большая редкость, поэтому при расчете зависимостей (2) и (6) в большинстве случаев, по-видимому, следует ориентироваться на данные таксации отдельных деревьев.

Значения коэффициентов b'_0 и $D^{\text{пр}}$ уравнения (6), найденные для 21-, 27-, 33-, 37-, 42-, 50- и 57-летних сосновых древостоев, выравнены в зависимости от возраста. Полученные уравнения имеют вид

$$D^{\text{пр}} = 0,0741 + 1,1387A - 0,0055A^2 \quad (\eta = 0,972); \quad (7)$$

$$b'_0 = -16,989 + 344,935/A - 2076,64/A^2 \quad (\eta = 0,928). \quad (8)$$

Функция (7) описывает не лимитированный размерами площадей питания рост деревьев сосны в условиях свежей субли. Режим выращивания можно оценить по относительному диаметру ($D_{\text{от}}$), рассчитываемому делением фактического среднего диаметра древостоа на предельно возможный в данном возрасте. Относительный диаметр 0,35...0,50 имеют густые древостои, 0,51...0,65 — средней густоты, 0,65...0,80 — редкие, выше 0,80 — редины. В отличие от густоты,

$D_{от}$ характеризует режим выращивания древостоя на протяжении всей жизни, а не его состояние в момент оценки.

На основании зависимостей (6) — (8) составлено уравнение, позволяющее рассчитать значения площади питания деревьев разного возраста и размера:

$$S_n = \frac{-16,989 + 344,935/A - 2076,64/A^2}{1 - [(0,0741 + 1,1387A - 0,0055A^2)/D]} \quad (9)$$

При определении коэффициентов этой зависимости принято, что размеры дерева возрастают до некоторого предела при неограниченном увеличении площади питания (см. уравнение (4)). В действительности это не так. Максимальных диаметров деревья достигают при вполне конкретных значениях s_n ($s_n \ll \infty$), зависящих от возраста. К сожалению, для их расчета у нас нет достаточного количества экспериментального материала. Выражение (9) несколько искажает значения зависимой переменной при приближении размеров деревьев к максимально возможным в данном возрасте и типе условий местопроизрастания. В остальном диапазоне изменения диаметров оно дает объективные результаты и может быть использовано для расчета значений N и G условных древостоев, состоящих из одинаковых деревьев, равномерно распределенных по площади без перекрытия крон и площадей питания. Анализ закономерностей изменения абсолютной полноты условных древостоев позволяет отметить следующее:

чем выше средний диаметр насаждения любого возраста, тем меньше его густота;

во всех возрастах сумма площадей сечений при увеличении среднего диаметра древостоя сначала несколько увеличивается, а затем, достигнув максимума, снижается с нарастающим темпом;

древостой с одинаковыми средними диаметрами в более высоком возрасте могут поддерживать большую густоту и сумму площадей сечения.

По-видимому, закономерности изменения абсолютной полноты древостоев связаны с относительной продуктивностью крон деревьев, их составляющих, которая количественно характеризуется отношением площади проекции кроны к диаметру дерева. Это подтверждается тем, что значения среднего диаметра, при котором достигают максимума суммы площадей сечений условных древостоев во всех возрастах, близки к среднему диаметру деревьев II типа онтогенеза по Г. Л. Кравченко [4], имеющих наивысшую продуктивность ассимиляционного аппарата по объему ствола. Особенности формирования деревьев объясняется и то, что из двух насаждений с одинаковым средним диаметром большую густоту и абсолютную полноту имеют старшие по возрасту. Действительно, достигнуть диаметра 20 см в 25 лет могут лишь деревья с раскидистой низкоопущенной кроной, выросшие при освещенности, близкой к максимально возможной, в то время как в 50 лет такой диаметр будут иметь малосебистые деревья с компактной высокоподнятой кроной, меньшей по размеру, чем крона равновеликих по диаметру 25-летних особей. Это также подтверждается данными Г. Л. Кравченко, согласно которым, например, деревья IV типа онтогенеза, выросшие при полном освещении, в 50 лет имеют диаметр 43,1 см при объеме сучьев 0,2026 м³, а деревья III типа онтогенеза, испытывающие некоторый недостаток света, достигают того же диаметра в 80 лет, имея значительно меньший объем сучьев — 0,1574 м³.

Количественной мерой степени использования площади питания в насаждении может служить отношение суммы площадей проекций крон деревьев к площади занимаемого участка ($C_{кр}$). В условных древостоях эта величина меньше 1,0 ($C_{кр} < 10$ тыс. м²/га): кроны деревьев в

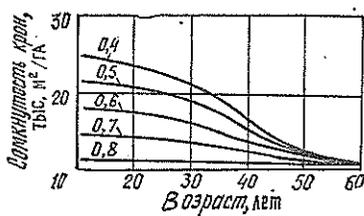


Рис. 2. Изменение с возрастом предельной сомкнутости крон древостоев разного режима выращивания (цифрами показаны значения относительных диаметров)

них не перекрываются. Сумма площадей проекций крон на 1 га реальных древостоев зачастую больше 10 тыс. м². Так, в высокополнотных 13-летних культурах опыта Боярского лесхоза сумма площадей проекций крон достигала 23,3 тыс. м²/га, а в 35-летних — 11,9 тыс. м²/га [6]. По данным, полученным в результате таксации максимально густых биогрупп сосны, найдена зависимость предельных значений C сосновых древостоев от возраста и режима выращивания (рис. 2). Выявлено, что значения густоты, сомкнутости крон и относительного диаметра взаимосвязаны: чем выше N , тем меньше $D_{от}$ и выше $C_{кр}$. С возрастом значения $C_{кр}$ закономерно снижаются, причем тем резче, чем в более густом стоянии вырос древостой.

Суммы площадей сечений и густоты сосновых культур
Ia класса бонитета в условиях Лесостепи УССР
при полноте 1,0 (в числителе — густота, стволов/га;
в знаменателе — сумма площадей сечений, м²/га)

Возраст, лет	Относительный диаметр					
	0,35	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80
15	14 697	11 014	6 357	3 602	1 903	882
	35,8	35,1	31,6	25,8	18,6	11,2
20	9 388	7 072	4 087	2 309	1 219	568
	38,5	37,9	34,2	27,8	20,0	12,2
25	6 814	5 168	3 002	1 696	895	417
	41,3	40,9	37,1	30,2	21,7	13,2
30	5 203	3 987	2 353	1 346	718	338
	42,9	43,0	39,6	32,6	23,7	14,6
35	4 011	3 112	1 883	1 106	606	293
	42,5	43,1	40,7	34,4	25,7	16,2
40	3 116	2 448	1 524	927	528	266
	40,6	41,7	40,6	35,5	27,6	18,1
45	2 475	1 965	1 256	792	472	251
	38,4	39,9	39,8	36,1	29,3	20,3
50	2 043	1 635	1 068	694	432	241
	36,8	38,5	39,3	36,7	31,1	22,7
55	1 782	1 435	951	631	404	235
	36,4	38,3	39,6	37,9	33,0	25,1
60	1 676	1 355	904	603	388	226
	38,1	40,2	41,9	40,2	35,2	26,9

Предельные значения абсолютных полнот можно рассчитать как произведение G условного древостоя данного возраста и относительного диаметра на соответствующую величину $C_{кр}$. На основе изложенной

методики составлен эскиз стандартных таблиц (см. таблицу) и программа для ЭВМ, позволяющая дать развернутую оценку плотности насаждений с учетом их возраста и режима выращивания. Для разработки программ выращивания древостоев важными могут оказаться следующие закономерности, выявленные при составлении нормативов:

в пределах одного типа условий местопрорастания и класса бонитета средний диаметр, сомкнутость крон и абсолютная полнота сосновых древостоев взаимосвязаны и зависят от режима выращивания; густые насаждения раньше достигают предельных значений G , характеризуясь при этом высокой сомкнутостью крон и малыми диаметрами. В возрасте 15...35 лет их предельные G значительно выше, чем это предусмотрено действующими нормативами;

при прочих равных условиях увеличение среднего диаметра древостоев возможно только за счет снижения их полноты и сомкнутости крон;

чем старше насаждения, тем шире диапазон диаметров и густот, при которых они могут иметь равные суммы площадей сечения;

в процессе роста древостоев средней густоты догоняют густые по абсолютной полноте. У редких древостоев в первые 60 лет роста G значительно ниже, чем у древостоев средней густоты и густые. С возрастом разрыв сокращается.

Предложенная методика оценки плотности древостоев может быть использована при разработке нормативных материалов для таксации насаждений любых пород и возрастов. Полученные нормативы целесообразно использовать для оценки состояния насаждений при назначении в них хозяйственных мероприятий.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Анучин Н. П. Лесная таксация.— М.: Лесн. пром-сть, 1982.— 552 с. [2]. Гаврилов Б. И. Выращивание сосновых насаждений по методу быстрого прироста // Зап. Харьков. СХИ.— 1957.— Т. 16 (3).— С. 77—97. [3]. Карманова И. В. Математические методы изучения роста и продуктивности растений.— М.: Наука, 1976.— 222 с. [4]. Кравченко Г. Л. Закономерности роста сосны.— М.: Лесн. пром-сть, 1972.— 168 с. [5]. Львовский Е. Н. Статистические методы построения эмпирических формул.— М.: Высш. школа, 1982.— 224 с. [6]. Савич Ю. Н., Овсянкин В. Н., Полубояринов О. И. О росте продуктивности и устойчивости сосновых культур, созданных при различной густоте посадки // Вопросы лесной таксации: Науч. тр. УСХА.— 1978.— Вып. 213.— С. 27—38. [7]. Титов Ю. В. Эффект группы у растений.— Л.: Наука, 1978.— 152 с. [8]. Шинкаренко И. Ю., Дзедзюля А. А. Оптимизация режимов густоты при целевом выращивании сосновых культур: Обзор. инф. ЦБНТИ (Гослесхоза СССР).— М., 1983.— Вып. 3.— 40 с. [9]. Intraspecific competition among higher plants. XI self-thinning in over-crowded pure stands under cultivated and natural conditions / K. Yoda, T. Kira, H. Ogawa, K. Hozumi // J. Biol., Osaka City Univ.— 1963.— Vol. 14.— P. 107—129.

Поступила 21 апреля 1986 г.

УДК 630*562

ОЦЕНКА НЕКОТОРЫХ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕКУЩЕГО ПРИРОСТА СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ

Н. С. ПОЛОНЧУК

Украинский филиал ВИПКЛХ

Повышение продуктивности лесов — основная задача лесного хозяйства, но решить ее невозможно, не зная древесного прироста и факторов, обуславливающих его изменение. Большое внимание привлекают вопросы изучения текущего прироста насаждений в связи с проведением

ем в них рубок ухода, многие аспекты которых до настоящего времени остаются открытыми и дискуссионными.

Как известно, основная цель рубок ухода — создание благоприятных условий для выращивания насаждений требуемого состава из лучших по форме и качеству древесных стволов и увеличение их прироста по диаметру. Проводя такие рубки, мы должны быть уверены, что за период их повторяемости текущий прирост оставшейся части древостоя не только полностью компенсирует потерю запаса вырубаемых деревьев, но и будет выше, чем в древостоях, выращиваемых при большей сомкнутости древесного полога. К сожалению, в последнее время в лесах с интенсивным ведением лесного хозяйства, помимо рубок ухода, значительная часть древесины выбирается при санитарных рубках, в результате площадь высокополнотных средневозрастных и приспевающих насаждений с каждым годом снижается и игнорируются основные принципы расширенного воспроизводства запасов.

Наш опыт разреживания сосняков на постоянных пробных площадях и в производственных условиях показывает, что насаждения не снижают потенциальных возможностей по увеличению запасов, если при рубках ухода и санитарных рубках вырубается не более 50 % периодического прироста. Следовательно, показатель древесного прироста целесообразно использовать при планировании лесохозяйственных мероприятий в лесу. Между тем, методика и техника учета этого показателя до сих пор слабо разработаны.

Наиболее точно прирост древостоя можно определить при повторном учете деревьев на постоянных пробных площадях. Однако метод этот весьма трудоемок и требует большого периода времени — нескольких лет. При изучении прироста насаждений мы решили применить этот метод для проверки других, более простых методов.

Было проведено 186 измерений текущего прироста сосновых насаждений 30—80-летнего возраста путем периодического обмера деревьев и по упрощенным методам. Сплошной обмер деревьев на постоянных пробах проводили по пятилетиям. Измеряли окружности всех деревьев на высоте 1,3 м, по ним находили диаметры и сумму площадей сечений насаждений.

Для проверки некоторых упрощенных методов определения текущего прироста насаждений через радиальный прирост на каждом объекте дополнительно таксировали по 20...25 деревьев с измерением у них диаметра на высоте 1,3 м (в коре и без коры), высоты и толщины 5...10 годичных слоев.

Запас насаждений (M) определяли по известной в таксации формуле

$$M = GHF,$$

где G — сумма площадей сечений;
 H — средняя высота;
 F — среднее видовое число насаждения.

Значение HF находили по уравнению

$$HF = 0,384H + 1,305,$$

установленному на основе массового исследования полнодревесности стволов сосны в насаждениях 20—80-летнего возраста [7].

Как известно, по упрощенным методам определяют текущий прирост древостоя без учета естественного отпада и вырубемой части. Поэтому и мы в качестве исходного показателя использовали средний периодический прирост наличных деревьев (Z_{M_n}), который определяли по формуле:

$$Z_{M_n} = \frac{M_A - M_{A-n}}{n},$$

Сравнительная оценка упрощенных методов определения текущего прироста
сосновых насаждений

Метод (автор)	Сред- нее значе- ние \bar{x}	Сред- нее квал- рати- ное откло- нение σ	Кэф- фици- ент вари- ации v	Ошибка средне- го зна- чения $m \times$	Точ- ность иссле- дова- ний с надеж- ностью 0,95, %	Погрешность со знаком \pm , %								Сред- нее откло- нение, %	
						до 10	11 20	21 30	31 40	41 50	более 51				
Повторные обмеры де- ревьев на постоян- ных пробных площа- дах	13,76	4,42	32,1	0,323	4,70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Упрощенные методы:															
Е. Герхардта	13,52	3,68	27,2	0,290	4,28	79	62	34	9	2	—	—	—	—	-1,8
М. Л. Дворецкого	13,59	4,96	36,5	0,365	5,36	78	60	34	8	6	—	—	—	—	-1,3
Н. П. Анучина	11,88	3,68	31,0	0,373	4,60	66	52	37	20	8	3	—	—	—	-13,7
Б. Боргреве	15,51	5,06	32,6	0,369	4,74	45	43	37	21	18	22	—	—	—	+12,7
Ю. М. Руденко	15,45	4,96	32,1	0,362	4,70	60	53	48	18	7	—	—	—	—	+12,3
К. Е. Никитина	14,33	4,22	29,4	0,310	4,32	68	53	40	19	6	—	—	—	—	+4,1
Таблицы:															
И. М. Науменко	10,14	3,06	30,2	0,290	5,74	51	44	42	39	8	2	—	—	—	-26,3
В. В. Анганайтиса	14,75	4,69	31,8	0,345	4,68	59	64	33	18	10	2	—	—	—	+7,1
И. И. Кенставинуса	11,74	3,88	43,05	0,285	6,34	69	53	35	20	9	—	—	—	—	-14,7

где M_A ; M_{A-n} — запас наличных деревьев в возрасте A и $A-n$ лет;
 n — продолжительность периода.

Собранный материал обработан методами математической статисти-
стики (см. таблицу).

Один из наиболее простых методов таксации текущего прироста —
определение этого показателя по формуле Е. Герхардта [9]

$$Z_M^g = Z_M^n (1,7 - 0,7\Pi) \Pi,$$

где Z_M^g , Z_M^n — текущий прирост таксируемого и нормального древостоев (Z_M^n берется из таблиц хода роста по общей производительности насаждений);

Π — относительная полнота древостоя.

При массовой таксации текущего прироста формула Е. Герхардта с надежностью вывода 0,99 обеспечивает вполне удовлетворительные результаты, однако при измерении этого показателя в отдельных насаждениях погрешность метода в большинстве случаев превышает 10 %.

Метод М. Л. Дворецкого [3] основан на определении текущего прироста насаждений через радиальный прирост по формуле

$$Z_M = M_A \left(1 - \frac{d_A^2 - n}{d_A^2} \frac{h_A - n}{h_A} \right),$$

где d , h — средний диаметр и средняя высота учетных деревьев в возрасте A и $A - n$ лет.

Рассматриваемый метод при массовой таксации текущего прироста насаждений обеспечивает наиболее точные результаты (среднее отклонение от метода повторных обмеров деревьев составило —1,26 %). Тем не менее при таксации отдельного насаждения ошибка может превышать 20 %.

Н. П. Анучин [2] предложил метод определения текущего прироста насаждений по уравнению

$$Z_{M_n} = S_n i_{1,3} \Pi,$$

где S_n — боковая поверхность стволов нормального насаждения, определяемая по таблицам [2];

$i_{1,3}$ — средняя толщина годичного слоя на высоте 1,3 м.

Как видно из таблицы, метод Н. П. Анучина систематически занижает значение текущего прироста. Особенно большие отклонения наблюдаются при таксации насаждений высших классов бонитета. Даже для совокупности насаждений погрешность метода при определении текущего прироста с надежностью вывода 0,99 превышает 10 % по сравнению с методом повторных обмеров деревьев. Видимо, существенные ошибки рассматриваемого метода обусловлены ошибочным предположением, что толщина годичного слоя по всей длине ствола не изменяется. Не подтверждается фактическим материалом и утверждение автора, что боковая поверхность стволов нормального насаждения одной породы и одного класса бонитета — величина постоянная.

Метод Б. Боргреве [1] предусматривает определение процента текущего прироста насаждений (P_M) по формуле

$$P_M = \frac{K \Sigma di}{\Sigma d^2},$$

где K — коэффициент, изменяющийся от 400 до 800 в зависимости от энергии роста деревьев в высоту и протяженности кроны;
 Σd — сумма диаметров учетных деревьев.

На основе процента текущего прироста и запаса насаждений без коры определяют абсолютный текущий прирост по формуле

$$Z_{M_n} = \frac{M_A P_M}{100}.$$

Наблюдения показывают, что метод Б. Боргреве в большинстве случаев завышает значение текущего прироста, особенно в насаждении-

ях I, Ia и Ib классов бонитета, что обусловлено завышением коэффициента K . Среднее отклонение текущего прироста, определяемого этим методом, составило 12,6 % по сравнению с данными постоянных пробных площадей, причем в 61 случае из 186 оно превысило 30 %. А при таксации текущего прироста отдельного древостоя ошибка достигает 50 %.

Ю. М. Руденко [8] изменил методику определения коэффициента K в формуле Б. Боргреве, заменив его на $200k$, и предложил формулу для определения k :

$$k = \frac{100}{P_d} - \left(\frac{100}{P_d} - 2 + \frac{P_d}{100} \right) \left(1 - \frac{P_{HF}}{100} \right),$$

где P_d , P_{HF} — проценты периодического прироста по диаметру и видовой высоте (P_{HF} определяют по таблице [8]).

Из нашей таблицы видно, что средняя погрешность формулы Ю. М. Руденко даже при определении текущего прироста совокупности насаждений значима и мало отличается от погрешности формулы Б. Боргреве, а для отдельных насаждений колеблется от -40 до $+46$ %. Отклонение со знаком минус чаще всего наблюдается в спелых, со знаком плюс — в молодняках и средневозрастных насаждениях.

К. Е. Никитин [6] предложил метод определения процента текущего прироста по номограмме, построенной на основе шведской формулы:

$$P_M = P_G + P_{HF},$$

где P_G и P_{HF} определяются по номограмме: первый показатель на основе диаметра и толщины годичного слоя, измеренных у 20...25 учетных деревьев; второй — по высоте и возрасту насаждений.

Рассматриваемый метод характеризуется простотой вычислений и обеспечивает вполне удовлетворительные результаты при определении текущего прироста совокупности насаждений. При измерении этого показателя у отдельных древостоев этот метод не дает высокой точности.

К числу упрощенных относятся методы таксации текущего прироста насаждений по таблицам. В нашей стране хорошо известны таблицы текущего прироста И. М. Науменко [5], для пользования которыми необходимо знать возраст, высоту и полноту насаждения. Однако, несмотря на простоту, эти таблицы систематически занижают значение текущего прироста. Даже для совокупности насаждений среднее отклонение показателя составило $-26,3$ %.

В последнее время В. В. Антанайтисом [1] и И. И. Кенставичусом [4] предложены процентные таблицы текущего прироста. Первые из них построены на основе расчетной формулы

$$P_M = P_G + P_{HF} - 0,01P_GP_{HF}$$

с учетом породы, класса бонитета, возраста, среднего диаметра и радиального прироста учетных деревьев. Эти таблицы с достаточной точностью позволяют определять текущий прирост совокупности насаждений. Применительно к отдельному насаждению таблицы В. В. Антанайтиса не обеспечивают достаточной точности.

Таблицы И. И. Кенставичуса, построенные для породы в целом на основе формулы $P_M = P_G + P_{HF}$ с учетом среднего диаметра, не обеспечивают надежной точности как при учете текущего прироста отдельного древостоя, так и при массовой таксации.

Таким образом, ни один из рассмотренных упрощенных методов не обеспечивает надежной точности при определении текущего прироста отдельных насаждений.

При массовой таксации текущего прироста, особенно при статистическом учете лесного фонда, более надежные результаты дают методы Е. Герхардта, М. Л. Дворецкого, К. Е. Никитина и таблицы В. В. Антанайтиса, средняя ошибка которых не выходит за пределы $\pm 10\%$.

При определении объема выбираемой древесины в порядке мер ухода за лесом с учетом текущего объемного прироста предпочтение следует отдавать формуле Е. Герхардта, не требующей сложных вычислений и измерения радиального прироста.

Формулы Н. П. Анучина, Б. Боргреве, Ю. М. Руденко, а также таблицы И. М. Науменко и И. И. Кенставичуса могут найти применение только при ориентировочном учете текущего прироста.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Антанайтис В. В., Загреев В. В. Прирост леса.— М.: Лесн. пром-сть, 1969. 240 с. [2]. Анучин П. П. Новый метод определения текущего прироста насаждений // Лесн. хоз-во.— 1959.— № 11.— С. 5—10. [3]. Дворецкий М. Л. Текущий прирост древесного ствола и древостоя.— М.: Лесн. пром-сть, 1964.— 126 с. [4]. Кенставичус И. И. Новый практический метод определения текущего прироста по запасу насаждений // Лесн. хоз-во.— 1970.— № 3.— С. 50—54. [5]. Науменко И. М. Текущий объемный прирост насаждений // Науч. зап. / Воронеж. лесохоз. ин-т.— 1946.— Т. 9.— С. 121—148. [6]. Никитин К. Е. Приближенный способ таксации текущего прироста древостоев по запасу // Лесн. журн.— 1964.— № 3.— С. 23—27.— (Изв. высш. учеб. заведений). [7]. Полончук Н. С. Видовые числа и коэффициенты формы стволов в сосновых молодняках и средневозрастных насаждениях // Науч. тр. / УСХА.— 1978.— Вып. 221.— С. 83—88. [8]. Руденко Ю. М. Определение процента текущего объемного прироста сосновых древостоев без рубки моделей // Науч. тр. / УСХА.— 1963.— Т. 31, вып. 10.— С. 116—122. [9]. Gerhardt E. Ertragstabellen für Eiche, Bäume, Tanne, Fichte und Kiefer.— Berlin, 1923.— 223 S.

Поступила 19 февраля 1985 г.

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 630*323.4

ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ
РАСКРЯЖЕВОЧНОЙ УСТАНОВКИ ЛО-15С
ПРИ ПРИМЕНЕНИИ СЛЕДЯЩИХ СИСТЕМ

Н. П. ДЕРГУНОВ, А. С. ЕРЕМЯН, А. Г. ЩЕЛКУНОВ

Уральский лесотехнический институт

Из серийно выпускаемых раскряжевочных установок в лесной промышленности наиболее распространены ЛО-15С. Значительное влияние на их производительность оказывает время продольного перемещения хлыста под пилу, которое составляет примерно 50 % всего времени раскряжевки. Производительность установок, обслуживаемых высококвалифицированными и низкоквалифицированными операторами, различна. У лучших операторов производительность приближается к проектной. Например, на Лобвинском лесокомбинате Свердловска годовая выработка ЛО-15С в 1979—1981 гг. составила 170...180 тыс. м³ на линию, в то время как на других предприятиях объединения — около 70 тыс. м³ [2]. Один из путей повышения производительности ЛО-15С — применение принципов оптимального управления перемещением хлыста и замкнутой системы управления [3].

В настоящее время из отечественных систем управления, применяемых на раскряжевочных установках, наиболее распространены и серийно выпускаются системы точного останова хлыста, которые имеют исполнительным механизмом приемный стол с выдвижными упорами и гидродемпфером. Недостатки этой конструкции обсуждались в литературе. Подробная классификация систем отмера длин сортиментов, являющихся основной частью САУ точного останова, дана в [6].

Зарубежные системы автоматизации базируются на применении микропроцессоров и обеспечивают перемещение хлыста на заданную длину сортимента. К числу машин, имеющих такие САУ, относятся «Финко 50», «Лако», «Вольво ВМ Вальмет 902Н», «Кокум 88-65» и др. [4]. Все эти машины передвижные, предназначены для лесоразработок, имеют рабочие органы, принципиально отличающиеся от ЛО-15С. При высокой производительности они обеспечивают достаточно высокую точность. Например, машина типа «Лако» дает точность отмера $\pm 0,03$ м для 82 % бревен, а в диапазоне $\pm 0,1$ м попадает 98 % бревен. Это подтверждает правильность выбранного направления автоматизации. В то же время нельзя использовать зарубежные САУ для установок ЛО-15С, так как они ориентированы на другой тип механизма перемещения хлыстов (не транспортер).

Таким образом, для повышения производительности ЛО-15С необходима специальная методика выбора основных параметров механизма продольного перемещения и останова хлыстов, а также системы автоматического управления.

Требования, которым должна отвечать раскряжевочная установка, регламентированы ГОСТ 9462—71 и ГОСТ 9462—72 и состоят в том, что точность отмера длин сортиментов должна быть $\pm 0,005$ м при длине сортимента 4,035 м и $\pm 0,015$ м при длине сортимента 6,045 м. При использовании раскряжевочных установок ЛО-15С часто отказываются

от приемного стола с выдвигными упорами и применяют гладкий лоток. Торможение осуществляется с помощью электродвигателя. Точность определения момента переключения для обеспечения требований ГОСТ должна быть не ниже

$$\Delta t = \frac{\Delta s}{v},$$

где Δs — точность останова по ГОСТ;

v — скорость движения хлыста в момент переключения.

Для существующей линии ЛО-15С установившаяся скорость транспортера составляет 1,8 м/с. Следовательно, при $\Delta s = 0,015$ м $\Delta t = 0,0083$ с, а при $\Delta s = 0,005$ м $\Delta t = 0,0028$ с.

Несомненно, что в режиме ручного управления оператор физически не в состоянии за один прием (разгон — торможение) обеспечить требуемую точность отмера длины сортимента. Он вынужден прибегать к дополнительным последующим итерациям отмера, что ведет к износу механизма, перегреву электродвигателя, увеличению энергоемкости и уменьшению производительности. По данным хронометража, проведенного на раскрывочных установках Комсомольского ЛПХ Тюменской области, средняя продолжительность продольного перемещения хлыста на 4 и 6 м составляет соответственно 4,91 и 6,01 с, средняя продолжительность корректировки — 2,45 и 2,5 с. Потенциальное время продольного перемещения хлыста рассчитывали для среднего коэффициента сцепления хлыста с траверсами транспортера. Таким образом, система автоматического управления, исключая итерации отмера, позволит повысить производительность в среднем на 25 % по сравнению с ручным режимом управления (исходные данные расчета приведены ниже).

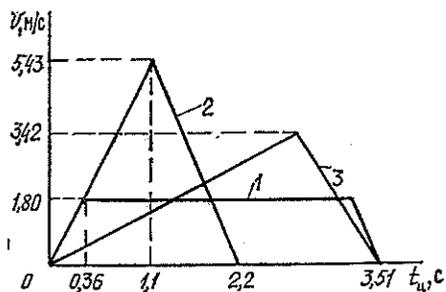


Рис. 1. Диаграмма перемещения хлыста на 6 м: 1 — диаграмма перемещения на существующей установке (без итераций); 2 — перемещение с максимальным быстродействием; 3 — оптимальная диаграмма перемещения при заданном $t_{ц}$

На рис. 1 (график 1) изображена диаграмма скорости хлыста, позволяющая для существующей установки получить указанное увеличение производительности. В этом случае разгон и торможение происходят с ускорением

$$\ddot{x} = fg,$$

где f — коэффициент сцепления хлыста с траверсами транспортера;
 g — ускорение свободного падения.

При расчете диаграммы принято: длина сортимента $l = 6$ м, коэффициент сцепления хлыста с траверсами транспортера $f_{сц} = f_{ср} = 0,5$.

Рассмотрим возможности дополнительной интенсификации процесса перемещения хлыста под пилу за счет оптимального (в смысле быстрого действия) управления его движением. Ограничением на ускорение по-прежнему является сцепление хлыста с рабочим органом: $\ddot{x} \leq fg$. При этом сила сцепления используется на всем интервале движения, т. е. при разгоне и торможении $\ddot{x} = fg$. Время разгона и торможения равны, как и пути (рис. 1, график 2).

Время разгона и скорость в конце разгона определяют по формулам

$$t_p = \sqrt{\frac{l}{fg}} = \frac{1}{2} t_u;$$

$$\dot{x} = \sqrt{fgl} = fgt_p,$$

где l — длина сортимента;

t_u — время перемещения хлыста на длину сортимента.

Как видно, для $f = 0,5$ время перемещения на 6 м может быть сокращено с $t_u^{сущ} = 3,51$ с до $t_u^{опт} = 2,2$ с. Если принять коэффициент сцепления хлыста с траверсами транспортера максимальным $f_{сц} = f_{max} = 0,75$, то получим минимально возможное время перемещения для транспортера ЛО-15С: на длину сортимента 4 м — $\dot{x}_{max} = 5,43$ м/с; $t_p = 0,74$ с; $t_u = 1,48$ с; $t_u^{сущ} = 2,36$ с; на длину сортимента 6 м — $\dot{x}_{max} = 6,64$ м/с; $t_p = 0,9$ с; $t_u = 1,8$ с; $t_u^{сущ} = 3,4$ с.

Значения 1,48 и 1,8 с — минимально возможное время перемещения хлыстов на 4 и 6 м соответственно, так как в процессе всего перемещения сила сцепления приложена к хлысту (половина пути — на разгон, вторая половина — на торможение), т. е. реализуется известный принцип максимального по быстрдействию перемещения динамической системы второго порядка, которой является хлыст. В этом случае сила сцепления хлыста с траверсами транспортера используются максимально, в процессе всего перемещения.

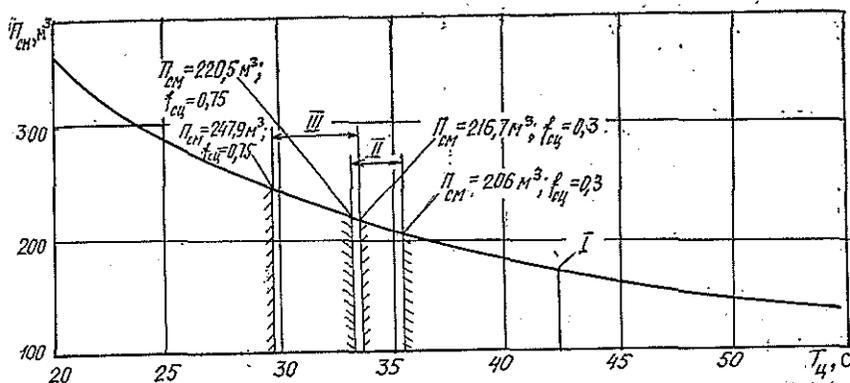


Рис. 2. Зависимость сменной производительности от времени раскряжевки хлыста: I — средняя производительность, получаемая на реальных раскряжевочных установках; II — диапазон потенциальной производительности для существующей установки; III — диапазон производительности установки, работающей с максимальным быстрдействием

При максимальном использовании коэффициента сцепления хлыста с траверсами транспортера время движения сокращается: при перемещении хлыста на 6, 4 и 2 м для $f_{сц} = 0,5$ — на 37; 26,4 и 10,5 %; для $f_{сц} = 0,75$ — на 48,5; 40 и 27 % соответственно. При $f_{сц} = 0,5$ производительность раскряжевочной установки увеличивается на 9 % (рис. 2), а для средних показателей перемещения хлыста, получаемых на реальных установках, — на 36,6 %. Производительность рассчитывали для следующих исходных данных: сменное время $T_{см} = 7$ ч; средний объем хлыста для зоны Урала $Q_{хл} = 0,45$ м³; коэффициент использования рабочего времени $\varphi_1 = 0,8$; коэффициент загрузки установки $\varphi_2 = 0,8$;

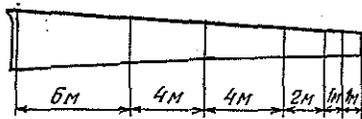


Рис. 3. Схема раскряжевки хлыста объемом $Q = 0,45 \text{ м}^3$

время сброски сортимента и срабатывания автоматики — 1,5 с; среднее время цикла пиления для расчетного хлыста (рис. 3) — 2 с [5].

На рис. 2 отмечены средняя производительность, получаемая на реальных установках, и диапазоны потенциальной производительности для существующей установки и установки с максимальным быстродействием [3].

Зависимость времени перемещения принятого хлыста t'_u от коэффициента его сцепления с траверсами транспортера $f_{сц}$ для существующей системы и системы с максимальным использованием сил сцепления (система максимального быстродействия) приведена на рис. 4. Для реализации максимального быстродействия во всем диапазоне коэффициента сцепления $f_{сц} \in [0,3 \dots 0,75]$, указанного в [1], требуется электродвигатель мощностью 60 кВт. Мощность определяется потребным максимальным ускорением $\ddot{x}_{max} = f_{max} g = 7,36 \text{ м/с}^2$. При расчете принято: передаточное число редуктора $I_p = 1,7$; коэффициент сцепления хлыста с траверсами транспортера $f_{сц} = 0,75$; коэффициент трения траверс по поддерживающим опорам $f_{тр} = 0,1$.

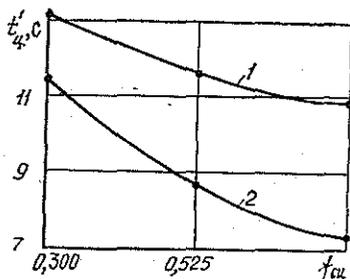


Рис. 4. Зависимость времени перемещения хлыста от коэффициента сцепления хлыста с траверсами транспортера: 1 — существующая установка; 2 — установка с максимальным быстродействием

Увеличение мощности в 3,75 раза по сравнению с существующей не оправдывается увеличением средней производительности. Поэтому рассчитаем мощность электропривода, управляемого системой максимального быстродействия, для потенциальной сменной производительности существующей установки. График 3 на рис. 1 соответствует по t_u существующей системе для $f_{сц} = 0,5$. Из этого графика видно, что потенциальное время перемещения хлыста на 6 м может быть получено максимальным усилием в 2 раза и мощностью двигателя в 2,1 раза меньшими (передаточное число редуктора при этом равно 4,4). Принятый способ минимизирует тяговое усилие транспортера при выполнении заданного t_u (в рассмотренной ситуации $t_u = t_u^{сум}$), и как видно, дает значимые результаты.

В заключение произведем расчет производительности для системы максимального быстродействия с электродвигателем 16 кВт, принимая передаточное число редуктора $I_p = 4,5$. При этом получаем время раскряжевки хлыста $T_u = 31,3 \text{ с}$, производительность $\Pi_{см} = 232 \text{ м}^3$. Следовательно, применение в раскряжевочной установке только системы автоматического управления перемещением хлыста со свойствами максимального быстродействия дает эффект повышения производительности на 7,7 % относительно потенциальной производительности и на 34,8 %

относительно реально существующей производительности, кроме того, уменьшаются усилия перемещения.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Аржаков А. А. Процесс останова хлыста силовым упором на раскрывочных установках с продольной подачей: Автореф. дис. канд. техн. наук.— Химки, 1985.— 20 с. [2]. Васильев Г. М., Кроманский Б. М. Возможности раскрывочных линий ЛО-15С // Лесн. пром-сть.— 1982.— № 7.— С. 18—19. [3]. Дергунов Н. П. Пути повышения производительности раскрывочных установок // Лесн. журн.— 1982.— № 4.— С. 61—65.— (Изв. высш. учеб. заведений). [4]. Сёрхаген У. Автоматизация производства и дистанционное управление механизмами в лесной промышленности.— Осло: Гос. НИИ лесного хозяйства Норвегии, 1983.— 85 с. [5]. Теслюк А. К. Производительность оборудования первичной обработки древесины // Лесозэксплуатация и лесосплав: Обзор. информ.— М.: ВНИПИЭИлеспром, 1981.— Вып. 10.— С. 21—45. [6]. Теслюк А. К., Горохов Н. Г. К вопросу выбора системы подачи и отмера длин сортиментов раскрывочных установок с продольной обработкой хлыстов // Комплексная механизация работ на нижних лесных складах: Тр. / ЦНИИМЭ.— 1978.— С. 35—45.

Поступила 3 августа 1987 г.

УДК 630*372

К МЕТОДИКЕ РАСЧЕТА НЕСУЩЕГО КАНАТА

И. И. СЛЕПКО

Хмельницкий технологический институт

Несущие канаты временных подвесных лесотранспортных установок закрепляют по концам к анкерным опорам, причем в качестве концевых опор используют растущие деревья, либо их пни, характеризующиеся большой податливостью.

Теория расчета несущих канатов подвесных лесотранспортных установок с учетом влияния податливости опор разработана Н. М. Белой [4], причем влияние податливости опор на жесткость системы было учтено введением понятия о приведенном модуле упругости E_p системы канат—опоры, в которой канат является главным деформируемым элементом. Пределы колебаний значений приведенного модуля упругости системы в зависимости от схемы навески каната и его монтажного натяжения были определены экспериментально [3, 5]. Натяжение несущих канатов лесотранспортных подвесных установок при движении груза в пролете изменяется в широких пределах, и отношение максимального натяжения каната к монтажному колеблется в пределах 1,3... 2,6 [4].

Исследования [2, 7] показали, что продольная жесткость каната зависит от его натяжения, что учтено методикой, изложенной в работе [6]. Однако она не учитывает податливости концевых опор.

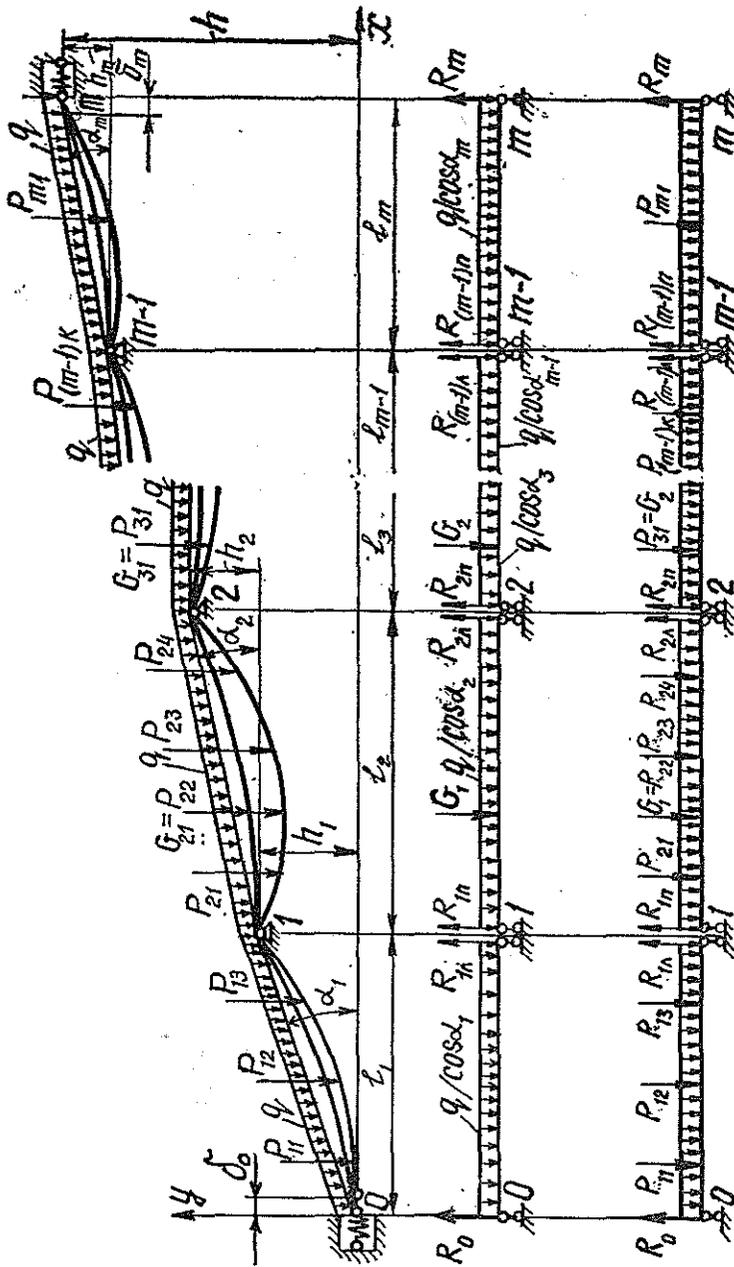
В данной работе рассмотрен расчет несущего каната многопролетной установки с произвольным числом грузов с учетом упругих несовершенств каната и податливости концевых опор (см. рисунок).

При определении натяжения каната с закрепленными концами рассматривают три задачи: статическую, геометрическую и физическую [4, 6]. Для статической задачи получено уравнение связи между натяжением каната и его провесом [4]. Для геометрической задачи на основании уравнения совместности деформаций абсолютное удлинение каната имеет вид

$$\Delta L = L_1 - L_0^* \quad (1)$$

где ΔL — абсолютное удлинение каната;

* Здесь и далее индекс «0» соответствует канату, загруженному монтажными грузами, индекс «1» — монтажными и полезными грузами.



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

L_1 — длина каната после дополнительного нагружения полезным грузом P_i .

Длина несущего каната m -пролетной установки

$$L = \sum_{i=1}^m L_i, \quad (2)$$

где L_i — длина каната в i м пролете.

Длина каната в i -м пролете при расположении опор на разных уровнях [9]

$$L_i = \frac{l_i}{\cos \alpha_i} + \frac{\cos^3 \alpha_i}{H_i^2} \int_0^{l_i} Q_i^2 dx, \quad (3)$$

где l_i — длина i -го пролета;
 α_i — угол наклона хорды i -го пролета к горизонту;
 H_i — горизонтальная составляющая натяжения каната в i -м пролете;
 Q_i — перерезывающая сила в балке на двух опорах с пролетом, равным l_i , и нагруженной так же, как канат в i -м пролете (см. рисунок).

Учитывая, что $H_i = T_i \cos \alpha_i$ (где T_i — натяжение каната в i -м пролете), и предполагая, что натяжение по длине каната при фиксированном положении груза постоянно (так как трение каната на промежуточных опорах отсутствует), на основании выражений (2) и (3) получаем общую длину каната:

а) при действии монтажных нагрузок

$$L_0 = \sum_{i=1}^m \frac{l_i}{\cos \alpha_i} + \frac{1}{2T_0^2} \sum_{i=1}^m \cos \alpha_i \int_0^{l_i} Q_{0i}^2 dx; \quad (4)$$

б) при действии монтажных и полезных грузов с учетом податливости концевых опор

$$L_1 = \sum_{i=1}^m \frac{l_i - \delta_{i-1} - \delta_i}{\cos \alpha_i} + \frac{1}{2T_1^2} \sum_{i=1}^m \cos \alpha_i \int_0^{l_i} Q_{1i}^2 dx, \quad (5)$$

где δ_{i-1} и δ_i — смещение $i-1$ -й и i -й опор.

Принимая смещение i -й опоры для i -го пролета положительным, а для $i+1$ -го пролета — отрицательным и считая, что углы наклона хорд смежных пролетов отличаются незначительно, можно принять, что $\frac{\delta_i}{\cos \alpha_i} \approx \frac{\delta_i}{\cos \alpha_{i+1}}$. На основании этого получим

$$\sum_{i=1}^m \frac{\delta_{i-1} + \delta_i}{\cos \alpha_i} \approx \frac{\delta_0}{\cos \alpha_1} + \frac{\delta_m}{\cos \alpha_m}, \quad (6)$$

где δ_0 и δ_m — смещение крайних опор (см. рисунок).

Подставляя выражения (4) — (6) в уравнение (1), для m -пролетной нити получим:

$$\Delta L = \frac{A_1}{2T_1^2} - \frac{A_0}{2T_0^2} - \frac{\delta_0}{\cos \alpha_1} - \frac{\delta_m}{\cos \alpha_m}, \quad (7)$$

где

$$A_0 = \sum_{i=1}^m \cos \alpha_i \int_0^{l_i} Q_{0i}^2 dx; \quad A_1 = \sum_{i=1}^m \cos \alpha_i \int_0^{l_i} Q_{1i}^2 dx.$$

Рассмотрим физическую задачу. Абсолютное удлинение каната вызывается изменением температуры и натяжения каната

$$\Delta L = (\varepsilon_T + \varepsilon_l), \quad (8)$$

где ε_l — температурная относительная деформация каната,

$$\varepsilon_l = \alpha_l \Delta t; \quad (9)$$

α_i — коэффициент линейного расширения материала проволок каната ($\alpha_i = 125 \cdot 10^{-7}$);
 Δt — приращение температуры;
 ϵ_T — относительная деформация за счет приращения натяжения каната.

Общая длина несущего каната l_{Σ} , измеряемая по хордам пролетов:

$$l_{\Sigma} = \sum_{i=1}^m \frac{l_i}{\cos \alpha_i}.$$

Экспериментальные исследования [2] и других авторов показали, что между модулем упругости каната и его натяжением существует линейная зависимость

$$E_k = \left(1,63 + \frac{0,48}{n}\right) \frac{q}{F} \cdot 10^5 \text{ МПа}, \quad (10)$$

где q — масса единицы длины каната;
 F — площадь металлического сечения каната;
 n — запас прочности на растяжение.

Для канатов ГОСТ 3077—80 и 2688—80, которые применяются на подвесных лесотранспортных установках, отношение q/F , как показал анализ, постоянно и приблизительно равно 0,933.

Учитывая, что $n = \frac{T_p}{T} \approx \frac{\sigma_b}{\sigma_p}$, где T_p — разрывное усилие каната, T — действительное усилие в канате, σ_b — временное сопротивление материала проволоки, σ_p — напряжения растяжения, возникающие в канате, и принимая $\sigma_b = 1660$ МПа, выражение (10) для определения модуля упругости обтянутого каната можно записать в виде:

$$E_k = (1,52 + 0,27 \cdot 10^{-3} \sigma_p) \cdot 10^5 \text{ МПа}. \quad (11)$$

В общем виде выражение (11) [6]

$$E_k = E_n + k' \sigma_p, \quad (12)$$

где E_n — модуль упругости каната, нагруженного монтажным натяжением;
 k' — безразмерный коэффициент, зависящий от степени предварительного натяжения каната, его конструкции и степени обтяжки.

Из линейной зависимости между модулем упругости каната и напряжением растяжения, в работе [6] получено:

$$\epsilon = \frac{1}{k'} \ln \frac{1 + kT_1}{1 + kT_0}, \quad (13)$$

где $k = \frac{k'}{A_n}$,

A_n — коэффициент продольной жесткости ненапрянутого каната [7].

На основании выражений (9) и (13) равенство (8) примет вид

$$\Delta L = \left(\frac{1}{k'} \ln \frac{1 + kT_1}{1 + kT_0} + \alpha_i \Delta t \right) l_{\Sigma}. \quad (14)$$

Исходя из экспериментальных исследований [1] и формулы (13), предполагаем логарифмическую зависимость между податливостью концевых опор и натяжением каната:

$$\delta_i = \delta'_i \frac{\cos \alpha_i}{kT_0} \ln \frac{1 + kT_1}{1 + kT_0}, \quad (15)$$

где δ'_i — смещение i -й опоры при монтажном натяжении каната.

Подставляя выражение (15) в равенство (6), найдем:

$$\frac{\delta_0}{\cos \alpha_1} + \frac{\delta_m}{\cos \alpha_m} = \frac{\delta'}{kT_0} \ln \frac{1+kT_1}{1+kT_0}, \quad (16)$$

где $\delta' = \delta'_0 + \delta'_m$.

На основании решения геометрической и физической задач получим уравнение общего состояния несущего каната многопролетной установки с учетом его упругих несовершенств и податливости конечных опор

$$\frac{A_1}{2T_1^2} - \frac{A_0}{2T_0^2} - \alpha_i \Delta t l_{\Sigma} = \left(1 + \frac{\delta' A_H}{l_{\Sigma} T_0}\right) \frac{l_{\Sigma}}{k'} \ln \frac{1+kT_1}{1+kT_0}. \quad (17)$$

Вводя понятие приведенной длины каната в нелинейной упругой системе канат — опоры

$$l'_{\text{пр}} = \left(1 + \frac{\delta' A_H}{l_{\Sigma} T_0}\right) l_{\Sigma},$$

уравнение (17) запишем в виде:

$$\left(\frac{A_1}{2T_1^2 l'_{\text{пр}}} - \frac{A_0}{2T_0^2 l'_{\text{пр}}} - \alpha_i \Delta t \frac{l_{\Sigma}}{l'_{\text{пр}}}\right) k' = \ln \frac{1+kT_1}{1+kT_0}. \quad (18)$$

Если принять, что податливость конечных опор $\delta = 0$, т. е. рассматривать несущий канат с жестко закрепленными концами, то уравнение (18) примет вид уравнения общего состояния несущего каната с жестко закрепленными концами многопролетной установки с учетом его упругих несовершенств [6].

Если канат как агрегат следует закону Гука, т. е. $k' = 0$, то уравнение (18) примет вид уравнения общего состояния несущего каната многопролетной установки под действием произвольного числа грузов, полученного в работе [10], учитывая, что $\delta'/T_0 = k_{\text{оп}}$, где $k_{\text{оп}}$ — коэффициент податливости опор.

Уравнение (18) можно решить относительно конечного T_1 и монтажного T_0 натяжения каната методом последовательных приближений или графоаналитическим методом.

Поскольку уравнение (18) аналогично уравнению общего состояния несущего каната с жестко закрепленными концами, полученному в работе [6], то для его решения можно использовать графоаналитический метод, предложенный в этой работе.

Грузовые факторы A_0 и A_1 зависят от схемы нагружения несущего каната. Выражения для определения их величины аналитическим и графоаналитическим методом для m -пролетной установки с произвольным числом полезных и монтажных грузов в пролете приведено в работе [10].

Для многопролетной нити [8] имеем

$$A_0 = \frac{q^2}{12} \sum_{i=1}^m \frac{l_i^3}{\cos \alpha_i};$$

$$A_1 = \frac{q^2}{12} \sum_{i=1}^m \frac{l_i^3}{\cos \alpha_i} + P(P \cos \alpha_k + qL_k) \left(1 - \frac{a_k}{l_k}\right) \alpha_k, \quad (19)$$

где P — масса сосредоточенного груза;
 α_k — угол наклона хорды k -го пролета, в котором расположен груз;
 l_k — длина k -го пролета, в котором находится груз;
 a_k — расстояние груза P от левой опоры k -го пролета по горизонтали.

На основании исследований можно сделать вывод, что полученное уравнение позволяет исследовать зависимость натяжения несущих канатов с закрепленными концами от различных факторов с учетом упругих несовершенств каната как агрегата и податливости концевых опор.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Адамовский Н. Г. Оптимальные режимы нагружения несущих канатов подвесных лесотранспортных установок с учетом приведенной жесткости системы: Автореф. дис... канд. техн. наук.— Львов, 1984.— 24 с. [2]. Адамовский Н. Г., Матвеев Э. Н. Исследование модуля упругости канатов подвесных лесотранспортных установок // Лесное хозяйство, лесная, бумажная и деревообрабатывающая промышленность.— Киев: Будівельник, 1981.— Вып. 12.— С. 30—33. [3]. Белая Н. М. Влияние податливости упругих опор на работу несущих канатов подвесных установок // Стальные канаты.— Киев: Техніка, 1966.— Вып. 3.— С. 146—149. [4]. Белая Н. М. Исследование работы подвесных канатных лесотранспортных установок и перспективы их развития и совершенствования // Проблемы комплексных лесных предприятий в Карпатах.— Ужгород: Карпаты, 1969.— С. 158—184. [5]. Белая Н. М., Адамовский Н. Г. Исследование приведенной жесткости системы несущий канат— опоры // Лесное хозяйство, лесная, бумажная и деревообрабатывающая промышленность.— Киев: Будівельник, 1975.— Вып. 5.— С. 81—85. [6]. Белая Н. М., Слепко И. И. Метод расчета несущего каната с жестко закрепленными концами с учетом его упругих несовершенств / Лесн. журн.— 1975.— № 1.— С. 43—48.— (Изв. высш. учеб. заведений). [7]. Глушко М. Ф. Стальные подъемные канаты.— Киев: Техніка, 1966.— 327 с. [8]. Дукельский А. И. Подвесные канатные дороги и кабельные краны.— М.; Л.: Машиностроение, 1966.— 481 с. [9]. Качурин В. К. Теория висячих систем.— Л.; М.: Госстройиздат, 1962.— 224 с. [10]. Слепко И. И., Пустовойтов А. А. Метод расчета несущего каната многопролетной подвесной установки с произвольным числом грузов // Лесн. журн.— 1974.— № 5.— С. 40—47.— (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 16 февраля 1987 г.

УДК 539.3

РАСЧЕТНАЯ СХЕМА УПРУГОГО МАНИПУЛЯТОРА

М. В. КОНДАКОВ

Московский лесотехнический институт

Манипуляторы для лесной, деревообрабатывающей и мебельной промышленности должны обладать относительно большой грузоподъемностью, что, в сочетании с высокими скоростями манипулирования, обусловленными требованиями производительности труда, не позволяет использовать большинство серийно выпускаемых робототехнических систем в технологических процессах отрасли. Создание высокоскоростных манипуляторов большой грузоподъемности сопряжено с решением ряда принципиально новых задач, в первую очередь, в области динамики конструкции и привода. При проектировании и отработке манипуляторов особое значение приобретают вопросы обеспечения динамической прочности.

Одним из ключевых моментов при расчете конструкции, как отмечалось в [3], является выбор расчетной схемы. Расчетная схема манипулятора должна, с одной стороны, по возможности полнее отражать особенности поведения конструкции, с другой, допускать математическую формулировку задачи в замкнутом виде. При расчете динамического нагружения высокоскоростных манипуляторов большой грузоподъемности расчетная схема должна учитывать упругие свойства конструкции, поскольку вклад упругих составляющих во внутренние силовые факторы во многих случаях оказывается весьма существенным.

В современной практике расчета упругих конструкций используются три основных типа расчетных схем: дискретные, дискретно-кон-

тинуальные и континуальные. Схемы перечислены в порядке возрастания полноты описания конструкции, но вместе с тем и сложности математического аппарата.

Дискретная расчетная схема представляет конструкцию в виде сосредоточенных масс, соединенных упругими связями (пружинами). Такие схемы являются наиболее простыми и представляют, как правило, самый первый шаг на пути изучения динамики системы. Возможности использования дискретной схемы для расчета динамики манипуляторов валочных и валочно-пакетирующих машин достаточно полно изложены в [1], где конструкция схематизируется 3-4 массами.

Дискретные схемы, наряду с простотой математической реализации, обладают тем существенным недостатком, что их параметры нельзя достоверно определить а priori на этапе проектирования, не используя результатов эксперимента. Для составления корректной дискретной схемы зачастую надо заранее знать решение рассматриваемой задачи. Точность расчетной схемы существенно возрастает с увеличением числа ее элементов, что в пределе ведет к дискретно-континуальным схемам, из которых наиболее распространены схемы методов конечных элементов (а также суперэлементов) и граничных элементов.

Наиболее полно динамическое нагружение манипулятора с учетом деформаций конструкции описывается континуальной расчетной схемой, поскольку по своей физической природе манипулятор является системой с распределенными параметрами.

В настоящей работе рассматривается континуальная расчетная схема. Конструкция манипулятора и груза (дерева, хлыста, доски и т. д.) схематизируется балочной моделью с переменными по длине массово-жесткостными характеристиками и сосредоточенными включениями. Для наглядности рассмотрение ограничено плоской системой, когда все звенья манипулятора и внешние нагрузки лежат в одной плоскости. При этом в конструкции реализуются связанные продольно-изгибные колебания. Общность изложения позволяет без труда распространить предлагаемую методику на более общий — пространственный случай.

Расчетная схема упругого манипулятора набирается из отдельных унифицированных элементов. Это позволяет достаточно просто и быстро составлять расчетные схемы широкого класса манипуляторов разнообразной конфигурации, а также организовать программу вычисления на ЭВМ с автоматическим формированием системы описывающих уравнений. Каталог элементов расчетной схемы представлен на рис. 1. Основным элементом схемы является балка (рис. 1, А) с переменными по длине массово-жесткостными характеристиками. Для описания особенностей деформирования тонкостенных конструктивных профилей при изгибных колебаниях в балочной модели учитывают деформации сдвига и инерцию поворота поперечного сечения, т. е. принимают гипотезы балки Тимошенко [5]. Таким образом, балочный элемент характеризуется погонными массой $\mu_0(x)$ и моментом инерции $I_0(x)$, продольной $EF(x)$, изгибной $EI(x)$ и сдвиговой $\beta GF(x)$ жесткостями. Уравнения движения балочного элемента имеют вид

$$\begin{aligned} \mu_0 \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - \frac{\partial}{\partial x} EF \frac{\partial u}{\partial x} &= p(x, t); \\ \mu_0 \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} - \frac{\partial}{\partial x} \beta GF \left(\frac{\partial w}{\partial x} - \psi \right) &= q(x, t); \\ I_0 \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} - \frac{\partial}{\partial x} EI \frac{\partial \psi}{\partial x} - \beta GF \left(\frac{\partial w}{\partial x} - \psi \right) &= m^z(x, t), \end{aligned} \quad (1)$$

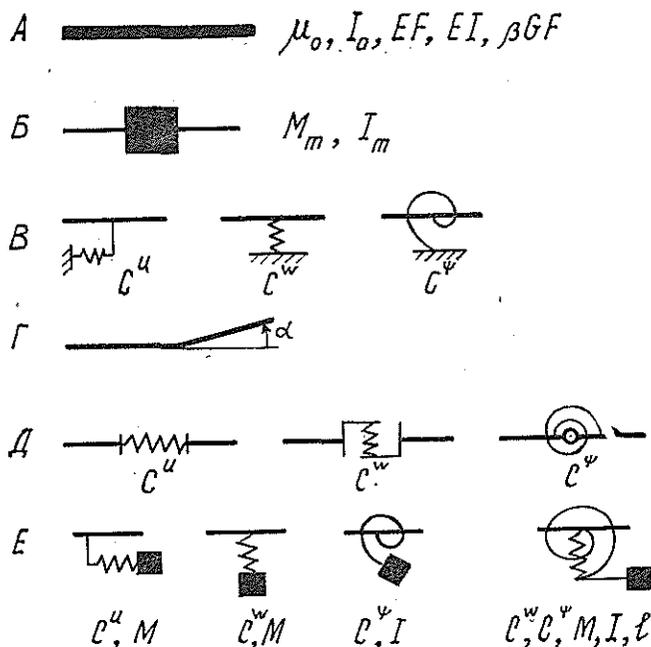


Рис. 1

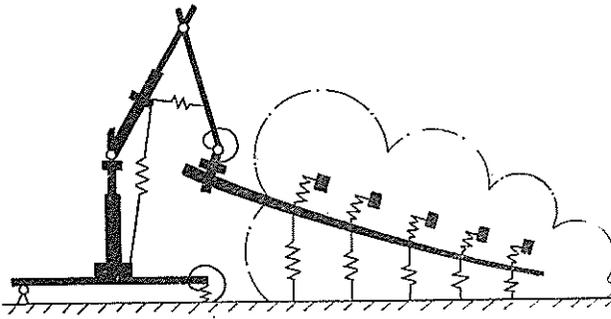
где u , w , ψ — соответственно продольное, поперечное и угловое перемещение сечений балочного участка.

Для учета массивных конструктивных деталей в расчетную схему включены сосредоточенные инерционные элементы с массой M_m и моментом инерции I_m (рис. 1, Б). Упругие свойства силового привода учитываются введением промежуточных опор с продольной C^u , поперечной C^w и угловой C^ψ жесткостями (рис. 1, В). Кроме того, для учета особенностей динамического поведения реальной конструкции в расчетную схему включены жесткие колена (рис. 1, Г) с произвольным углом α , а также безынерционные упругие элементы (рис. 1, Д) с продольной C^u , поперечной C^w и угловой C^ψ жесткостями. Интегральные динамические свойства присоединенных частей системы могут учитываться, как и в дискретных расчетных схемах, осциллирующими элементами (рис. 1, Е), которые характеризуются массой M_k , моментом инерции I_k , продольной C_k^u , поперечной C_k^w и угловой C_k^ψ жесткостями и плечом подвеса l_k .

В дальнейшем считается, что сосредоточенные элементы располагаются в точках с координатами x_i , $i = 1, 2, \dots, N_i$, где индекс i принимает значения: $i = m$ — для сосредоточенных инерционных элементов; $i = n$ — для безынерционных упругих связей; $i = k$ — для осцилляторов; $i = r$ — для упругих опор.

Расчетная схема конструкции может набираться из перечисленных элементов в произвольной последовательности, причем различные сосредоточенные элементы могут располагаться в одной и той же точке. Такая расчетная модель достаточно полно отражает особенности поведения обширного класса реальных манипуляторов различной конструктивной компоновки. Пример составления расчетной схемы из описанных элементов приведен на рис. 2.

Рис. 2



Для формулировки уравнений движения принятой расчетной схемы введем глобальную систему координат таким образом, чтобы ось x везде совпадала с продольными направлениями элементов. Особенностью уравнений движения является учет сосредоточенных и осциллирующих элементов. Если движение балочных участков описывается уравнениями (1) в частных производных, то введение сосредоточенных элементов можно трактовать как расширение классического решения \vec{y} на область обобщенных функций [2]. При этом решение \vec{y} в точках $x_i, i = k, m, n, r$ расположения сосредоточенных элементов будет само претерпевать разрыв первого рода, или иметь разрывные производные. Это обстоятельство учитывается в уравнениях через дельта-функцию Дирака $\delta(x - x_i)$. Наличие осциллирующих элементов, кроме того, расширяет носитель $\text{supp } \vec{y}$, добавляя ноль-мерное пространство x_k точек расположения осцилляторов.

С учетом изложенных особенностей, уравнения движения упругой системы с сосредоточенными включениями и осциллирующими элементами можно получить из вариационного принципа Даламбера — Лагранжа [4]:

$$\delta\Pi - \delta A_{\text{ин}} - \delta A_{\text{вн}} = 0, \quad (2)$$

где $\delta\Pi$ — вариация потенциальной энергии, являющейся энергией упругой деформации системы;
 $\delta A_{\text{ин}}$ — работа инерционных сил на возможных перемещениях;
 $\delta A_{\text{вн}}$ — работа внешних сил на возможных перемещениях.

Уравнения движения, приведенные к канонической матричной форме, имеют вид:

$$[M] \frac{\partial^2 \vec{y}}{\partial t^2} + L\vec{y} = \vec{F}, \quad (3)$$

где линейный оператор

$$L = [A] \frac{\partial^2}{\partial x^2} + [B] \frac{\partial}{\partial x} + [C].$$

Уравнение (3) записано относительно вектора перемещений

$$\vec{y} = (u, w, \psi, u_1, w_1, \psi_1, \dots, u_k, w_k, \psi_k)^T, \quad (4)$$

где u_i, w_i, ψ_i — соответствующие перемещения i -го осциллятора.

Входящие в уравнение (3) матрицы имеют вид

$$[M] = \left[\begin{array}{ccc|ccc} \mu & 0 & & & & \\ & \mu & & & & \\ 0 & & I_s & & & \\ \hline & & & & & \\ & 0 & & [M_k] & & \end{array} \right]; \quad [A] = \left[\begin{array}{ccc|ccc} -EF & & 0 & & & \\ & -\beta GF & & & & \\ 0 & & -EI & & & \\ \hline & & & & & \\ & & & 0 & & 0 \end{array} \right];$$

$$[B] = \begin{array}{ccc|c} -d_1 & 0 & 0 & \\ 0 & -d_2 & \beta GF & \\ 0 & -\beta GF & -d_3 & 0 \\ \hline & 0 & & 0 \end{array}; [C] = \begin{array}{ccc|c} s^u & 0 & 0 & \\ 0 & s^w & d_1 & [C_1][C_2] \dots [C_k] \\ 0 & 0 & s^\psi & \\ \hline [C_1]^T & & & \\ [C_2]^T & & & [C_d] \\ \vdots & & & \\ [C_k]^T & & & \end{array},$$

где

$$\begin{aligned} \mu &= \mu_0(x) + \sum_m M_m \delta(x - x_m); \\ I_s &= I_0(x) + \sum_m I_m \delta(x - x_m); \\ d_1 &= \frac{\partial EF}{\partial x}; \quad d_2 = \frac{\partial \beta GF}{\partial x}; \quad d_3 = \frac{\partial EI}{\partial x}; \\ s^u &= \sum_{i=k, n, r} \sum_i C_i^u \delta(x - x_i), \end{aligned}$$

аналогично s^w и s^ψ получаются из s^u после замены индексов u на w или ψ .

Все матрицы имеют размерность $(N \times N)$, где $N = 3(k+1)$, k — число осцилляторов в системе.

Структура вектора решения \vec{y} (4) показывает, что каждая из матриц уравнения движения (3) содержит в верхнем левом углу подматрицу (3×3) , соответствующую балочным участкам с сосредоточенными включениями. Остальные элементы матриц соответствуют осцилляторам. Так, жесткости осциллирующих элементов входят в матрицы

$$[C_i] = -\text{diag}(C_i^u, C_i^w, C_i^\psi) \delta(x - x_i).$$

Вектор внешних усилий в правой части уравнения (3) имеет вид:

$$\vec{F} = (p, q, m^z, P_1, Q_1, M_1^z, \dots, P_k, Q_k, M_k^z)^T. \quad (5)$$

Обобщенные силы вводят в виде

$$\begin{aligned} p(x, t) &= \tilde{p}(x, t) + \sum_i P_i \delta(x - x_i); \\ q(x, t) &= \tilde{q}(x, t) + \sum_i Q_i \delta(x - x_i); \\ m^z(x, t) &= \tilde{m}^z(x, t) + \sum_i M_i^z \delta(x - x_i), \end{aligned} \quad (6)$$

что позволяет учитывать как распределенные \tilde{p} , \tilde{q} , \tilde{m}^z , так и сосредоточенные P_i , Q_i , M_i^z в точках x_i нагрузки. На характер изменения \vec{F} во времени ограничения не накладываются. В частности, в \vec{F} могут быть учтены управляющие усилия привода, задаваемые автономно при расчете разомкнутой системы или зависящие от параметров движения для замкнутой робототехнической системы.

Таким образом, расчетные схемы деформируемых тяжело нагруженных манипуляторов широкого класса можно составить из унифицированных элементов, приведенных на рис. 1. Это позволяет при организации расчетов на ЭВМ достаточно просто и быстро формировать новые схемы только в результате изменения входного потока данных.

Полученное уравнение (3) описывает движение упругого манипулятора в достаточно общих предположениях. Это позволяет использовать его для анализа динамического поведения манипулятора, работающего как в автономном режиме, так и в составе робототехнической системы. Кроме того, уравнение движения (3) можно использовать

для оптимизационных расчетов робототехнических систем, направленных на выбор параметров конструкций, силового привода и системы управления.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Александров В. А. Динамические нагрузки в лесосечных машинах.— Л.: ЛГУ, 1984.— 152 с. [2]. Владимиров В. С. Обобщенные функции в математической физике.— М.: Наука, 1979.— 318 с. [3]. Кондаков М. В., Пилютик А. Г. Каким быть завтрашнему машиностроению отрасли? // Лесн. журн.— 1987.— № 2.— С. 8—14.— (Изв. высш. учеб. заведений). [4]. Лурье А. И. Аналитическая механика.— М.: Наука, 1969.— 642 с. [5]. Тимошенко С. П. Теория колебаний в инженерном деле.— М.; Л.: ГНТИ, 1932.— 344 с.

Поступила 7 мая 1987 г.

УДК 630*323.4

ПОИСК ОПТИМАЛЬНОЙ ПО МИНИМУМУ ВРЕМЕНИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ТРАЕКТОРИИ ПЕРЕНОСА ГРУЗА-ХЛЫСТА В РАСКРЯЖЕВОЧНОЙ УСТАНОВКЕ ПОВОРОТНЫМ МАНИПУЛЯТОРОМ

С. П. ДОРОХОВ

СНПЛО

За рубежом и в отечественной лесной промышленности наиболее широкое применение для разбора и поштучной подачи хлыстов в раскрывочные установки с продольной подачей получили гидравлические манипуляторы.

Хлысты подают манипуляторами различных конструкций. За рубежом используют только одностреловые поворотные манипуляторы, в которых обычно применяют агрегаты и рабочее оборудование погрузчиков-штабелеров или навесных манипуляторов.

В отечественной практике обычно используют неповоротные двухстреловые манипуляторы ЛО-13С, которые выпускаются серийно в составе раскрывочной установки ЛО-15С. Наряду с ними, применяют одностреловые поворотные манипуляторы от машины ЛП-18 (например, в раскрывочной установке ППЛ-2), а также специализированные манипуляторы в составе раскрывочных установок ЛО-30. Поэтому необходимо обосновать оптимальные параметры процесса переноса хлыстов одностреловыми поворотными манипуляторами и условия их рационального использования в процессах первичной обработки древесины.

Одна из важных характеристик процесса подачи хлыстов манипулятором в раскрывочную установку — время цикла подачи хлыстов $T_{пх}$.

В том случае, когда время $T_{пх}$ цикла подачи хлыста манипулятором к продольному транспортеру больше времени T_p цикла раскрывки предыдущего хлыста, возникает простои раскрывочной установки. В связи с этим появляется необходимость сокращения времени $T_{пх}$. Достичь этого можно не только форсированием скоростей движения звеньев, но и при оптимальном управлении движением звеньев манипулятора.

На рис. 1 представлена схема подачи хлыста шарнирно-рычажным поворотным манипулятором, произвольно установленным как по отношению к хлыстам, лежащим в пачке на разгрузочной эстакаде, так и по отношению к подающему транспортеру раскрывочной установки.

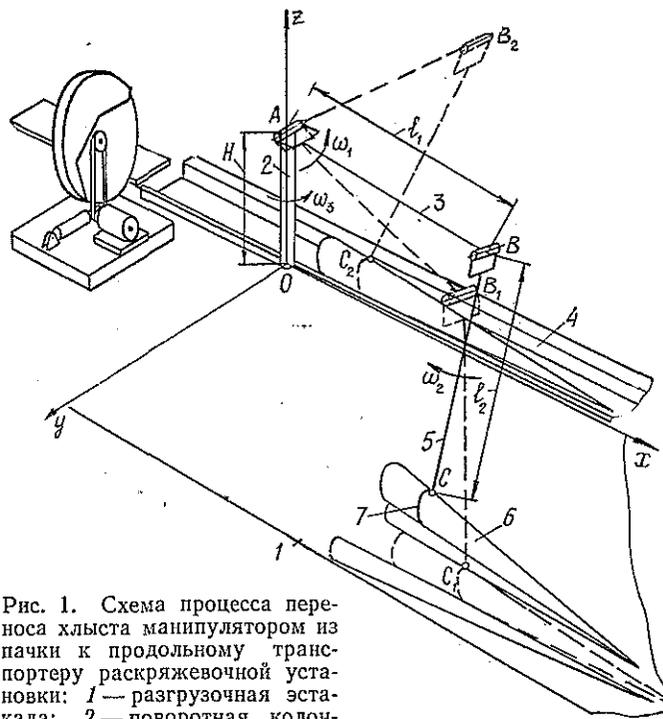


Рис. 1. Схема процесса переноса хлыста манипулятором из пачки к продольному транспортеру раскряжевочной установки: 1 — разгрузочная эстакада; 2 — поворотная колонка; 3 — стрела; 4 — продольный транспортер; 5 — рукоять; 6 — хлыст; 7 — захват

Время цикла подачи хлыста манипулятором в раскряжевочную установку можно представить в виде

$$T_{\text{пк}} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6,$$

где T_1 — время переноса захвата к хлысту, лежащему в пачке;
 T_2 — время ориентации захвата;
 T_3 — время смыкания челюстей захвата;
 T_4 — время переноса хлыста к подающему транспортеру раскряжевочной установки;
 T_5 — время ориентации хлыста;
 T_6 — время размыкания челюстей захвата.

Данная работа посвящена вопросу сокращения времени T_4 переноса хлыста к подающему транспортеру раскряжевочной установки за счет обоснования оптимальной по минимуму времени пространственной траектории переноса хлыста манипулятором.

Допустим, что хлыст захватывается манипулятором в некоторой точке. Тогда задачу отыскания оптимальной траектории переноса можно сформулировать так: найти кривую, двигаясь по которой, захват манипулятора (точка $C(x_C, y_C, z_C)$) попадает из точки $C_1(x_{C_1}, y_{C_1}, z_{C_1})$ в точку $C_2(x_{C_2}, y_{C_2}, z_{C_2})$ за минимальное время. Начальная точка C_1 и конечная точка C_2 положений захвата в общем случае расположены в пространстве случайным образом.

Рассмотрим пространственное движение звеньев манипулятора, принимая рукоять в качестве задающего органа. Для этого совместим начало декартовых координат с основанием поворотной колонки манипулятора и будем считать, что координатная плоскость Oxy совпадает с плоскостью разгрузочной эстакады.

Как показано нами ранее*, время T_4 перемещения захвата из точки $C_1(x_{C_1}, y_{C_1}, z_{C_1})$ в точку $C_2(x_{C_2}, y_{C_2}, z_{C_2})$ вдоль некоторой кривой можно представить в виде:

$$T_4 = \int_{x_{C_1}}^{x_{C_2}} \frac{[1 + (y'_C)^2 + (z'_C)^2]^{1/2} dx_C}{\{l_1^2 \omega_1^2 + \omega_1(\omega_2 - \omega_1)[l_1^2 + l_2^2 - x_C^2 - y_C^2 - (z_C - H)^2] + l_2^2(\omega_2 - \omega_1)^2 + (x_C^2 + y_C^2)\omega_3^2\}^{1/2}} = \int_{x_{C_1}}^{x_{C_2}} F dx_C, \quad (1)$$

где l_1 — длина стрелы;
 l_2 — длина рукояти;
 H — высота поворотной колонки;
 $\omega_1, \omega_2, \omega_3$ — угловая скорость, соответственно, стрелы, рукояти и поворотной колонки;
 x_C, y_C, z_C — текущие координаты точки C захвата.

Если ограничиться рассмотрением кривых вида

$$y_C = y_C(x_C); \quad z_C = z_C(x_C); \quad x_{C_2} \leq x_C \leq x_{C_1}, \quad (2)$$

то задача поиска оптимальной траектории сводится к отысканию среди кривых (2) из области $z > 0$, соединяющих точки $C_1(x_{C_1}, y_{C_1}, z_{C_1})$ и $C_2(x_{C_2}, y_{C_2}, z_{C_2})$, такой кривой, для которой функционал (1) принимает наименьшее значение.

Будем считать, что для допустимых кривых функционала (1) граничные точки не определены и, следовательно, их координаты можно выбирать как угодно. Вариация концов искомых кривых (экстремалей) дает нам дополнительные возможности для экстремизации функционала (1).

Для поиска оптимальной траектории применим методы классического вариационного исчисления, используемые в теории оптимального управления.

Функционал (1) зависит от независимого переменного x_C , искомых функций $y_C = y_C(x_C)$, $z_C = z_C(x_C)$, зависящих, в свою очередь, от ω_1, ω_2 и ω_3 .

Рассматривая угловую скорость ω_1 стрелы и угловую скорость ω_3 поворотной колонки в качестве управлений, зависящих от угловой скорости ω_2 рукояти, найдем искомые функции $y_C = y_C(x)$, $z_C = z_C(x_C)$ из системы уравнений Лагранжа — Эйлера:

$$\left. \begin{aligned} F_{\omega_1} - \frac{d}{dx_C} F_{\omega_1'} &= 0; \\ F_{\omega_2} - \frac{d}{dx_C} F_{\omega_2'} &= 0; \\ F_{y_C} - \frac{d}{dx_C} F_{y_C'} &= 0; \\ F_{z_C} - \frac{d}{dx_C} F_{z_C'} &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

В системе уравнений (3) $F_{\omega_1}, F_{\omega_1'}, F_{\omega_2}, F_{\omega_2'}, F_{y_C}, F_{y_C'}, F_{z_C}, F_{z_C}'$ обозначают частные производные подынтегральной функции F

* Дорохов С. П. Поиск оптимальной по минимуму энергетических затрат пространственной траектории переноса груза манипулятором в раскрывеочной установке / СИПЛО.— Свердловск, 1984.— 9 с.— Деп. в ВНИПИЭИлеспром 28.03.85, № 1446 лб — 85.

функционала (1) соответственно по ω_1 : $\omega'_1 = \frac{d\omega_1}{dx_C}$, ω_3 : $\omega'_3 = \frac{d\omega_3}{dx_C}$,
 y_C : $y'_C = \frac{dy_C}{dx_C}$, z_C : $z'_C = \frac{dz_C}{dx_C}$.

Решив систему уравнений (3), получим:

$$y''_C = \frac{\{y_C [1 + (z'_C)^2] - y'_C [x_C + z'_C (z_C - H)]\} [1 + (y'_C)^2 + (z'_C)^2] \{ [x_C^2 + y_C^2 + (z_C - H)^2]^2 - (l_1^2 - l_2^2)^2 \}}{[x_C^2 + y_C^2 + (z_C - H)^2] \{ 4l_2^2 [x_C^2 + y_C^2 + (z_C - H)^2]^2 - [x_C^2 + y_C^2 + (z_C - H)^2 - l_1^2 + l_2^2 \} [1 + (z'_C)^2]} + \frac{y'_C z'_C z''_C}{1 + (z'_C)^2}; \quad (4)$$

$$z'_C = \frac{\{(z_C - H) [1 + (y'_C)^2] - z'_C (x_C + y_C y'_C)\} [1 + (y'_C)^2 + (z'_C)^2] \{ [x_C^2 + y_C^2 + (z_C - H)^2]^2 - (l_1^2 - l_2^2)^2 \}}{[x_C^2 + y_C^2 + (z_C - H)^2] \{ 4l_2^2 [x_C^2 + y_C^2 + (z_C - H)^2]^2 - [x_C^2 + y_C^2 + (z_C - H)^2 - l_1^2 + l_2^2 \} [1 + (z'_C)^2]} + \frac{z'_C y'_C y''_C}{1 + (y'_C)^2}. \quad (5)$$

Поиск экстремалей, т. е. кривых, на которых достигается экстремум функционала (1), сводится к решению нелинейных дифференциальных уравнений второго порядка (4) и (5). Их общее решение имеет вид

$$y_C = C^* x_C; \quad (6)$$

$$z_C = C_1^* x_C + H. \quad (7)$$

Уравнения (6) и (7) определяют плоскости, проектирующие экстремаль на плоскости Oxy и Oxz .

Экстремум функционала (1) достигается на радиальных прямых линиях, проходящих через ось опорного шарнира A стрелы.

Для определения положения концов экстремалей воспользуемся условиями трансверсальности. Для случая, когда граничная точка находится на пространственной кривой:

$$y_{C_1, C_2} = \varphi_{1,2}(x_{C_1, C_2}); \quad z_{C_1, C_2} = \psi_{1,2}(x_{C_1, C_2}),$$

условие трансверсальности имеет вид:

$$[F + (\varphi' - y'_C) F_{y'_C} + (\psi' - z'_C) F_{z'_C}]_{x_C = x_{C_2}, x_C = x_{C_1}} = 0,$$

а дифференциальное уравнение трансверсали можно представить так:

$$(z_C - H) \frac{dz_C}{dx_C} + y_C \frac{dy_C}{dx_C} + x_C = 0. \quad (8)$$

Интеграл уравнения (8) дает семейство сферических поверхностей

$$(z_C - H)^2 + y_C^2 + x_C^2 = R^2. \quad (9)$$

Рассмотрим движение точки C захвата манипулятора по сферической поверхности (9). Такое движение реализуется тогда, когда угловая скорость рукоятки (ω_2) равна нулю.

Время движения захвата по сферической поверхности можно представить в виде функционала

$$T_4^{(1)} = \int_{x_{C_1}^{(1)}}^{x_{C_2}^{(1)}} \frac{[1 + (y'_C)^2 + (z'_C)^2]^{1/2} dx_C}{\{ [x_C^2 + y_C^2 + (z_C - H)^2] \omega_1^2 + (x_C^2 + y_C^2) \omega_3^2 \}^{1/2}} \int_{x_{C_1}^{(1)}}^{x_{C_2}^{(1)}} F_1 dx_C. \quad (10)$$

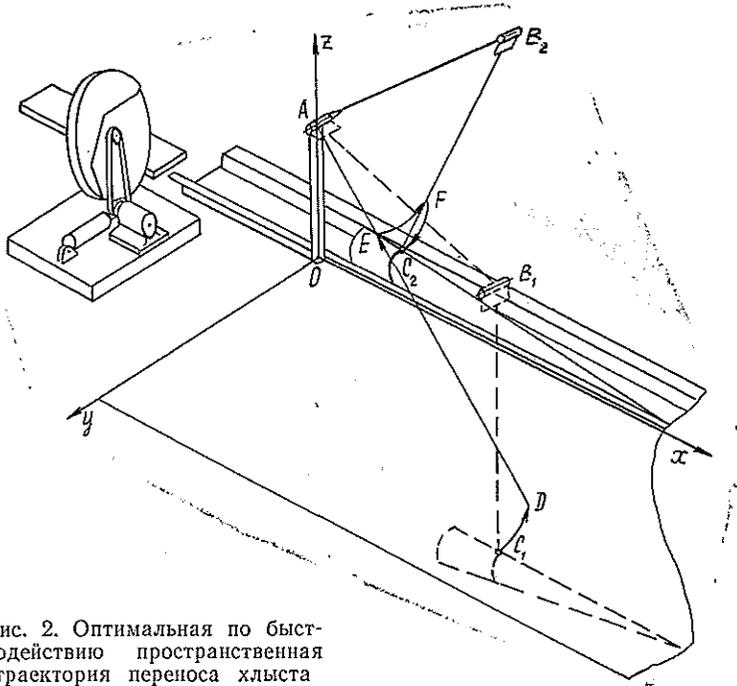


Рис. 2. Оптимальная по быстродействию пространственная траектория переноса хлыста

Найдем соотношение между угловой скоростью ω_1 стрелы и угловой скоростью ω_3 поворотной колонки при движении точки C захвата по сферической поверхности, принимая в качестве задающего органа поворотную колонку. Выбор задающего органа при поиске соотношений между угловыми скоростями значения не имеет.

Неизвестную функцию ω_1 определим из уравнения Лагранжа — Эйлера

$$(F_1)_{\omega_1} - \frac{d}{dx_C} (F_1)_{\omega_1'} = 0, \tag{11}$$

где $(F_1)_{\omega_1}$, $(F_1)_{\omega_1'}$ обозначают частные производные подинтегральной функции F_1 функционала (10) соответственно по ω_1 и $\omega_1' = \frac{d\omega_1}{dx_C}$.

Решив уравнение (11), получим $\omega_1 = 0$.

Находим, что оптимальное по минимуму времени движение точки C захвата по сферической поверхности (9) может быть реализовано последовательно поворотом колонки и подъемом или опусканием стрелы.

Таким образом, структура искомой нами оптимальной по минимуму времени траектории переноса груза может быть следующей.

1. Сумма отрезков окружностей на сфере

$$(z_C - H)^2 + y_C^2 + x_C^2 = R_C^2$$

в том случае, когда

$$R_C = R_{C_1} = R_{C_2}.$$

Здесь R_{C_1} — расстояние от оси опорного шарнира A стрелы до точки $C_1(x_{C_1}, y_{C_1}, z_{C_1})$;

R_{C_2} — расстояние от оси опорного шарнира A стрелы до точки $C_2 (x_{C_2}, y_{C_2}, z_{C_2})$.

2. Сумма отрезков окружностей на сферах радиусов R_{C_1}, R_{C_2} и отрезка радиальной прямой линии между сферами радиусов R_{C_1}, R_{C_2} в том случае, когда $R_{C_1} \neq R_{C_2}$.

На рис. 2 в качестве примера приведена одна из траекторий переноса хлыста из пачки к продольному транспортеру раскряжевочной установки. Она состоит из отрезка C_1D окружности на сфере радиуса R_{C_1} , образующейся при подъеме хлыста стрелой; отрезка DE радиальной прямой линии, проходящей через ось опорного шарнира A стрелы и образующейся при совместном движении стрелы и рукоятки; отрезков EF и FC_2 окружностей на сфере радиуса R_{C_2} , образующихся последовательно при повороте колонки и опускании хлыста на продольный транспортер.

Полученная оптимальная по минимуму времени траектория может быть использована для оптимизации процесса переноса хлыстов одностреловыми поворотными манипуляторами в раскряжевочных установках, рационального использования манипуляторов в процессах первичной обработки древесины, а также для обоснования кинематических параметров вновь разрабатываемых манипуляторов.

Поступила 24 февраля 1987 г.

УДК 630*323.13.001.24

К ВОПРОСУ АНАЛИТИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ МОМЕНТА ИНЕРЦИИ ПАДАЮЩЕГО ДЕРЕВА И СИЛЫ ЕГО УДАРА НА ПРИЕМНЫЕ ОРГАНЫ ВАЛОЧНОЙ МАШИНЫ

И. Н. ОШИПОК, Ю. Г. САВИЦКИЙ

Львовский лесотехнический институт
Львовский филиал ПКТИ Минлеспрома УССР

Процесс машинной валки деревьев характеризуется сложным взаимодействием рабочих органов лесозаготовительной машины с деревом как предметом труда. При изучении этого вопроса важен выбор рационального метода теоретических исследований и его соответствие реальным условиям падения дерева.

Важным показателем, влияющим на величину динамической нагрузки на машину, является момент инерции падающего дерева.

Для упрощения расчетов реальное дерево можно уподобить по форме усеченному конусу его ствола [1]. Расчетная схема дерева представлена на рис. 1. При падении конус вращается вокруг оси X_A , относительно которой находим момент инерции. Сразу это сделать невозможно. Сначала найдем момент инерции конуса относительно оси X , затем относительно оси X_C

$$I_{X_C} = I_X - MZ_C^2 \quad (1)$$

и, наконец, относительно оси X_A

$$I_{X_A} = I_{X_C} + M\sqrt{Z_C^2 + R^2}, \quad (2)$$

где M — масса конуса, $M = Q/g$.

$$Z_C = \frac{H}{4} \frac{R^2 + 2Rr + 3r^2}{R^2 + Rr + r^2}. \quad (3)$$

Для определения момента инерции относительно оси X надо рассмотреть сначала элементарный объем (диск радиусом r_i). Его момент инерции относительно оси Z :

$$i_z = \frac{m_i r_i^2}{2},$$

относительно оси X_i :

$$i_{X_i} = \frac{1}{2} i_z = \frac{m_i r_i^2}{4},$$

а относительно оси X (по теореме Штейнера)

$$i_x = i_{X_i} + m_i Z_i^2 = \frac{m_i r_i^2}{4} + m_i Z_i^2.$$

Так как

$$m_i = \gamma \pi r_i^2 \Delta Z_i \text{ и } r_i = \frac{r Z_i + R(H - Z_i)}{H},$$

то

$$i_x = \frac{\gamma \pi}{4} \frac{(r Z_i + R(H - Z_i))^4}{H^4} \Delta Z_i + \gamma \pi Z_i^2 \frac{(r Z_i + R(H - Z_i))^2}{H^2} \Delta Z_i^2.$$

Суммируя и переходя к пределу, получим:

$$I_x = \frac{\gamma \pi}{4 H^4} \int_0^H (r Z + R(H - Z))^4 dZ + \frac{\gamma \pi}{H^2} \int_0^H Z^2 (r Z + R(H - Z))^2 dZ,$$

отсюда

$$I_x = \frac{\gamma \pi H}{20} \frac{R^5 - r^5}{R - r} + \frac{\gamma \pi H^3}{30} (R^2 + 3Rr + 6r^2). \quad (4)$$

Дальнейшие преобразования затруднений не представляют. Например, для прямого конуса ($r = 0$) имеем

$$I_x = \frac{\gamma \pi H R^4}{20} + \frac{\gamma \pi H^3 R^2}{30}. \quad (5)$$

Выделяя массу конуса $M = \frac{1}{3} \gamma \pi r^2 H$, получим:

$$I_x = \frac{1}{3} \gamma \pi R^2 H \frac{3R^2}{20} + \frac{1}{3} \gamma \pi R^2 H \frac{H^2}{10} = \frac{3MR^2}{20} + \frac{MH^2}{10}.$$

Относительно оси Z_C :

$$I_{Z_C} = I_x - M Z_C^2 = \frac{3MR^2}{20} + \frac{MH^2}{10} - \frac{MH^2}{16};$$

для прямого конуса ($Z_C = \frac{H}{4}$), или

$$I_{Z_C} = \frac{3MR^2}{20} + \frac{3MH^2}{80} = \frac{3}{20} M \left(R^2 + \frac{1}{4} H^2 \right). \quad (6)$$

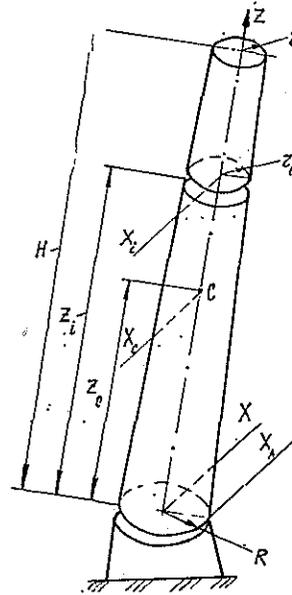


Рис. 1

В расчетах на прочность деталей технологического оборудования и лесозаготовительных машин необходимо иметь достаточно обоснован-

ное представление о силах, возникающих при падении дерева. Такие силы можно определить с помощью дифференциального уравнения вращательного движения тела вокруг неподвижной оси, проходящей в сечении пропила дерева:

$$I_Z \ddot{\varphi} = Qh_C \sin \varphi - M_B, \quad (7)$$

где I_Z — момент инерции дерева относительно оси, проходящей в сечении пропила дерева, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$;

$\ddot{\varphi}$ — угловое ускорение падающего дерева, с^{-2} ;

Q — вес дерева, Н ;

h_C — координата центра тяжести дерева, м , равная $0,38 \dots 0,4 \text{ м}$;

M_B — момент сил сопротивления воздушной среды, $\text{Н} \cdot \text{м}$.

Правая часть уравнения (7) представляет собой момент внешних сил, под действием которых происходит падение дерева.

В результате исследований установлено, что масса надземной части деревьев может быть выражена параболической кривой вида [2]

$$Q = aD_{1,3}^2 + bD_{1,3} + c, \quad (8)$$

где a , b и c — коэффициенты, зависящие от породы дерева и разряда его высоты;

$D_{1,3}$ — диаметр дерева на высоте $1,3 \text{ м}$, см .

Момент силы сопротивления воздушной среды можно выразить зависимостью

$$M_B = \alpha \dot{\varphi}^2, \quad (9)$$

где α — коэффициент пропорциональности, зависящий от природных факторов;

$\dot{\varphi}$ — угловая скорость движения дерева.

Коэффициент пропорциональности α можно определить по формуле

$$\alpha = \frac{1}{2} C_X \rho H_a^3 S_M, \quad (10)$$

где C_X — коэффициент силы лобового сопротивления воздушной среды падающему дереву;

ρ — плотность воздушной среды, $\text{кг}/\text{м}^3$; при давлении 760 мм рт. ст. и температуре 15°C $\rho = 0,125 \text{ кг}/\text{м}^3$;

H_a — расстояние от оси вращения дерева до центра приложения силы сопротивления воздушной среды, м ;

S_M — площадь миделевого сечения дерева, м^2 .

Угловая скорость движения дерева определяется из уравнения (7) при помощи существующих числовых методов, так как решение представленного уравнения аналитическим путем сопряжено с большими трудностями. Используя метод Рунге — Кутты, определим угловую скорость движения дерева. Блок-схема решения уравнения на рис. 2.

Ударную силу, воспринимаемую рабочими органами лесозаготовительных машин, определим на основании теоремы об изменении момента количества движения материальной системы. В рассматриваемом случае дерево движется параллельно плоскости его материальной симметрии, значит, все ударные силы лежат в этой плоскости. Следовательно,

$$I_Z (\omega_2 - \omega_1) = -Sa_1. \quad (11)$$

где I_Z — момент инерции падающего дерева, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$;

ω_1 — угловая скорость вращения дерева до момента удара, с^{-1} ;

ω_2 — угловая скорость вращения дерева после момента удара, с^{-1} ;

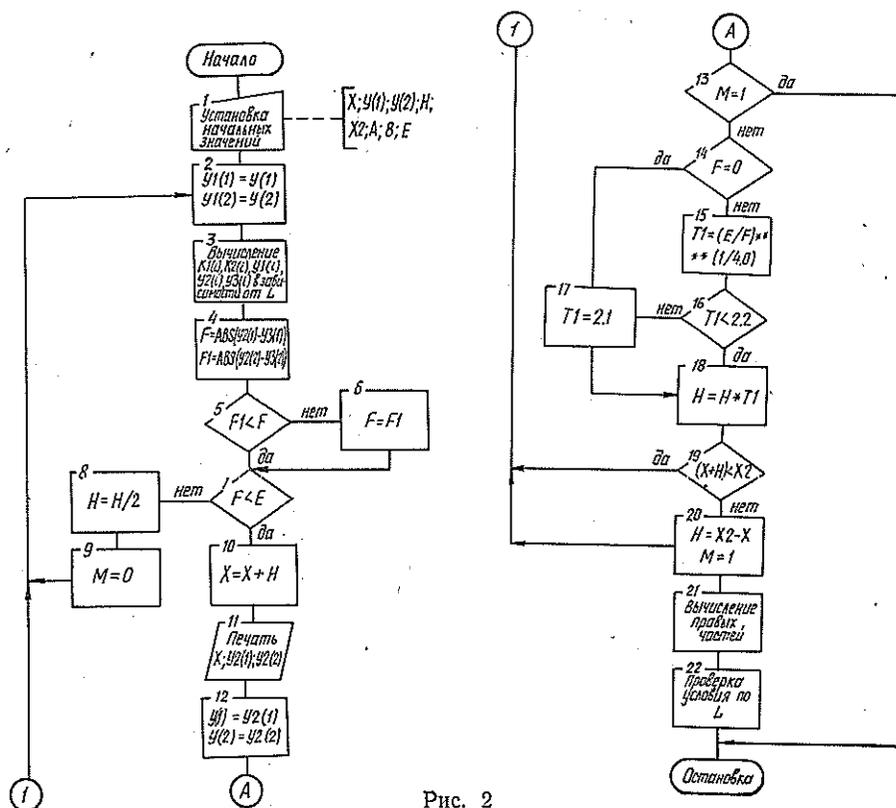


Рис. 2

S — ударный импульс, кг · с;
 a_1 — плечо ударного импульса, м.

Из уравнения (11) определим ударный импульс без учета смягчающих факторов, при первом встречном ударе, после которого вращение дерева прекращается ($\omega_2 = 0$):

$$S = \frac{I_Z \omega_1}{a} \tag{12}$$

Зная ударный импульс, найдем ударную силу F_u :

$$F_u = \frac{S}{\tau}$$

где τ — время соударения дерева с рабочими органами, с.

Полученные аналитические выражения для определения момента инерции падающего дерева и силы удара на приемные органы лесозаготовительных машин могут быть использованы в инженерных расчетах при конструировании новых моделей многооперационных лесозаготовительных машин.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Орлов С. Ф. Теория и применение агрегатных машин на лесозаготовках.— М.: Гослесбумиздат, 1963.— 270 с. [2]. Полицук А. П. Валка леса.— М.: Лесн. пром-сть, 1972.— 175 с.

Поступила 3 декабря 1987 г.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 681.513.68

МИКРОПРОЦЕССОРНОЕ УПРАВЛЕНИЕ
РЕЗАНИЕМ ФИБРОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Ю. Г. ПАВЛОВ, И. Р. ЯРМУХАММЕТОВ, Д. М. ОЗЕРСКИЙ

Московский лесотехнический институт

Материалы из фибры находят применение в различных областях техники. В частности, фибровые трубки (ГОСТ 11945—75) используют для изготовления дугогасительных элементов, трубчатых разрядников, изоляционных корпусов низковольтных предохранителей, а также в качестве конструкционных материалов. В связи с этим в технологическом процессе предприятий ЦБП, производящих фибру, осуществляется раскрой фибровых заготовок на детали нужных длин и в необходимой комплектности.

Автоматизация оптимального раскроя линейных материалов может осуществляться на целлюлозно-бумажном предприятии с помощью микропроцессорного комплекса типа 15ВУМС-28-025. Однако для практической реализации требуется разработать эффективные программы линейного раскроя в соответствии с возможностями микроЭВМ.

Постановка задачи

Семейство фибровых труб включает n различных длин l_j , $j = \overline{1, n}$. В результате раскроя необходимо получить m разных длин заготовок-деталей l_i , $i = \overline{1, m}$ в количестве b_i , $i = \overline{1, m}$ по каждому виду деталей, причем технологически приемлемый план раскроя должен обеспечивать минимизацию суммарного отхода. Раскройный план представляется совокупностью таблиц-раскроев (r_1, \dots, r_v) и неотрицательных целых чисел (t_1, \dots, t_v) , показывающих интенсивность применения данного раскроя r_v для соответствия размерам партии (b_1, b_2, \dots, b_m) .

Сформулированную задачу можно записать в виде

$$\text{Min} \sum_v^m l_j(r_v) t_v; \quad (1)$$

$$\sum_i^m l_i a_i(r_v) \leq l_j(r_v); \quad (2)$$

$$\sum_v^p a_i(r_v) t_v = b_i, \quad (3)$$

где $a_i(r_v)$ — число деталей длины l_i в r_v -м раскрое.

Первое условие — целевая функция — минимум расходуемого на партию материала; условия второе и третье соответственно обеспечивают допустимость раскроя r_v и комплектность.

Метод решения

Для решения задачи (1)–(3) используют алгоритм последовательного улучшения с генерированием улучшающих допустимых раскроев на каждом шаге процесса [1]. Алгоритм позволяет получать числа t_v вещественного типа. Поскольку, в соответствии с постановкой задачи, все t_v целые, то, применительно к условиям массового производства, в алгоритм введена процедура определения минимального целого N , такого, что $t_v N = \hat{t}_v$ — целое. При этом $\hat{b}_i = N b_i$ — программа выпуска деталей i -го вида в условиях массового производства. Определить $*t_{v, \nu} = \overline{1, P}$ можно на основании решения линейной системы

$$\sum_{\nu}^P a_i(r_{\nu}) \hat{t}_{\nu} = \hat{b}_i \quad i = \overline{1, m}, \text{ т. е. } \hat{t}_{\nu} = \Delta \nu / \Delta \quad \nu = \overline{1, P}.$$

Ввиду того, что в рассматриваемой задаче линейного раскроя все $a_{i\nu}, i = \overline{1, m}, \nu = \overline{1, P}$ целые, то Δ_{ν} и Δ целые и, следовательно, в качестве N можно принять определитель Δ , а затем после вычисления всех $\hat{t}_{\nu} = t_{\nu} N = \hat{t}_{\nu} \Delta$ сокращают $\hat{t}_{\nu}, \nu = \overline{1, P}$ на общий делитель, если такое сокращение возможно.

При построении вычислительной схемы алгоритма последовательного улучшения плана [1] на 15ВУМС-28-025 возникает необходимость найти двойственные оценки $Y_i, i = \overline{1, m}$ на основе решения системы линейных уравнений $\sum_i^m a_{ir} Y_i = l_j(r)$ и коэффициентов $g_k, k = \overline{1, m}$ разложения вектора $\bar{a}(r_0)$ по текущему базису.

Использование стандартных программ микроЭВМ не обеспечивает необходимой точности решения ввиду накопления ошибки округления. В рассматриваемых задачах все ненулевые коэффициенты — целые числа. Для исключения ошибки округления в методе Гаусса была устранена операция деления. Если на i -м шаге осуществляется удаление i -й переменной из j -й строки, то элементы i -й и j -й строк сначала умножают соответственно на a_{ij} и a_{ii} , а затем вычитают. Все элементы j -й строки, с целью избежания переполнения разрядной сетки ВУМС, сокращают на наибольший общий делитель для коэффициентов j -й строки, если такое сокращение возможно. В получаемой треугольной матрице все коэффициенты при переменных остаются целыми и инструментальные ошибки округления исключены. Построенная таким образом программа обеспечивает большее по сравнению со стандартной быстрдействие и точность.

Результаты вычислительных экспериментов

1. При оптимизации технологического процесса существенный фактор, определяющий эффективность внедрения, — длительность выполнения одного цикла расчетов на микроЭВМ. Как следует из алгоритма последовательного улучшения [1], длительность счета t зависит от абсолютной длины наибольшей из раскраиваемых труб $l_{j \max}$ и общего числа видов (длин) деталей m . Зависимости $t(l_{j \max})$ и $t(m)$ представлены на рис. 1. Первая из них близка к линейной, вторая имеет резко выраженный нелинейный характер.

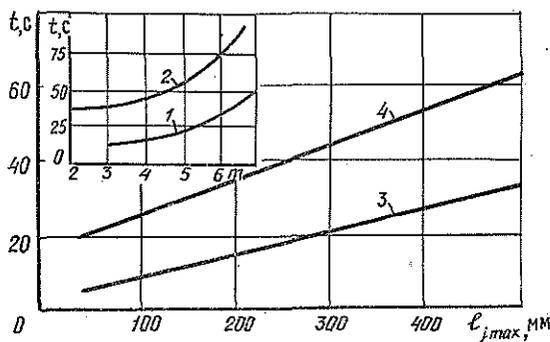


Рис. 1. Зависимости продолжительности счета t от длины наибольшей из труб $l_{j \max}$ и числа деталей m :
 1 — $l_{j \max} = 50$; 2 —
 $l_{j \max} = 300$; 3 — $m = 3$;
 4 — $m = 5$

Как следует из рис. 1, в случае реальных практических задач ($l_{j \max} > 500, m > 10$) общие затраты микроЭВМ «Электроника 60»

возрастают до десятков минут, что затрудняет использование микропроцессора 15ВУМС-28-025 при оперативном управлении технологическим процессом. Проведенные эксперименты выявляют слабую зависимость продолжительности счета от длин l_i $i = \overline{1, m}$ деталей, на которых раскраивают фибровый материал.

Полученные результаты позволяют очевидным образом существенно уменьшить суммарные затраты продолжительности микропроцессора для решения конкретной технологической задачи путем предварительного предоптимизационного анализа входного массива данных: $l_i i = \overline{1, m}$; $l_j j = \overline{1, n}$.

С этой целью в окончательном варианте программного комплекса множество длин деталей и труб сортируют на группы, каждая из которых состоит из длин деталей и труб кратных размеров, что позволяет произвести условное сокращение размеров (элементов группы) на величину кратности и осуществить решение каждой из подзадач, соответствующих полученному разбиению.

Результаты экспериментов по решению комплекса практических задач с помощью указанной модификации иллюстрирует табл. 1.

Таблица 1

Число исходных длин	Число деталей	Группа кратных длин	Кратность, число деталей, продолжительность счета в группе, мин			Суммарная продолжительность счета	Отход, %
4	12	3	2, 5, 1,58	3, 3, 0,43	—, 4, 2,88	$\frac{12,06}{4,9}$	$\frac{0}{0}$
3	7	2	3, 3, 0,21	3, 4, 0,23	—	$\frac{0,91}{0,44}$	$\frac{0}{0,21}$
4	12	3	5, 4, 0,5	2, 4, 1,66	3, 4, 1,1	$\frac{22,83}{3,26}$	$\frac{0}{0}$
4	12	3	2, 4, 0,93	3, 3, 1,26	—, 5, 3,13	$\frac{11,0}{5,36}$	$\frac{0}{0}$

Примечание. В числителе данные без сортировки; в знаменателе — с сортировкой.

Как видно из данных табл. 1, предложенная модификация вычислительного процесса позволяет сократить продолжительность счета в проведенных экспериментах в 2—6 раз, разумеется, при условии, что исходные массивы допускают разбиение на подмножества кратных длин, и при условии допустимости незначительного увеличения отхода (табл. 1, строка 2). И при отсутствии кратности (строки 1, 4 в табл. 1) суммарная продолжительность счета уменьшается значительно.

2. Важный практический результат моделирования на микропроцессорном комплексе — подтверждение возможности автоматического получения семейства различных раскройных планов при решении одной и той же технологической задачи путем простого изменения, в диалоговом процессе выработки решения, порядка ввода данных. Каждой последовательности ввода данных соответствует свой план раскроа с близкими (практически совпадающими) коэффициентами раскроа. Программный комплекс ориентирован на линейный раскрой в массовом производстве, что предопределяет в реальных задачах, характе-

Таблица 2

Раскрой 1						Раскрой 2					Раскрой 3					Раскрой 4				
Число деталей по номерам						Число деталей по номерам					Число деталей по номерам					Число деталей по номерам				
1	2	3	4	5	t_j	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
7	0	2	1	0	140	6	1	1	0	0	0	0	23	0	1	0	5	0	0	0
0	5	0	0	0	110	0	4	1	0	3	0	0	0	12	1	150	7	0	1	1
0	0	19	4	0	150	0	1	18	0	0	0	0	0	0	10	120	0	0	25	0
0	0	0	6	8	150	0	1	0	12	0	7	0	2	1	0	120	0	0	0	0
0	0	0	0	10	120	2	0	0	0	8	0	0	5	0	0	140	0	0	2	11
																110	0	8	6	4

Таблица 3

Параметр сменного задания (исходная задача)			Базовый раскройный план			Раскройный план в массовом производстве		
t_j	t_l	b_{t_l}	Раскрой	t_v	%	Раскрой	t_v	δ_{t_l}
800	125	51	8,0,0,0 : 1 000	1,875		8,0,0,0 : 1 000	15	408
	320	96	0,3,0,0 : 1 000	20,0	1,23	0,3,0,0 : 1 000	160	768
1 000	405	114	0,0,2,2 : 1 000	57,0		0,0,2,2 : 1 000	456	912
	95	132	2,2,0,1 : 1 000	18,0		2,2,0,1 : 1 000	144	1 056
2 000	200	244	20,0,0,0 : 4 000	3,05		20,0,0,0 : 4 000	61	4 880
	600	352	0,2,0,0,2 : 4 000	84,5		0,2,0,0,2 : 4 000	1 690	7 040
	800	538	0,0,5,0,0 : 4 000	107,6	0,37	0,0,5,0,0 : 4 000	2 152	10 760
4 000	1 200	525	2,2,0,2,0 : 4 000	91,5		2,2,0,2,0 : 4 000	1 830	10 500
	1 400	853	0,0,0,1,2 : 4 000	342		0,0,0,1,2 : 4 000	6 840	17 060

ризующихся соотношением $l_{j \max}/l_{i \max} > 10$, получить коэффициенты отхода, близкие к нулю.

Полученные семейства раскроев для одной технологической задачи за практически приемлемое время (десятки минут 15ВУМС-28-025) позволяют перейти к реализации последовательной многокритериальной оптимизации в зависимости от конкретных условий и целей данного производства. В частности, можно получить раскройные планы, использующие всю номенклатуру исходных заготовок (раскрой 1, табл. 2) или, наоборот, только одну из них (раскрой 2, табл. 2) и т. д. Возможности получения указанного семейства иллюстрируют данные табл. 2, в которой отражены результаты раскроя заготовок длиной l_j , равной 110, 120, 140, 150 мм на детали длиной по номерам: 1—17 мм; 2—22; 3—6; 4—9; 5—12 мм в количествах соответственно 140, 180, 300, 280, 400.

На полученном семействе раскроев специалист-технолог в диалоге с микроЭВМ может принимать решение по использованию того или иного раскройного плана, что является неперенным условием, обеспечивающим практическую реализуемость результатов расчетов на ЭВМ.

3. Ранее указывалось, что метод последовательного улучшения позволяет получать интенсивность применения того или иного раскроя в виде вещественного числа. В условиях массового производства практически приемлемо N -кратное увеличение программы выпуска, позволяющее внедрить раскрой с низким коэффициентом отхода. Данную ветвь программного комплекса линейного раскроя с помощью 15ВУМС-28-025 иллюстрирует табл. 3.

Как видно из данных табл. 3, переход к раскройному плану в условиях массового производства позволяет уменьшить потери по сравнению с оперативным посменным управлением. При выполнении расчетов на одну смену неизбежна процедура округления интенсивностей применения раскроев t_i до ближайшего целого, в силу чего коэффициент отхода выше, чем в случае раскроя применительно к массовому производству.

4. Практически допустимы ситуации, когда разбиение исходного массива на подмножества кратных длин невозможно. Однако представление исходной задачи в виде комплекса из нескольких задач целесообразно, ибо позволяет все же снизить суммарные затраты времени микроЭВМ, хотя и влечет за собой увеличение коэффициента отхода. Возникает вопрос об определении оптимального числа элементов в подзадаче. Результаты экспериментов показали, что хотя, с позиции уменьшения затрат машинного времени, при реализации данной технологической задачи целесообразно разбиение на возможно большее число подзадач и, тем самым, на уменьшение числа деталей в подзадаче, с позиции уменьшения отходов, напротив, группы должны быть с максимальным числом деталей. Поскольку в условиях массового про-

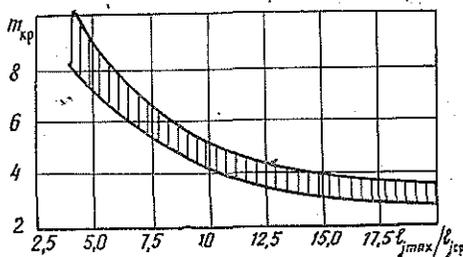


Рис. 2. Зависимость оптимального числа деталей $m_{кр}$ в подзадаче от отношения длины наибольшей из труб к средней длине детали $\frac{l_{j \max}}{l_{j \text{ ср}}}$

изводства превалирует требование минимизации уровня отходов, проведенные эксперименты позволяют сделать вывод о необходимости наличия в группе от 3 до 8 деталей. Этот показатель зависит от максимальной длины раскраиваемых заготовок в соответствии с рис. 2.

Выводы и практические рекомендации

Предложенный нами комплекс автоматизации технологического процесса получения линейных раскроев фибровых материалов на базе микропроцессора 15ВУМС-28-025 позволяет решать практические задачи оптимального линейного раскроя в оперативном режиме в рамках разработанной диалоговой системы. Ввод данных в микроЭВМ осуществляется в диалоговом режиме в порядке, определяемом системой. Из технологических характеристик реальных задач фибрового раскроя, а также с учетом возможностей ВУМС предусмотрены ограничения по числу длин раскраиваемых материалов (не более 10), по длине наибольшей из труб (не более $5 \cdot 10^3$ мм), по номенклатуре деталей (не более 30).

Организация и ведение вычислительного процесса могут варьировать в зависимости от текущих целей. Если необходимо получить семейство раскройных планов за минимальное время, то следует осуществить разбиение исходной задачи на несколько подзадач с числом деталей, определяемым в соответствии с рис. 2, что обеспечит сокращение длительности счета в несколько раз. Для получения семейства раскройных планов в диалоге с микроЭВМ варьируют порядок ввода исходных данных или изменяют состав заготовок, входящих в раскрой. Если же главным является получение раскройных планов с минимально-возможным отходом, то необходимо либо реализовать на микроЭВМ задачу в исходном виде, либо (в случае громоздких задач) осуществлять разбиение на подзадачи с числом длин деталей не менее 8—9.

При разбиении множества деталей на несколько подмножеств необходимо, с целью предотвращения увеличения суммарного коэффициента отхода, обеспечивать близость между собой средних длин деталей различных групп.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Мухачева Э. А. Рациональный раскрой промышленных материалов.— М.: Машиностроение, 1984.— 176 с.

Поступила 13 июля 1987 г.

УДК 674.093 : 69.025.351.3

ОСОБЕННОСТИ РАСПИЛОВКИ ТОНКОМЕРНОГО БЕРЕЗОВОГО СЫРЬЯ ПРИ ВЫРАБОТКЕ ЗАГОТОВОК ДЛЯ ОДНОСЛОЙНЫХ ЩИТОВ ПАРКЕТА

Г. Н. БЕРСТЕНЕВА

Уральский лесотехнический институт

Для изготовления однослойных щитов паркета широко используют древесину березы. Небольшие размеры паркетных заготовок позволяют достаточно эффективно перерабатывать низкокачественное и тонкомерное сырье. Однако опыт работы предприятий, производящих однослойный паркет, показал, что при подготовке и распиловке сырья, сушке и раскрое досок, механической обработке заготовок возникает ряд особенностей.

Применяемые в промышленности способы распиловки бревен небольшого диаметра, а также известные рекомендации в направлении их совершенствования предполагают двухступенчатую переработку сортиментов: получение длинномерных пиломатериалов и их раскрой на заготовки заданных размеров. Распиловка с брусковкой в таких случаях не предусмотрена, что в определенной мере ограничивает возможности увеличения выхода короткомерной пилопродукции.

Заготовки для однослойного паркета вырабатывают длиной 629 и 429 мм или кратной указанным параметрам. При определенных размерно-качественных характеристиках березового сырья и экспериментально установленном влиянии сортообразующих пороков древесины на выход короткомерной пилопродукции распиловка бревен с брусковкой может повысить выход паркетных заготовок.

Для березового сырья на ряде предприятий Урала основную долю (около 90 %) в общем объеме составляют бревна длиной 4 м, а преобладающие диаметры — 16, 18, 20 см (более 50 %). Эти показатели являются базовыми при разработке рациональных способов раскроя сырья и определении размеров пиломатериалов.

Исследованиями* установлено, что основная масса березового сырья не удовлетворяет требованиям к качеству паркетных заготовок. В однослойном щитовом паркете не допускаются: гниль всех видов, трещины, табачные, гнилые и несросшиеся сучки, прорости. По видам и параметрам пороков древесины, насыщенности ими пиловочных березовых бревен сырье распределяют по сортам следующим образом: I сорт — 4,67 %, II — 17,78, III — 34,85, IV — 42,70 %.

Насыщенность сырья пороками древесины представлена на рис. 1, а характер их распределения в зависимости от диаметра бревен — на рис. 2.

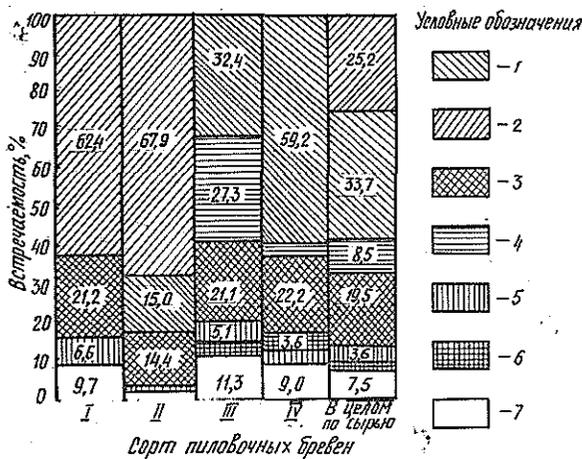


Рис. 1. Насыщенность березового пиловочного сырья сортообразующими пороками древесины: 1 — бессучковые и с заросшими сучками; 2 — с здоровыми сучками; 3 — с кривизной; 4 — с табачными сучками; 5 — с гнилью; 6 — с трещинами; 7 — с прочими пороками

Березовые бревна диаметром 14... 24 см, являясь чаще всего верхинными вырезками, насыщены здоровыми сучками и имеют значительную кривизну. В основном по этой характеристике сырья следует выявлять технологические возможности и эффективность его использования. Исследования по раскрою сырья, имеющего указанные размерно-качественные характеристики, на заготовки для однослойных щитов паркета

* Берстенева Г. Н. Способы раскроя березового сырья на заготовки для однослойных щитов паркета: Дис... канд. техн. наук.— Л.— 1986.

подтверждают, что распиловку бревен следует производить таким образом, чтобы уже на этом этапе были сформированы сечения заготовок ($60,5 \times 31,5$ мм). В результате уменьшаются трудозатраты на обработке пиломатериалов, отходы древесины сосредоточатся в лесопильном цехе, что улучшает их переработку. Эти условия обеспечиваются при использовании распиловки с брусковой, позволяющей варьировать поставки по разным диаметрам, если вырабатываются заготовки одного сечения.

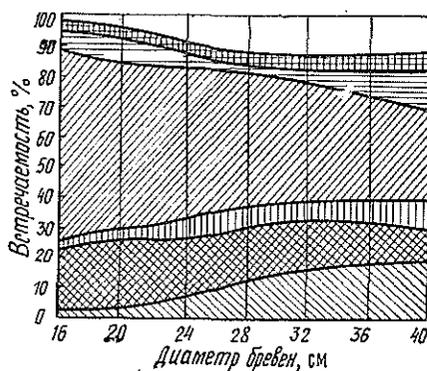


Рис. 2

Графоаналитические расчеты и экспериментальные исследования по ряду схем переработки круглого березового сырья на заготовки для однослойного паркета показали, что для бревен диаметром 14...22 см рациональна схема раскроя за два прохода с выпиловкой на первом проходе сердцевинной доски (бруса), толщина которой равна однократной ширине заготовки, а для бревен диаметром более 22 см — схема, предполагающая распиловку за три прохода (рис. 3).

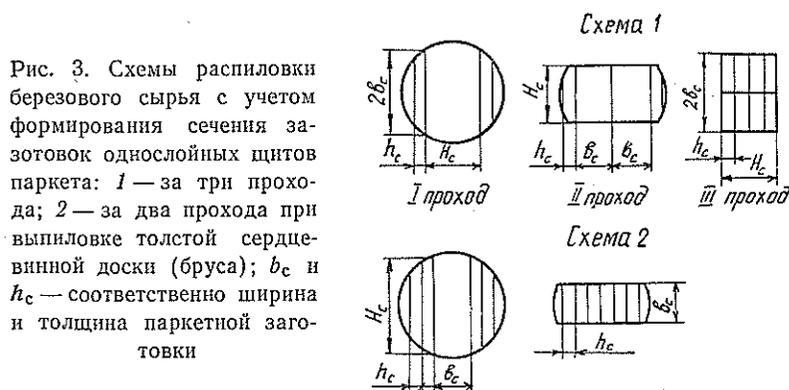


Рис. 3. Схемы распиловки березового сырья с учетом формирования сечения заготовок однослойных щитов паркета: 1 — за три прохода; 2 — за два прохода при выпиловке толстой сердцевинной доски (бруса); b_c и h_c — соответственно ширина и толщина паркетной заготовки

При раскрое по схеме 1 около 60 % заготовок выходят чистообрезными и сформированными по сечению. Так как эффективность данного способа значительно снижается при распиловке бревен с кривизной, то перед раскроем сортименты необходимо предварительно разрезать на части, кратные длинам заготовок и имеющие кривизну не более 1 %. Толщина заготовок паркета должна быть не менее 31,5 мм, поставками по предлагаемым схемам предусмотрена выработка боковых и крайних досок одной толщины по размеру заготовок, хотя при дальнейшей переработке пиломатериалов объемное использование сырья заметно снижается из-за существенной разницы ширин пластей.

При разработке плана раскроя сырья для получения паркетных заготовок и прогнозирования объема его эффективного использования следует учитывать влияние пороков древесины, их размеров и ориентации относительно плоскости распила на выход продукции. По результатам исследований определены уравнения регрессии, отражающие влияние различных факторов на выход заготовок при распиловке бревен с

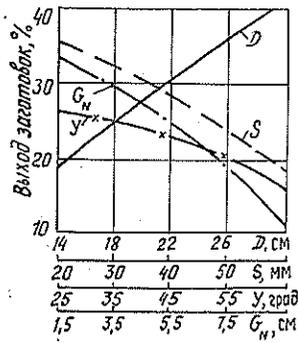


Рис. 4. Зависимости выхода заготовок $V_{\text{заг}}$ от диаметра бревна D , размера сучка S , угла выхода сучка на поверхность Y и размера гнили G_N ;
 $b = 60,5$ мм, $H = 31,5$ мм

брусковой по предлагаемым к использованию схемам. Эти зависимости для схемы раскряса за три прохода приведены на рис. 4.

Опытные распиловки березового сырья по схеме раскряса с брусковой за три прохода проводили по поставам, указанным в табл. 1.

Таблица 1

Группа диаметров, см	Постав						
	Первый проход		Второй проход			Третий проход	
14, 15, 16	31,5	70,0	31,5	60,5			31,5
	1	1	1	2			2
17, 18	31,5	106,4	31,5	60,5			31,5
	1	1	1	2			3
19, 20, 21	31,5	143,4	31,5	31,5	60,5	31,5	31,5
	1	1	1	1	2	1	4
22, 23, 24	31,5	180,1	31,5	31	60,5	31,5	31,5
	1	1	1	1	2	1	5
25, 26, 27	31,5	143,4	31,5	31,5	60,5	31,5	31,5
	2	1	2	1	3	1	4

В проведенных исследованиях бревна, имеющие кривизну более 1 %, предварительно были разрезаны на отрезки, кратные длине заготовок (но не менее 1,3 м).

Выход заготовок приведен в табл. 2.

Таблица 2

Диаметр бревен, см	14	16	18	20	22	24	26	Средне-взвешенный выход
Встречаемость, %	10,7	14,2	15,3	13,0	11,0	9,5	26,3	100,0
Выход заготовок, %	22,07	23,82	22,08	27,48	34,14	36,43	38,68	30,8

При распиловке березового сырья по схеме с получением сердцевинной доски (бруса) толщиной, равной ширине паркетных заготовок с необходимыми припусками, по поставу $\frac{31,5}{2} - \frac{60,5}{1} - \frac{31,5}{2}$ средне-

взвешенный выход заготовок для однослойного паркета составляет 29,93 %, и применение этой схемы не требует сортировки сырья по диаметрам.

В условиях использования двух схем раскроя бревен на основе распиловки с брусковкой для групп сырья диаметром до 22 см и более можно довести использование древесины на заготовки до 32,4 %, что на 5,4 % выше по сравнению с имеющимся раскромом в производственной практике предприятий.

Поступила 10 декабря 1986 г.

УДК 674.053:621.934

О СОГЛАСОВАНИИ СТЕПЕНИ ПРОКОВКИ (ВАЛЬЦЕВАНИЯ) С ЧАСТОТОЙ ВРАЩЕНИЯ КРУГЛОЙ ПИЛЫ

Ю. М. СТАХИЕВ, С. В. ЕРШОВ, В. В. МАКАРОВ

ЦНИИМОД

В технической литературе [1, 7, 8] и проспектах инструментальных фирм, например, США, Японии, Швеции, указано на необходимость назначения степени проковки (вальцевания) диска в зависимости от частоты его вращения. Вопрос о проковке пил «под обороты» — предмет дискуссий на семинарах инструментальщиков. Практически нет ни одной работы, в которой был бы научно обоснован подход к решению данной проблемы и нормативных рекомендаций.

Исследованиями [4—6] в СССР (ЦНИИМОД, ЛТА, УЛТИ) и [9, 10] в США (Калифорнийский университет, Институт деревообрабатывающего оборудования) установлено, что для устойчивой работы диска пилы ее рабочая частота вращения $n_{\text{раб}}$ не должна превышать минимальную критическую частоту вращения $n_{\text{кр}}^{\text{min}}$. Это положение в СССР закреплено требованиями ГОСТ 980—80. Говоря о согласовании частоты вращения при $n_{\text{раб}} < n_{\text{кр}}^{\text{min}}$ со степенью проковки, обычно имеют в виду, что вызванные проковкой ослабление средней зоны невращающегося диска и уменьшение изгибной жесткости его периферийной зоны должны быть устранены при вращении.

В 1985—1986 гг. ЦНИИМОДом проведены теоретические и экспериментальные исследования изгибной жесткости периферийной зоны диска пилы [2, 3]. Рассмотрены две расчетные схемы:

1) к вращающемуся диску (диаметром D_1 , толщиной s), защемленному по внутреннему контуру фланцами диаметром $d_{\text{ф}}$, на радиусе r приложена неподвижная в пространстве поперечная сосредоточенная сила P ;

2) то же, что в 1-й, но сила P неподвижна относительно диска и вращается вместе с ним.

Теоретические исследования выполнены с применением энергетического метода, основанного на принципе Остроградского — Гамильтона. Согласно этому принципу, среди всех возможных, осуществляется движение системы, дающее стационарное значение функционалу:

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

где T — кинетическая энергия системы;
 Π — потенциальная энергия системы;
 t — время.

В первой расчетной схеме выражения для T и Π составлены для неподвижной в пространстве системы координат, что приводит к решению задачи колебаний вращающегося диска по неподвижным в пространстве формам, а во второй схеме выражения для T и Π составлены для вращающейся вместе с диском системы координат и решена задача его изгиба.

Прогиб диска w в точке с координатами r, φ представлен разложением в ряд координатных функций с неизвестными коэффициентами a_λ :

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

Здесь λ — число узловых диаметров;
 u_λ — функция от r .

Функция u_λ представляла полином четвертой степени, коэффициенты которого f_λ и g_λ определяли из условия удовлетворения функции w граничным условиям на внешнем контуре диска [2, 3]. Выражение w по формуле (2) подставляли в функционал (1) и после выполнения условия стационарности ($\partial \Pi / \partial a_\lambda = 0$) была получена система $n + 1$ уравнений относительно неизвестных коэффициентов a_λ .

В эти уравнения входят коэффициенты, зависящие от начальных напряжений от проковки (вальцевания) пилы. Их определяют расчетом возникающих от проковки напряжений. Поскольку в работах ЦНИИМОДа теоретически и экспериментально обстоятельно изучена взаимосвязь частот собственных колебаний и напряженного состояния пил, то в данной работе использовали метод вычисления неизвестных коэффициентов, зависящих от начальных напряжений, через известные частоты собственных колебаний, полученные расчетом или экспериментально.

Определив коэффициенты a_λ и прогиб диска w в точке приложения силы P , определяли изгибную жесткость

$$j = \frac{P}{w}. \quad (3)$$

По результатам теоретических исследований составлена программа на ФОРТРАНЕ и на ЭВМ ЕС-1022 выполнены расчеты.

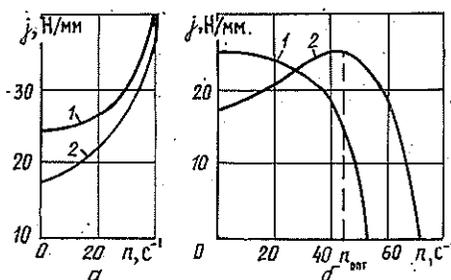


Рис. 1. Влияние частоты вращения n на изгибную жесткость j (на $r = 234$ мм при $d_\Phi = 125$ мм) непрокованного (1) и прокованного до критического состояния (2) диска пилы ($500 \times 2,2$ мм): a — сила P вращается с диском; b — сила P неподвижна в пространстве

Установлено (рис. 1, а), что если сила P вращается вместе с диском и изгибает его, то с увеличением частоты вращения изгибная жесткость диска только увеличивается независимо от его начального напряженного состояния. Такое представление о влиянии частоты вращения на жесткость диска пилы характерно для многих производственников, отдающих предпочтение более высоким скоростям резания. Однако при пилении поперечная сила P не вращается вместе с диском пилы, а неподвижна в пространстве. В этом случае изгибная жесткость не-

прокованного диска (с нулевым напряженным состоянием) с увеличением частоты вращения уменьшается, а прокованного сначала возрастает, а затем уменьшается (рис. 1, б).

Восстановление при вращении изгибной жесткости прокованного диска до уровня жесткости невращающегося диска с нулевым начальным напряженным состоянием происходит при частоте вращения $n_{\text{опт}}$, а интенсивное уменьшение жесткости непрокованного и прокованного дисков — по мере приближения к частотам вращения $n_{\text{кр}}^{\text{min}}$. Следовательно, встречающееся иногда в технической литературе утверждение, что проковка в динамике обеспечивает более высокую изгибную жесткость диска, чем в статике, расчетами не подтверждается. На рис. 2 показан характер зависимости оптимальной частоты вращения $n_{\text{опт}}$ от начального напряженного состояния диска пилы ($500 \times 2,2$ мм), определяемого величиной прогиба $y_{\text{ц}}$ на радиусе 50 мм при установке диска на три точечные опоры прибора ПСП. Начальное напряженное состояние создавалось и изменялось вальцеванием по окружности с радиусом $0,8R_{\text{в}}$, где $R_{\text{в}}$ — радиус окружности впадин зубьев.

Из рис. 2 следует, что увеличение стандартного норматива проковки $y_{\text{ц}}$ с 0,4 до 1,2 мм (в 3 раза) приводит к изменению $n_{\text{опт}}$ с 2280 до 2820 мин^{-1} (в 1,24 раза). Поэтому утверждение [7, 8] о необходимости увеличения стандартной проковки в 1,5—1,6 раза при повышении скорости резания с 50 до 80...90 м/с (в 1,6—1,8 раза) необоснованно.

В табл. 1 приведены расчетные значения частоты вращения $n_{\text{опт}}$ и соответствующей ей окружной скорости $v_{\text{опт}}$ для пил, прокованных в оптимальной зоне до критического напряженного состояния, характеристика которого дана в табл. 4.9 работы [6]. Расчетный диаметр диска D_1 принят равным диаметру окружности, проходящей через середину высоты зубьев. Диаметр пил D , толщина s , диаметр зажимных фланцев $d_{\text{ф}}$ приняты по ГОСТ 980—80.

Приведенные в табл. 1 данные позволяют отметить следующее: 1) оптимальная частота вращения $n_{\text{опт}}$ пил одного диаметра, имеющих критическое начальное напряженное состояние, пропорциональна толщине диска; 2) отношение $n_{\text{опт}}/n_{\text{кр}}^{\text{min}}$ не зависит от толщины пилы и составляет 0,59—0,63 для пил диаметром 315...630 мм и 0,65—0,68 для пил диаметром 710...1500 мм; 3) окружная скорость вращения $v_{\text{опт}}$, соответствующая $n_{\text{опт}}$, уменьшается с увеличением диаметра пил.

Для проверки расчетных данных $n_{\text{опт}}$ на разгонном стенде ЦНИИМОДА [6] проведены контрольные опыты. Использовали вальцованные до критического состояния по окружности с радиусом $0,8R_{\text{в}}$ пилы $D = 500$ мм, $s = 1,6; 2,2; 2,5$ и 2,8 мм. Результаты паспортизации пил при $d_{\text{ф}} = 125$ мм приведены в табл. 2.

При проведении опытов для заданных частот вращения к диску пилы прикладывали поперечную силу P и измеряли прогиб в направлении ее действия. Сила была приложена на радиусе пилы 216 мм. Для $s = 1,6$ мм поперечная сила равна 2 Н, а для $s = 2,2...2,8$ мм — 5 Н. При одном значении частоты вращения опыт повторялся 5 раз.

Приведенные на рис. 3 графики показывают, что пилы одного диаметра, одинакового уровня начального напряженного состояния (критического) при разной толщине имеют различные значения оптимальных частот вращения $n_{\text{опт}}$, близкие к расчетным (см. табл. 1).

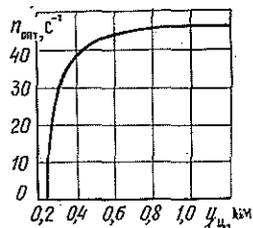


Рис. 2

Таблица 1

D , мм	D_1 , мм	d_{ϕ} , мм	d_{ϕ}/D_1	s , мм	$n_{\text{опт}}$, мин ⁻¹	$v_{\text{опт}}$, м/с	$n_{\text{опт}}/n_{\text{кр}}^{\text{min}}$
315	305	100	0,328	1,6	4 672	77,1	0,60
				2,2	6 420	106,0	
360	348	100	0,287	1,8	4 051	76,4	0,61
				2,5	5 626	106,0	
400	387	125	0,323	1,8	3 300	69,1	0,61
				2,5	4 583	96,0	
450	435	125	0,287	2,0	2 880	67,9	0,61
				2,8	4 032	95,0	
500	484	125	0,258	2,2	2 640	69,1	0,63
				2,8	3 360	88,0	
560	542	160	0,295	2,2	2 040	59,8	0,61
				2,8	2 596	76,1	
630	609	160	0,263	2,2	1 560	51,5	0,59
				3,0	2 127	70,2	
710	687	160	0,233	2,2	1 320	49,1	0,65
				3,2	1 920	71,4	
800	774	160	0,207	2,8	1 320	55,3	0,67
				3,6	1 700	71,2	
900	871	200	0,230	3,2	1 200	56,5	0,66
				4,0	1 500	70,7	
1 000	967	200	0,207	3,6	1 080	56,5	0,66
				4,5	1 350	70,7	
1 250	1 209	240	0,199	4,0	780	51,1	0,68
				5,0	975	63,8	
1 500	1 451	300	0,207	4,5	600	47,1	0,66
				5,5	733	57,6	

Таблица 2

Показатель	Значение показателя для номера пилы			
	1	2	3	4
Толщина, мм	1,65	2,19	2,55	2,73
Торцовое биение, мм	0,45	0,30	0,30	0,30
Прогиб на радиусе 50 мм при установке на три опоры, мм	1,17	1,12	0,96	1,24
Частота собственных колебаний, Гц, при разном числе узловых диаметров:				
0	26	30	36	31
1	36	44	52	54
2	66	90	100	111
3	117	163	182	199
4	190	260	290	318
5	280	376	420	459

Анализ данных рис. 2 и табл. 1 позволяет сделать вывод, что если для пилы с любым начальным напряженным состоянием можно определить частоту вращения $n_{\text{опт}}$, обеспечивающую максимальную изгибную жесткость диска, то не всегда корректна и выполнима обратная задача по обеспечению такого же (равного) уровня жесткости

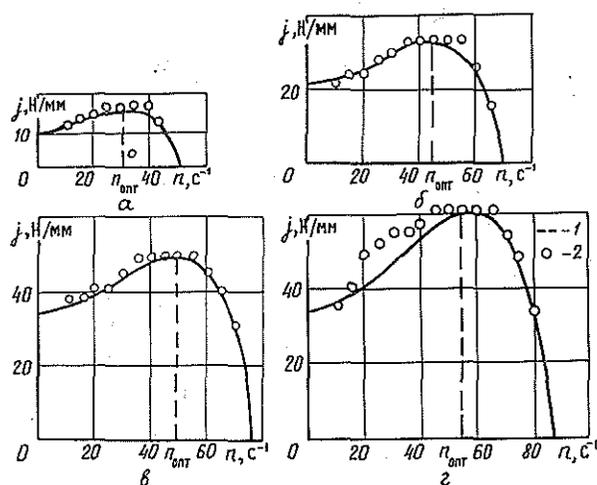


Рис. 3. Влияние частоты вращения n на изгибную жесткость вальцованных до критического состояния круглых пил диаметром 500 мм на $r = 216$ мм при $d_{\phi} = 125$ мм: $a - s = 1,65$ мм; $b - 2,19$; $v - 2,55$; $z - 2,73$ мм; 1 — расчет; 2 — эксперимент

при заданной частоте вращения (проковка «под обороты») за счет подбора начального напряженного состояния диска.

Рассмотрим несколько примеров.

Пример 1. Фирма выпускает пилу, например, $510 \times 1,65$ мм, которая при критическом начальном напряженном состоянии имеет частоту вращения $n_{кр}^{min} < n_{раб}$, где $n_{раб}$ — частота вращения пильного вала в каком-то конкретном круглопильном станке. Требование потребителя переподготовить пилу (проковать «под обороты») и обеспечить необходимое условие для устойчивой ее работы $n_{кр}^{min} > n_{раб}$ не может быть выполнено фирмой-изготовителем, так как пила уже находится в критическом начальном напряженном состоянии, и от проковки взято все возможное. Поэтому потребитель должен или уменьшить рабочую частоту вращения $n_{раб}$, или увеличить диаметр зажимных фланцев, или заказать и использовать пилы большей толщины.

Пример 2. Согласно данным табл. 1, прокованные до критического начального напряженного состояния стандартные пилы ($630 \times 2,2$ мм; $710 \times 2,2$; $800 \times 2,8$; $900 \times 3,2$; $1000 \times 3,6$; $1250 \times 4,0$; $1500 \times 4,5$ мм) имеют оптимальные скорости вращения 47,1...56,5 м/с, которые обеспечивают полное восстановление до максимального уровня «потерянной» при проковке изгибной жесткости. Пусть потребитель имеет круглопильные станки со скоростями вращения пил, например 70 м/с. Так как увеличение степени проковки выше критической величины невозможно, то невозможно и подготовка диска «под скорость 70 м/с» с сохранением максимального уровня изгибной жесткости, соответствующего $n_{опт}$.

Следовательно, вопрос о согласовании начального напряженного состояния диска и рабочей частоты вращения более сложен, чем трактуется в работах Н. К. Якунина [7, 8].

Факторы, ограничивающие степень проковки и подход специалистов ЦНИИМОДа к ее нормированию, рассмотрены в работах [4, 5].

Выводы

1. В статике диск пилы имеет максимальную изгибную жесткость при нулевом начальном напряженном состоянии. Прокованный диск пилы в динамике имеет максимальную изгибную жесткость, равную изгибной жесткости непрокованного диска в статике, при оптимальной частоте вращения $n_{опт}$.

2. Прямая задача по определению оптимальной частоты вращения $n_{\text{опт}}$ для прокованного диска пилы с любым начальным напряженным состоянием (выше нулевого до критической величины) всегда имеет решение. Постановка обратной задачи проковки «под обороты» с обеспечением максимальной изгибной жесткости диска корректна при условии, если прокованная до критического начального напряженного состояния пила имеет величину $n_{\text{опт}}$ выше рабочей частоты ее вращения $n_{\text{раб}}$.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Вилстон Э. Д. Производство пиломатериалов.— М.: Лесн. пром-сть, 1981.— 384 с. [2]. Ершов С. В., Стахийев Ю. М. Влияние скорости вращения на изгибную жесткость диска пилы // Науч. тр. / ЦНИИМОД.— 1985.— Проблемы интенсификации лесопильного производства.— С. 143—150. [3]. Ершов С. В., Стахийев Ю. М. Определение оптимальной частоты вращения прокованного диска пилы по критерию изгибной жесткости // Науч. тр. / ЦНИИМОД.— 1987.— Резервы использования материальных и трудовых ресурсов.— С. 154—162. [4]. Стахийев Ю. М. О подготовке диска пилы // Деревообаб. пром-сть.— 1986.— № 6.— С. 5—8. [5]. Стахийев Ю. М. О подготовке диска пилы // Лесн. журн.— 1983.— № 2.— С. 73—79. (Изв. высш. учеб. заведений). [6]. Стахийев Ю. М. Устойчивость и колебания плоских круглых пил.— М.: Лесн. пром-сть, 1977.— 296 с. [7]. Якунин Н. К. Круглые пилы и их эксплуатация.— М.: Лесн. пром-сть, 1977.— 200 с. [8]. Якунин Н. К. Об улучшении качества круглых пил // Деревообаб. пром-сть.— 1985.— № 12.— С. 7—9. [9]. Mote C. D., Szumani R. Основные достижения в области исследований и контроля вибрации тонких круглых пил. Ч. 1. Вибрация круглых пил // Holz als Roh- und Werkstoff.— 1977.— № 5.— С. 189—195. [10]. Szumani R. Решения проблемы круглопильных станков в США // Holz als Roh- und Werkstoff.— 1984.— Т. 42, № 8.— С. 309—314.

Поступила 11 марта 1988 г.

УДК 674.048.3

ИСПЫТАНИЯ АНТИСЕПТИКОВ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ АЛЮМИНИЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Н. К. ЧЕРНЫШЕВА, Л. А. МАСЛОВА

Ленинградская лесотехническая академия

Важный момент рациональности и экономичности использования лесных материалов — долговечность объектов, выполненных из древесины.

Традиционные в СССР фтористые антисептики в последние годы из-за более широкого потребления их другими отраслями народного хозяйства перешли в разряд дефицитных материалов.

Одним из источников получения эффективных защитных средств могут быть отходы химических предприятий, особенно это относится к районам Сибири и Дальнего Востока, куда антисептики завозят из Европейской части страны.

Алюминиевые заводы — источники загрязнения окружающей среды фтористыми соединениями. Возможность замены фтористых солей фторсодержащими отходами алюминиевого производства, наряду с экономическим эффектом, позволит решить проблему охраны окружающей среды от токсичных промвыбросов.

Работы в этом направлении в течение ряда лет ведут сотрудники ЛТА на кафедре защиты леса и древесиноведения [2—4, 6, 8, 9]. Шламы газоочистки электролизных цехов алюминиевых заводов предложено использовать в качестве биоцидов при производстве антисептических паст и мягких биостойких древесноволокнистых плит, применяемых в домостроении (ТУ 48-0106-37—85 и ТО к ОСТ 13-35—74).

Нами были проведены полигонные испытания, чтобы выяснить возможность использования предлагаемых антисептических составов на основе отходов алюминиевого производства в условиях контакта с грунтом и представить более полную картину взаимодействия этих составов и комплекса первичных микроорганизмов, поселяющихся на обработанной древесине.

Опытный полигон заложен в Кастенском лесничестве Лисинского учебно-опытного лесничества Ленинградской обл. Для опытов (по ГОСТ 18610—82) брали средние образцы (15 × 15 × 220 мм) двух пород: сосна (заболонь) и береза. Проведено 45 вариантов обработки на сосне и 20 — на березе. Образцы, пропитанные водорастворимыми антисептиками, выдерживали в теплых условиях для фиксации защищающего начала. Образцы, обработанные антисептическими пастами, для лучшей диффузионной пропитки на месяц помещали в условия, предотвращающие их высыхание, а затем кондиционировали в теплом помещении.

Подготовленные для опыта образцы были установлены с заглублением на половину высоты на опушке широко-лиственного леса, почвенные условия которого можно характеризовать как сырой подзол. Травяной покров в течение вегетационного сезона регулярно выкашивали.

Наблюдения за ходом испытаний проводили ежегодно в осенний период, оценивая состояние образцов по методу прокола на линии почвы градуированным щупом. В качестве основного критерия уровня разрушения был выдвинут индекс 50 (И₅₀), так как защищающую способность препарата на тот или иной срок нельзя рассматривать удовлетворительной, когда разрушение материала переходит эти границы [1].

Незащищенные контрольные образцы начали разрушаться грибами уже с первого года испытаний, и за четыре года они были разрушены до И₂₇. Большая скорость разрушения объясняется тем, что в лесном участке в почве находятся более специализированные разрушители древесины.

Все опытные пасты, по полученным результатам, более надежно защищают древесину в условиях контакта с грунтом, чем контрольные, ныне применяемые: ПАФ-КЛ и ПАЛ-Ф. Особенно четко это выражено на пастах, где в качестве связующего использовали каменноугольный лак. Индекс состояния древесины, защищенной ПАФ-КЛ — 51; индекс состояния древесины, защищенной пастами на основе шламов газоочистки различных алюминиевых заводов — 83-100.

Опытные пасты со шламами газоочистки Красноярского, Братского и Канакерского алюминиевых заводов на каменноугольном лаке и Канакерского на латексе за 4 года испытаний не подверглись разрушению.

В древесине лиственных пород гниль распространяется в два и более раз быстрее, чем в древесине сосны [7]. Кроме того, малое количество фтористого натрия в древесине стимулирует развитие комплекса почвенных разрушителей [5]. Вследствие этого считается бесперспективным защищать древесину лиственных пород в условиях контакта с грунтом поверхностной обработкой, однако некоторые рецептуры паст сохранили и березовую древесину без изменений.

Пасты на КСДБ (концентрат сульфитно-дрожжевой бражки) легко смываются атмосферными осадками, тогда как пасты на латексе создают на поверхности полимерную пленку, которая более устойчива к атмосферным воздействиям.

Из опытных образцов, находившихся на полигонных испытаниях в течение 2 лет и не имевших видимых признаков разрушения, нами были выделены и идентифицированы до родовой принадлежности грибы, характерные для первой фазы разложения — плесневые и древоокрашивающие. Видовой приспособленности к какому-либо определенному субстрату не было выявлено, по-видимому, это связано с отсутствием у них узкой специализации в отношении субстрата и других условий. По мнению М. Р. Леви [10], с помощью обычной методики выделения довольно трудно зафиксировать процесс заселения пропитанной химическими средствами древесины из-за низкой жизнеспособности гиф

грибов, затративших большие усилия на преодоление труднодоступного субстрата.

Для определения влияния первой фазы разрушения на механические свойства древесины мы, помимо изучения родового состава грибов, испытывали образцы на статический поперечный изгиб и определяли процент потери массы.

Результаты представлены в таблице.

Состояние образцов после двухлетних полигонных испытаний

Характеристика антисептика	Содержание фтора в отходе, %	Предел прочности при статическом поперечном изгибе, МПа	Потеря массы, %	Выделенные микроорганизмы
Братский алюминиевый завод				
Пыль газоочистки, содержание в пасте на лаке — 50 %	14,6	47,2 ± 4,6	6,2 ± 1,2	Trichoderma sp. Penicillium sp.
То же — 40 %	14,6	49,6 ± 3,8	4,7 ± 1,1	То же
Шлам газоочистки, содержание в пасте на лаке — 50 %	26,7	54,2 ± 4,2	2,7 ± 0,6	То же
То же — 40 %	26,7	58,1 ± 2,6	1,9 ± 0,2	То же
Надвоицкий алюминиевый завод				
Шлам из прудков, содержание в пасте на лаке — 50 %	15,4	48,3 ± 3,1	4,6 ± 0,8	Trichoderma sp.
Шлам из отстойника, содержание в пасте на лаке — 50 %	16,5	53,1 ± 4,9	4,6 ± 0,4	То же
Шлам от вентилятора, содержание в пасте на лаке — 50 %	22,6	67,0 ± 6,2	0,0	То же
Контроль — необработанная древесина	—	44,8 ± 5,6	10,1 ± 1,7	Cephalosporium sp. Trichoderma sp. Chaetomium sp. Fusarium sp.

В результате проведенных исследований выявлено, что пыль газоочистки и шлам из прудков неперспективны для использования в качестве антисептиков. Даже при наличии в пасте каменноугольного лака они не обеспечивают надежной биологической защиты, а кроме того, ухудшают прочностные свойства древесины. Шламы газоочистки, введенные в антисептические пасты на каменноугольном лаке и латексе, могут защищать древесину в условиях контакта с грунтом.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Горшин С. Н. Консервирование древесины.— М.: Лесн. пром-сть.— 1977.— 336 с. [2]. Емельянова Л. А., Маслова Л. А., Чернышева Н. К. Влияние антисептиков на основе фторсодержащих отходов на физико-механические свойства древесины сосны // Экология и защита леса: Межвуз. сб. науч. тр.— Л., 1984.— № 1.— С. 124—128. [3]. Емельянова Л. А., Маслова Л. А., Чернышева Н. К. Влияние антисептических паст на основе фторсодержащих отходов на физико-механические свойства древесины сосны // Деревообработ. пром-сть.— 1985.— № 1.— С. 7—9. [4]. Защита древесноволокнистых плит фторсодержащими отходами / Н. К. Чернышева, Л. А. Маслова, Г. С. Гричанова, М. Р. Горевой // Лесн. журн.— 1985.— № 1.— С. 85—88. (Изв. высш. учеб. заведений). [5]. Калинин А. Я. Противогнилостная защита лесоматериалов в сельском строительстве.— М.: Изд-во АН СССР.— 1958.— 150 с. [6]. Минкевич И. И., Чернышева Н. К., Маслова Л. А. Реакция грибов-ксилофагов на загрязнение среды фторсодержащими соединениями // Экология и биология низших растений: Тез. докл. Всесоюз. симпозиума микологов и лихенологов.— Минск, 1982.— С. 101—102. [7]. Результаты полигонных испытаний стойкости незащищенной и защищенной древесины лиственных пород / С. Н. Горшин, И. Г. Крапивина, И. А. Чернцов, И. П. Черкасов // Вопросы консервирования древесины: Сб. тр. ВНИИдрев.— М., 1981.— С. 65—95. [8]. Чернышева Н. К., Маслова Л. А. Использование отходов алюминиевого производства

для защитной обработки древесины // Деревообраб. пром-сть.— 1984.— № 6.— С. 8—9. [9]. Чернышева Н. К., Маслова Л. А., Клименко В. П. К вопросу об утилизации фторсодержащих отходов алюминиевых заводов // Цветная металлургия.— ЦНИИцветмет экономики и информации.— 1983.— № 23. [10]. Levi M. P. The effects of microorganisms on chromated — copper — arsenate preservative in wood // Mat. a. Org.— 1976.— Bd 3.— S. 297—306.

Поступила 4 марта 1987 г.

УДК 674.815-41

ВЛИЯНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РЕМОНТНОГО ЦИКЛА НА ПАРАМЕТР ПОТОКА ОТКАЗОВ ЛИНИИ ПРЕССОВАНИЯ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

В. В. ШОСТАК

Львовский лесотехнический институт

Производительность завода древесностружечных плит (ДСП) определяется надежностью работы оборудования линии формирования и прессования плит. В состав линии входят смесители, формирующая машина, прессы холодного и горячего прессования, станок для форматной обрезки плит. Стружечные ковры транспортируют от формирующих машин к прессу на поддонах с помощью цепных транспортеров. Все оборудование связано между собой последовательно жесткой связью, и потеря работоспособности любого элемента приводит к отказу линии в целом.

Влияние структуры ремонтного цикла на параметр потока отказов ω изучали с 1980 по 1986 г. путем сбора и обработки статистической информации о наработках между отказами линии завода ДСП мощностью 60 тыс. м³ плит в год. Информация учитывала продолжительность межремонтного периода, длительность простоя в плановом текущем ремонте и порядковый номер межремонтного периода начиная от капитального ремонта.

Структуры ремонтного цикла по годам показаны в табл. 1. Здесь продолжительность планового текущего ремонта $T_1 = 48$, $T_2 = 72$, $T_3 = 96$ ч.

Таблица 1

1980—1981 гг.

$K - T_1 - T_2 - T_3 - T_2 - T_3 - T_2 - T_3 - T_2 - T_3 - T_2 - T_1 - K$

1983—1984 гг.

$K - T_3 - T_2 - T_2 - T_3 - T_2 - T_1 - T_2 - T_3 - T_2 - T_2 - T_3 - K$

1985—1986 гг.

$K - T_2 - T_3 - T_1 - T_2 - T_2 - T_3 - T_2 - T_3 - T_1 - T_2 - T_2 - K$

За период наблюдений зарегистрировано 66 плановых текущих и 6 капитальных ремонтов. Каждый текущий ремонт планировали заранее, к нему готовились на основании данных о фактическом состоянии оборудования. Простой в текущих ремонтах за ремонтные циклы составлял 34...36 дн. Продолжительность капитального ремонта — 20...22 дня. В каждом межремонтном периоде непрерывно регистрировали продолжительность наработки между отказами, причину отказа, число отказов, длительность восстановления оборудования. Отказы принимали как случайное событие.

За весь период зарегистрировано более 3 000 отказов. Продолжительность межремонтного периода составляла от 25 до 30 дн. Плановый текущий ремонт проводили один раз в начале месяца.

В результате анализа полученной информации установлено, что на параметр потока отказов оказывают влияние показатели, характеризующие структуру ремонтного цикла: вид ремонта, порядковый но-

мер межремонтного периода и суммарная длительность работы оборудования в межремонтном периоде. Эти факторы нелинейно влияют на параметр потока отказов.

Статистическую информацию обрабатывали по В-плану второго порядка при трех факторах, влияющих на функцию отклика. Выборки взяты за 2, 7 и 12 межремонтных периодов каждого цикла. Параметр потока отказов ω определяли в интервалах от 0 до 50, от 300 до 350, от 600 до 650 ч суммарной продолжительности работы линии в каждом ремонтном периоде по зависимости:

$$\omega = \frac{m_2 - m_1}{t_2 - t_1} \tau^{-1},$$

где m_1, m_2 — число зарегистрированных отказов в конце и начале интервала (в нашем случае за 50 ч);

t_2, t_1 — суммарная продолжительность работы линии в конце и начале интервала.

Принятые уровни кодирования факторов приведены в табл. 2, где введены следующие обозначения:

t — суммарная продолжительность времени, отработанного линией в межремонтном периоде на данный момент (сумма работ между отказами);

N — порядковый номер межремонтного периода;

P — длительность простоя в плановом текущем ремонте, характеризующая вид выполненного ремонта.

Таблица 2

Показатель	Нормализованное значение фактора	Явное значение фактора		
		$t, \text{ч}$	N	$P, \text{ч}$
Нижний уровень	-1	50	2	48
Средний »	0	350	7	72
Верхний »	+1	650	12	96
Интервал варьирования		300	5	24
Кодированное обозначение фактора		x_1	x_2	x_3

Общее число опытов В-плана составляет 14. Кроме того, использовали данные контрольного опыта в центре эксперимента. Каждый опыт В-плана имел два повторения. В табл. 3 приведена матрица В-плана в явном виде и результаты опытных данных параметра потока отказов в каждом опыте.

После обработки данных табл. 2 получено уравнение регрессии в нормализованном виде

$$\begin{aligned} y = & 0,07994 + 0,01094x_1 + 0,01072x_2 - 0,01027x_3 + \\ & + 4,487 \cdot 10^{-3}x_1^2 + 2,08686 \cdot 10^{-3}x_2^2 + 1,3686 \cdot 10^{-4}x_3^2 + \\ & + 5,05 \cdot 10^{-3}x_1x_2 + 2,25 \cdot 10^{-4}x_1x_3 + 3,25 \cdot 10^{-4}x_2x_3. \end{aligned}$$

Для проверки однородности всех дисперсий использовали критерий Кохрена G . Табличное значение $G_{\tau} = 0,49$ при числе степеней свободы $f = 1$ и числе выборок $n = 14$. Расчетное значение критерия Кохрена $G_p = 0,333$. Следовательно, гипотеза однородности всех дисперсий подтверждается.

Таблица 3

№ опы-та	t , ч	N	P , ч	ω_1 , ч ⁻¹	ω_2 , ч ⁻¹	$\bar{\omega}$, ч ⁻¹
1	50	2	48	0,080969	0,079831	0,0804
2	650	2	48	0,088587	0,097813	0,0932
3	50	12	48	0,090798	0,093402	0,0921
4	650	12	48	0,131014	0,116986	0,1240
5	50	2	96	0,059023	0,057377	0,0582
6	650	2	96	0,067796	0,073804	0,0708
7	50	12	96	0,070596	0,069604	0,0701
8	650	12	96	0,10577	0,10223	0,1040
9	50	7	72	0,074235	0,076365	0,0753
10	650	7	72	0,08821	0,098789	0,0935
11	350	2	72	0,077305	0,067095	0,0722
12	350	12	72	0,095695	0,087905	0,0918
13	350	7	48	0,088723	0,08748	0,0881
14	350	7	96	0,069434	0,074546	0,0720
15	350	7	72	0,08026	0,0774	0,0799

Значимость коэффициентов уравнения регрессии проверяли по критерию Стьюдента. Табличное значение критерия Стьюдента $t_T = 2,14$ при числе степеней свободы $f = 14$ и уровне значимости $\alpha = 0,05$. Доверительный интервал для коэффициентов уравнения регрессии $\beta = 1,31 \cdot 10^{-3}$. Следовательно, коэффициенты при x_3^2 , x_1x_3 , x_2x_3 имеют значение меньше доверительного интервала, и их можно не учитывать.

После преобразований, с учетом значимости коэффициентов, получили уравнение регрессии в явном виде:

$$\omega = 0,10142 - 2,2 \cdot 10^{-5}t - 2,03 \cdot 10^{-4}N - 4,279 \cdot 10^{-4}P + 4,986 \cdot 10^{-8}t^2 + 8,347 \cdot 10^{-5}N^2 + 3,367 \cdot 10^{-6}tN.$$

Адекватность уравнения регрессии оценивали по критерию Фишера. Табличное значение $F_T = 3,34$ при числе степеней свободы для большей дисперсии $m_1 = 3$, для меньшей дисперсии $m_2 = 14$ и уровне значимости $\alpha = 0,05$. Расчетное значение критерия Фишера $F_p = 1,55$.

Ведущую функцию Ω , характеризующую суммарное число отказов за межремонтный период, определяли по формуле:

$$\Omega(t) = \int_0^T \omega(t) dt,$$

где T — продолжительность межремонтного периода.

После подстановки ω получили

$$\Omega(T) = (0,10142 - 2,03 \cdot 10^{-4}N - 4,279 \cdot 10^{-4}P + 8,347 \cdot 10^{-5}N^2) T + (1,684 \cdot 10^{-6}N - 1,1 \cdot 10^{-5}) T^2 + 1,663 \cdot 10^{-8}T^3.$$

Выводы

1. На параметр потока отказов линии формирования и прессования ДСП наибольшее влияние оказывает продолжительность межремонтного периода; с ее увеличением параметр потока отказов возрастает.

2. После проведения плановых текущих ремонтов не происходит полного восстановления оборудования. В очередном межремонтном периоде число отказов возрастает более интенсивно.

3. Продолжительность текущего ремонта, характеризующая вид ремонта, оказывает заметное влияние на параметр потока отказов. С увеличением продолжительности планового ремонта, т. е. при более глубоком ремонте, параметр потока отказов в последующем межремонтном периоде уменьшается.

4. Продолжительность межремонтного периода и его порядковый номер оказывают парное взаимодействие на параметр потока отказов.

5. Изучение характера влияния показателей ремонтного цикла на параметр потока отказов позволяет оптимизировать структуру ремонтного цикла и правильно выбрать стратегию технического обслуживания и ремонта линии формирования и прессования ДСП.

6. Исследование параметра потока отказов в производственных условиях — трудоемкая и продолжительная работа. С целью сокращения ее сроков необходимо проводить изучение на статистических моделях.

Поступила 26 февраля 1988 г.

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 676.16.014.84 : 543.422.4

ИССЛЕДОВАНИЕ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ
МЕТОДОМ ИК ФУРЬЕ-СПЕКТРОСКОПИИ
С МАТЕМАТИЧЕСКИМ УЛУЧШЕНИЕМ РАЗРЕШЕНИЯ

С. Ю. МАСЛОВ, Д. А. СУХОВ

Ленинградский технологический институт ЦБП

При анализе ИК-спектров целлюлозных материалов возникает ряд трудностей. Основная из них состоит в том, что при этом перекрывается большое число полос поглощения и наблюдаемая ширина полос $8 \dots 20 \text{ см}^{-1}$ заметно превышает разрешение, доступное даже рутинному ИК-спектрометру.

Следствие этой трудности — неопределенность спектроскопических критериев наличия в образце целлюлозы модификаций I и II, степени молекулярной упорядоченности, неполное определение числа полос поглощения и неточное нахождение положения их максимумов.

Для определения числа полос и положения их максимумов в ИК-спектрах полимеров применяют численное дифференцирование спектров и метод Фурье самодеконволюции (ФСД) [9].

В данной статье, полностью следуя работе [7], мы использовали дифференцирование по алгоритму Савицкого — Голея со сглаживанием полинома третьей степени на интервале $5 \dots 12 \text{ см}^{-1}$ и метод ФСД.

Метод ФСД [7, 8] основан на предположении, что экспериментальный контур полосы поглощения $D(\nu)$ представляет собой свертку узкой полосы $D'(\nu)$ и функции $G(\nu)$, определяющей форму линии в спектре:

$$D(\nu) = \int_{-\infty}^{+\infty} G(\nu') D'(\nu - \nu') d\nu'. \quad (1)$$

В качестве функции $G(\nu)$ в работе [7] предложено использовать Лоренцев контур

$$G(\nu) = \frac{\sigma/\pi}{\nu^2 + \sigma^2},$$

где ν — волновое число, величина 2σ равна ширине контура на половине его высоты.

Процедура нахождения $D'(\nu)$ из уравнения (1) при заданной функции $G(\nu)$ с помощью преобразования Фурье и называется ФСД.

Число K , в которое можно обузить полосы в спектре при дифференцировании и деконволюции, ограничено отношением сигнал — шум и в нашей работе превышало 3.

ИК-спектры снимали на Фурье-спектрометре «Брукер» IFS-113 V с МСТ детектором, охлаждаемым жидким азотом, с разрешением 1 см^{-1} в диапазоне $4000 \dots 550 \text{ см}^{-1}$.

Объектами исследования были целлюлозные материалы различного происхождения: хлопок; целлюлоза из древесины хвойных и лиственных пород; целлюлоза, регенерированная из трифторуксусного ацетата. Для изменения конформационного и фазового состава эти образцы обрабатывали растворами едкого натра различной концентрации и подвергали кислотному гидролизу. Гидролиз проводили двумя спо-

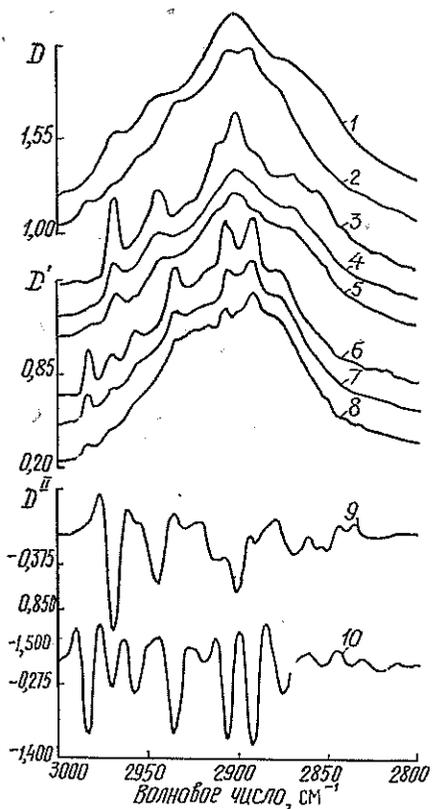


Рис. 1. 1, 2 — исходные спектры; 3, 4, 5 — деконволюцированные спектры ($2\sigma = 14 \text{ см}^{-1}$, $K = 3$); 6, 7, 8 — деконволюцированные спектры ($2\sigma = 12 \text{ см}^{-1}$, $K = 3$); 9, 10 — вторая производная спектров 1 и 2; 1, 3, 9 — гидролизованый хлопок (целлюлоза I); 2, 6, 10 — гидролизованная древесная целлюлоза II; 4 — хвойная целлюлоза I; 5 — лиственная целлюлоза I; 7 — хвойная целлюлоза II; 8 — регенерированная целлюлоза

собами: гидролиз А — 2 н. раствором H_2SO_4 при 100°C ; гидролиз Б — 0,5 н. раствором H_2SO_4 при 87°C . Образцы для съемки ИК-спектров готовили прямым прессованием волокон под давлением $5 \cdot 10^8 \text{ Па}$ и массой $0,8 \dots 2,5 \text{ мг/см}^2$.

Было снято и обработано свыше 500 спектров. В дифференцированных (вторая и четвертая производные) и деконволюцированных спектрах обнаружено примерно вдвое большее число полос поглощения, чем было известно ранее [1, 10]. Часть полос разрешается

настолько хорошо, что не перекрывается с соседними. Особенно удобно анализировать деконволюцированные спектры, так как по сравнению с производными они свободны от отрицательных выбросов и побочных максимумов и в целом сохраняют вид исходных спектров.

Анализ математически обработанных спектров показал, что по набору частот колебаний целлюлозы разделяются на два типа, соответствующие кристаллографическим модификациям I и II. Наиболее характерный вид спектра эти два типа целлюлоз имеют в области валентных колебаний C-H групп (рис. 1). В спектре целлюлозы I полосы 2983 см^{-1} нет, поэтому ее присутствие позволяет легко определить наличие целлюлозы II в образце. Для этой же цели пригодна и полоса 1225 см^{-1} (рис. 3). Аналогичным критерием наличия целлюлозы I может служить полоса при $1430,5 \text{ см}^{-1}$ (рис. 2).

В табл. I приведены значения волновых чисел для целлюлоз I и II и результаты теоретического расчета (проведенного в работе [10]) колебательного спектра изолированной цепи целлюлозы I. Частоты A и B относятся к колебательным модам соответственно симметричным и антисимметричным по отношению к оси симметрии молекулы целлюлозы.

В работе [10] был сделан вывод, что колебания с частотами выше 1200 см^{-1} локализованы на одном ангидроклокозном звене. Сравнение с экспериментом показало лучшее совпадение расчетных данных именно в диапазоне $1500 \dots 1200 \text{ см}^{-1}$, подтверждая пригодность модели изолированной цепи для локализованных колебаний, хотя наблюдаемое расщепление частот между модами A и B заметно больше теоретического. Отклонение рассчитанных от наблюдаемых частот возрастает с понижением частоты. Это, очевидно, связано с тем, что при расчете пренебрегали упаковкой макромолекул и межмолекулярными

Таблица 1

Волновое число, см ⁻¹				Волновое число, см ⁻¹			
Расчет по [10]		Эксперимент		Расчет по [10]		Эксперимент	
A	B	Целлюлоза I	Целлюлоза II	A	B	Целлюлоза I	Целлюлоза II
		2 969	2 983			2 891	2 892
		2 945	2 969,5			2 873	2 875
		2 930,5	2 957			2 865	
		2 913	2 935,5			2 856	2 852
		2 900,5	2 906			2 848,5	
						2 839	2 837
1 485	1 485	1 482	1 481			1 147,5	1 149
			1 467				1 142,5
1 434	1 434	1 458,5	1 459	1 141	1 137	1 133	1 134,5
			1 444			1 125	
1 424	1 423	1 430,5	1 420	1 113	1 122	1 112	1 111
		1 423	1 415	1 098	1 097	1 102	1 098,5
			1 398			1 095,5	
		1 405	1 390	1 090	1 074	1 087	1 090,5
							1 083
		1 383,5				1 077	1 075
1 372	1 372	1 378	1 377,5	1 055	1 060	1 060	1 062
		1 371,5	1,373			1 051	1 053
1 368	1 368	1 366,5	1 363,5	1 043	1 037	1 045	1 044
						1 032	1 034
		1 361,5				1 026	1 026
1 355	1 355	1 354,5	1 355	986	1 008	1 014	1 016
		1 341	1 345			999	999
1 331	1 333	1 334,5	1 336			990	990
		1 329	1 329			985	985
1 327	1 326	1 324	1 324			971	970
		1 317,5	1 317,5	961	964	962,5	962
1 309	1 310	1 312	1 313			910,5	905
			1 303	893	897	896	895,5
1 299	1 297	1 292	1 293,5			877,5	
		1 286				750	
1 285	1 284	1 281	1 278	727	669	725	
1 282	1 282	1 275,5	1 261			714	716
						672	672,5
		1 251		665	627	663	660
1 246	1 246	1 246,5				631	
		1 241,5	1 239	601	572	618	619,5
1 239	1 242	1 234,5	1 233,5			615	
1 229	1 230	1 227	1 225,5			608,5	610
			1 219			594	
1 206	1 205	1 207	1 208				583
		1 200	1 202	568	546	566,5	
			1 196			560	560
1 182	1 187	1 170	1 167				537,5
1 169	1 170	1 164		532	526	531	
		1 160	1 160			519,5	520
1 152	1 148	1 153,5	1 156				512

взаимодействиями на колебания, в которых участвуют большие группы атомов.

Сравнение спектров целлюлоз I и II показывает большое число совпадений между ними по частотам колебаний, основные различия состоят в перераспределении интенсивностей полос. Наибольшие различия по частотам наблюдаются в интервалах $3\,000 \dots 2\,800 \text{ см}^{-1}$ (рис. 1), $1\,450 \dots 1\,400 \text{ см}^{-1}$ (рис. 2) и $1\,270 \dots 1\,190 \text{ см}^{-1}$ (рис. 3).

Исследование процесса перехода целлюлозы I в целлюлозу II показало, что в этих областях спектра одна группа полос поглощения заменяет другую. В работах [5, 11] было высказано предположе-

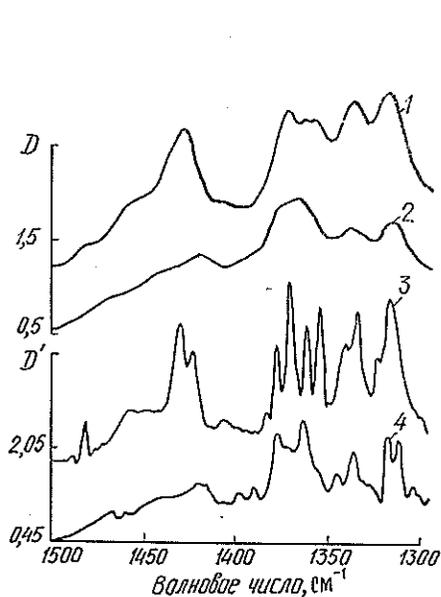


Рис. 2. 1 — гидролизанный хлопок, исходный спектр; 2 — гидролизованная древесная целлюлоза II, исходный спектр; 3 — деконволюцированный спектр 1, $2\sigma = 12 \text{ см}^{-1}$, $K = 3,5$; 4 — деконволюцированный спектр 2, $2\sigma = 12 \text{ см}^{-1}$, $K = 3,5$

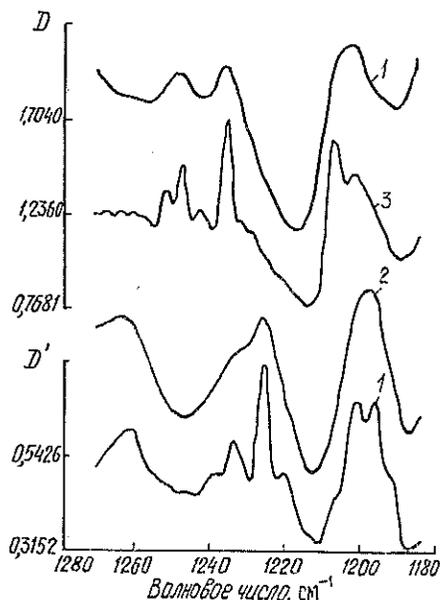


Рис. 3. Обозначения те же, что на рис. 2, но другие параметры: 3 — $2\sigma = 8 \text{ см}^{-1}$, $K = 3,5$; 4 — $2\sigma = 10 \text{ см}^{-1}$, $K = 3,5$

ние, что при переходе целлюлозы I в целлюлозу II происходит поворот группы $-\text{CH}_2\text{OH}$ вокруг связи C_5-C_6 . Согласно расчетам в работе [10], именно в указанные выше диапазоны попадают частоты колебаний, в которые заметный вклад вносят колебания атомов группы $-\text{CH}_2\text{OH}$.

Аморфизация целлюлозы приводит к исчезновению разрешения между колебательными модами A и B, к уширению полос поглощения. В полуупорядоченных образцах, какими и являются природные целлюлозы, ИК-спектр представляет собой суперпозицию узких полос, относящихся к упорядоченной фракции, и широких полос поглощения аморфной фракции.

Преобразованный метод ФСД обладает свойством в наибольшей степени обужать линии с шириной, примерно равной ширине Лоренцового контура (2σ), с которым деконволюцируется спектр. Преобразованный ФСД также сохраняет интегральную интенсивность полос [8]. Следовательно, этот метод позволяет выделять узкие полосы упорядоченной целлюлозы на фоне широких полос неупорядоченной, измерять их интегральную интенсивность и, тем самым, оценивать количество упорядоченной фракции. Для этого необходимо лишь эмпирически подобрать подходящие параметры 2σ и K . На рис. 1 (кривые 3—8) приведены деконволюцированные спектры целлюлоз I и II разной степени упорядоченности. Чтобы показать, на какую величину может различаться содержание упорядоченной фракции, измеренное предложенным способом, целлюлозы I в разных образцах, не содержащих упорядоченной целлюлозы II, в табл. 2 представили значения интегральной интенсивности полосы 2969 см^{-1} в интервале $2975,5 \dots 2962,0 \text{ см}^{-1}$ при массе образца 2 мг/см^2 .

Сравнение с литературными данными по измерению степени кристалличности $X_{\text{кр}}$ аналогичных образцов целлюлозы I методами ди-

Таблица 2

Образец	Предварительная обработка образца	Интегральная интенсивность полосы 2969 см^{-1}	Степень кристалличности $X_{\text{кр}}$ [3, 4]
Хлопок	Гидролиз А (10 мин)	4,19	0,75
»	» Б (3 ч)	3,43	—
»	Необработанный	3,23	0,70
Хвойная сульфатная целлюлоза	Гидролиз А (6 мин)	2,43	0,67
»	Гидролиз А (1 мин)	2,32	—
»	Необработанная	1,50	0,65
Флоренье	»	2,16	0,63
Лиственная сульфатная	Гидролиз А (30 мин)	1,35	—
»	Гидролиз А (5 мин)	1,30	—
»	Необработанная	1,01	—

Примечание. Целлюлоза I, $2\sigma = 14 \text{ см}^{-1}$, $K = 3$.

фракции рентгеновских лучей ДРЛ [3] и ЯМР¹³С [4] показало, что диапазон изменения интенсивности этой полосы в ИК-спектре шире, чем степени кристалличности. Это расхождение объясняется различными параметрами структурной организации, измеряемыми этими методами. Можно, например, указать на разную роль гидроксильных групп при определении упорядоченности методами ДРЛ и ЯМР¹³С, с одной стороны, и ИК-спектроскопии, с другой. В работе [3] прямо измерено, что кристаллиты целлюлозы, используемой в качестве эталона кристалличности, сильно дефектны. Обе методики — ДРЛ и методика ЯМР¹³С, применяемая для определения $X_{\text{кр}}$ [6], — нечувствительны к положению протонов гидроксильных групп, а именно, с большими конформационными возможностями ОН-групп [2, с 149—159] вероятнее всего связана дефектность кристаллитов целлюлозы.

ИК-спектр, напротив, очень чувствителен к пространственному положению ОН-групп из-за их большой полярности.

Можно также отметить различную чувствительность методов к размерам кристаллитов.

В настоящей работе не проводили исследование полос поглощения в области валентных колебаний ОН-групп. Полосы поглощения этих колебаний имеют существенно несимметричную форму, поэтому как дифференцирование, так и ФСД с симметричной деконволюционной функцией дают неправильное число спектральных компонентов, образующих суммарный контур. Эта проблема требует дополнительного исследования. Результаты работы позволяют разработать методики количественного определения молекулярной упорядоченности целлюлозных материалов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Блэквел Дж., Маршессо Р. Структурные исследования // Целлюлоза и ее производные.— М.: Мир, 1974.— Т. 1.— С. 9—42. [2]. Жбанков Р. Г., Козлов В. П. Физика целлюлозы и ее производных.— Минск: Наука и техника, 1983.— 296 с. [3]. Иоелович М. Я., Веверис Г. П. Изучение размеров и дефектности кристаллических областей целлюлозы // Химия древесины.— 1985.— № 6.— С. 30. [4]. Определение степени кристалличности целлюлозы методом ЯМР¹³С высокого разрешения в твердой фазе / Р. Г. Жбанков, М. Я. Иоелович, А. П. Трейманис и др. // Химия древесины.— 1986.— № 4.— С. 3—6. [5]. Степанов В. И., Жбанков Р. Г., Марупов Р. К вопросу о структуре гидратцеллюлозы // Высокмолек. соединения.— 1961.— Т. 3, № 11.— С. 1633—1640. [6]. ЯМР-спектроскопия целлюлозы и ее производных с применением магического вращения образца / Р. Э. Тээяр, Р. Г. Жбанков, О. Т. Шипина и др. // ЖПС.— 1986.— Т. 45, № 4.—

C. 535—554. [7]. Fourier Self-Deconvolution: A Method for Resolving Intrinsically Overlapped Bands / J. K. Kauppinen, D. F. Moffat, H. M. Mantsch, D. G. Cameron // *Appl. Spectr.*—1981.—35.—271—276. [8]. Fourier Transforms in the Computation of Self-Deconvoluted and First-Order Derivative Spectra of Overlapped Band / J. K. Kauppinen, D. J. Moffat, H. M. Mantsch, D. G. Cameron // *Anal. Chem.*—1981.—53. 1453—1457. [9]. M a d d a m s W. F. Spectral Quality Enhancement as an Aid to Polymer Characterisation // *Makromol. Chem., Macromol. Symp.*—1986.—5.—35—48. [10]. Normal Coordinate Analysis of Cellulose I / J. J. Cael, K. H. Gardner, J. L. Koenig, J. Blackwell // *J. Chem. Phys.*—1975.—V. 62, N 3.—1145—1153. [11]. Schneider B., Vodnan'sky J. A Study of Relation Between the Infrared Spectra and the Crystalline Structure of cellulose // *Coll. Czech. Chem. Commun.*—1963.—V. 28, N 8.—3245.

Поступила 29 февраля 1988 г.

УДК 630*864.001.76

МОЛЕКУЛЯРНО-МАССОВАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЛИГНОСУЛЬФОНАТОВ БИСУЛЬФИТНОЙ ВАРКИ, ПОДВЕРГНУТЫХ ОКИСЛИТЕЛЬНОМУ МОДИФИЦИРОВАНИЮ

Л. Г. ПРИМАЧЕВА, Т. Н. АДРИАНОВА, Ю. И. ХОЛЬКИН

Красноярский политехнический институт
Ленинградская лесотехническая академия

Молекулярные массы и молекулярно-массовое распределение (ММР) макромолекул являются основными характеристиками лигносульфонатов и определяют свойства, на которых основано их применение в народном хозяйстве. В химии древесины наиболее эффективный метод анализа молекулярно-массовых характеристик лигносульфонатов — гель-хроматография [6].

Для промышленного использования лигносульфонатов (вторичного продукта переработки древесины, составляющего до 30 % от ее массы) необходимо решить ряд проблем, обусловленных сложностью природы и структурными особенностями лигносульфонатов. Проблема стабилизации потребительских свойств наиболее характерна для лигносульфонатов бисульфитной варки хвойных, лиственных и смеси пород древесины, процесс делигнификации которых различен. В связи с этим лигносульфонаты бисульфитных щелоков характеризуются неоднородностью и широкой полидисперсностью [2—4], проявляя при этом колебания пластифицирующего, диспергирующего и воздуховлекающего действий. Молекулярные массы лигносульфонатов зависят не только от породного состава сырья, но и от условий варки и концентрирования.

В настоящей работе проведено исследование ММР лигносульфонатов бисульфитной варки хвойных, лиственных и смеси пород древесины по различным режимам, выделенных из щелоков и концентратов.

Применяли метод гель-хроматографии с использованием колонок (диаметр 16 мм, длина 400 мм), заполненных набухшим гелем марки «Сефадекс». Сефадексы различных марок фракционируют лигносульфонаты в определенных границах молекулярных масс.

На рис. 1 представлены кривые гель-хроматографии образца концентрата бисульфитного щелока на сефадексах различных марок. На сефадексе G-200 наблюдалась наибольшая степень удержания макромолекул, а на G-75 — наименьшая. При фракционировании образца на смеси сефадексов G-75 + G-100 + G-200 в соотношении 1:1:2, как было рекомендовано О. М. Соколовым [5], наблюдается равномерное распределение фракций.

Для исследований ММР лигносульфонатов применяли непосредственно варочные щелока и концентраты, предварительно подготовленные отдувкой двуокиси серы и

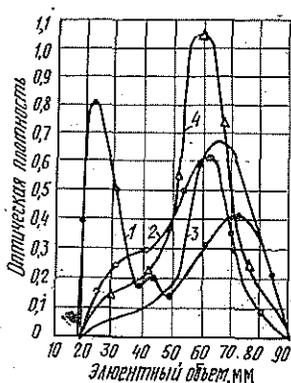


Рис. 1. Кривые гель-хроматографии концентрата бисульфитных щелоков, полученные с использованием сефадексов: 1 — G-75; 2 — G-100; 3 — G-200; 4 — смеси сефадексов G-75 + C-100 + G-200 в соотношении 1 : 1 : 2

встряхиванием с сефадексом G-25. Объем пробы, взятой на анализ, составлял 3 мл 1 %-го раствора, т. е. 1 % от массы сухого геля. Фракции отбирали с использованием автоматического коллектора и элюэнтного буферного раствора с pH 6,2, содержащего хлористый натрий для подавления полиэлектролитных эффектов лигносульфонатов в водном растворе. Оптическую плотность фракций фиксировали на спектрофотометре СФ-26 при длине волны 280 мμ.

Колодки были предварительно откалиброваны по голубому декстрану с молекулярной массой $2 \cdot 10^6$, объем выхода которого V_0 составил 18 мл, и ванилину, объем выхода которого V_t равен 110 мл.

Полученные граничные условия позволили рассчитать коэффициент распределения K_d и пересчитать элюэнтный объем в значения молекулярных масс фракций, используя уравнения (1) и (2), выведенные [5] для лигносульфонатов.

В дискретном виде расчетные соотношения выглядят так:

$$K_{di} = \frac{V_i - V_0}{V_t - V_0}, \quad i = \overline{0, n}; \quad (1)$$

$$M_i = \left[\frac{1,129 - K_{di}^{1/3}}{0,020992} \right]^2, \quad (2)$$

где V_i — текущий элюэнтный объем.

Кривые гель-хроматографии $D_i(V_i)$ преобразовывали в интегральные кривые $C_i(V_i)$ по методу трапеций

$$C_i = \sum_{j=1}^i (D_j - D_{j+1})/2 (V_{j+1} - V_j). \quad (3)$$

Здесь D_i — текущая оптическая плотность фракций.

Для удобства сравнения все зависимости пересчитывали в нормированные интегральные кривые $W_i(V_i)$

$$W_i = \frac{C_i}{C_n} 100 \%, \quad (4)$$

где C_n — значение ординаты интегральной кривой, соответствующее конечному элюэнтному объему данной кривой.

Основные характеристики полимера — положение пика и ширина дифференциальной кривой. Дифференциальные кривые ММР позволяют найти содержание фракций лигносульфонового комплекса с определенными молекулярными массами, а нормированные дифференциальные кривые $\frac{dW}{dV}$ используют для сравнения этих величин

$$\left(\frac{dW}{dV} \right)_i = \frac{D_i}{C_n} 100 \%. \quad (5)$$

Таблица 1

Молекулярно-массовая характеристика лигносульфонатов бисульфитных щелоков и концентратов

Вещество	Молекулярная масса		Коэффициент полидисперсности $N = \frac{M_w}{M_n}$	Массовая доля фракций		
	средневесовая	среднечисловая		1	2	3
Щелок:						
ЦХМ	41 490	32 620	1,27	36	41	23
ПЦХМ	28 800	22 206	1,30	15	60	25
ПЦЛМ	24 920	17 820	1,39	5	58	37
ПЦХЛМ	32 508	21 841	1,48	10	56	34
ПЦХЛМА	34 947	26 273	1,33	20	41	39
ПЦЛМА	37 382	30 038	1,24	33	42	25
Концентрат 30 %-й:						
ЦХМ	48 540	36 772	1,32	39	37	24
ПЦХМ	36 758	25 760	1,42	28	36	36
ПЦХЛМА	35 720	25 541	1,40	27	52	21
Концентрат 50 %-й:						
ЦХМ	59 782	48 635	1,23	40	40	20
ПЦХМ	39 573	28 280	1,40	30	50	20
ПЦЛМА	47 890	39 563	1,28	35	48	17
ПЦХЛМА	38 613	28 172	1,37	30	42	18

Примечание. Ц — щелока от варок целлюлозы; ПЦ — полуцеллюлозы; Х — из хвойных пород древесины; Л — из лиственных пород древесины; ХЛ — из смеси пород; М — на магниевом основании; МА — на магниий-аммониевом основании.

Составлен комплекс программ для ЭВМ СМ-4, в составе которого предусмотрена интерполяция с исходной сетки на более мелкую для построения графиков. Комплекс программ позволяет вывести результаты также в виде таблиц.

Установлено (табл. 1), что наибольшими значениями средних молекулярных масс характеризуются лигносульфонаты от варки целлюлозы из хвойных пород древесины (40...50 тыс. а. е. м.), наименьшими (20...30 тыс. а. е. м.) — из лиственных пород.

Добавление аммониевого основания к магниевому вызывает усиление полимеризационных процессов при варке и приводит к увеличению средних молекулярных масс лигносульфонатов. Максимальной полидисперсностью характеризуются лигносульфонаты от варки лиственных и смеси пород древесины на магниевом основании, но при добавлении аммониевого основания полидисперсность снижается.

При концентрировании бисульфитных щелоков до 30 %-го содержания сухих веществ коэффициент полидисперсности лигносульфонатов увеличивается с одновременным возрастанием средних молекулярных масс концентратов. Это обусловлено тем, что массовая доля низкомолекулярной фракции увеличивается наряду с повышением массовой доли высокомолекулярной фракции (табл. 1). Дальнейшее концентрирование приводит к удалению коллоидно-связанной воды и снижает коэффициент полидисперсности лигносульфонатов за счет уменьшения массовой доли низкомолекулярной фракций, при этом повышаются средние молекулярные массы лигносульфонатов. (Для лигносульфонатов за низкомолекулярную принята фракция с молекулярными массами до 15 тыс. а. е. м., за среднемолекулярную — с массами от 15 до 40 тыс. а. е. м., за высокомолекулярную — более 40 тыс. а. е. м.).

Неоднородность отдельных партий концентратов бисульфитных щелоков требует химического модифицирования лигносульфонового

комплекса для снижения его полидисперсности и усреднения ММР. Задача уменьшения полидисперсности лигносульфонатов может быть решена методом окислительного модифицирования концентратов бисульфитных щелоков путем обработки их смесью солей нитрита и нитрата натрия [1]. Модифицирование проводили смесью солей нитрита и нитрата натрия в мольном соотношении 1:1 в количестве 10 % от сухих веществ в течение 1 ч при 60 °С. Оптимальный режим модифицирования обоснован [1].

При модифицировании происходит частичное окисление редуцирующих веществ щелоков на 75 %, повышается содержание функциональных групп: гидроксильных — в 1,5 раза, карбоксильных — в 3 раза, изменяется молекулярно-массовое распределение лигносульфонового комплекса.

Из сравнения интегральных и дифференциальных кривых исходного и модифицированного образцов концентрата магний-бисульфитного щелока (рис. 2) видно, что в результате модифицирования увеличивается доля средней фракции продукта и снижается его полидисперсность.

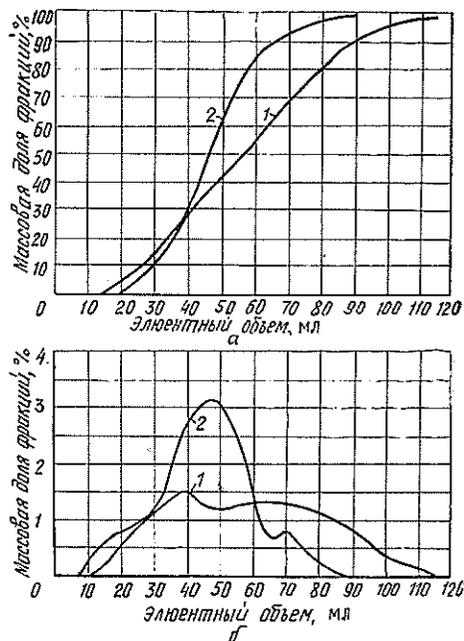


Рис. 2. ММР лигносульфонатов бисульфитной варки: 1 — модифицированных нитрит-нитратной смесью; 2 — исходных; а — интегральные кривые; б — дифференциальные

Для детального изучения процесса изменения фракционного состава лигносульфонатов при модифицировании исходный образец был препаративно разделен на три фракции хроматографическим путем на колонке с сефадексом G-75 (диаметр 40 мм, длина 800 мм). Полученные фракции были упарены до концентрации 10 % и обработаны нитрит-нитратной смесью в указанных выше условиях.

Сравнительные результаты исследований ММР фракций до и после модифицирования приведены на рис. 3, 4.

Исходные фракции, коэффициент полидисперсности которых составляет 1,1—1,14, имеют широкую область ММР в связи с существованием лигноуглеводных комплексов и мостичных связей между макро-

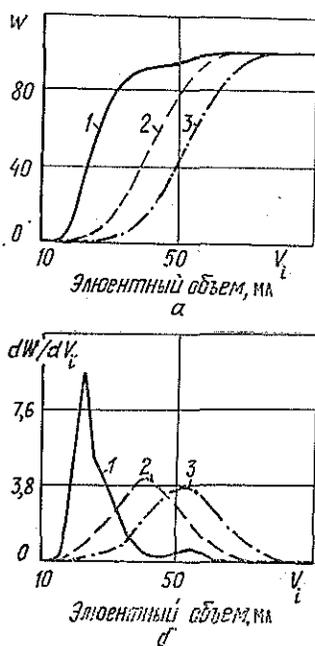


Рис. 3. ММР исходных фракций концентрата бисульфитных щелоков: 1 — высокомолекулярная; 2 — среднемолекулярная; 3 — низкомолекулярная фракция; а — интегральные кривые; б — дифференциальные

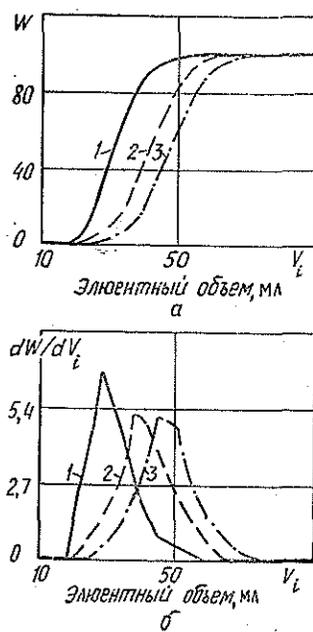


Рис. 4. ММР модифицированных фракций концентрата бисульфитных щелоков; 1 — высокомолекулярная; 2 — среднемолекулярная; 3 — низкомолекулярная фракция; а — интегральные кривые; б — дифференциальные

молекулами. Однако положение пика и значения средних молекулярных масс характеризуют ту или иную фракцию (табл. 2).

ММР модифицированной высокомолекулярной фракции (кривая 1) смещено в сторону уменьшения молекулярных масс от исходной. Это свидетельствует о прохождении процесса деструкции высокомолекулярных макромолекул благодаря нитроокислительным превращениям в лигносульфоном комплексе. Склонные к полимеризации при нагревании низкомолекулярные фракции (кривая 3) в условиях нитроокислительного модифицирования изменяют ММР с увеличением доли сред-

Таблица 2

Вещества	Молекулярная масса		Коэффициент полидисперсности
	среднечисловая	средневесовая	
Исходные фракции:			
1	78 904,7	86 142,6	1,09
2	43 691,7	48 284,6	1,14
3	31 526,8	34 546,3	1,10
Модифицированные фракции:			
1	66 371,4	69 963,1	1,05
2	45 601,3	48 208,3	1,06
3	36 256,0	38 769,2	1,07
Исходный концентрат	45 994,6	55 193,6	1,20
Модифицированный концентрат	41 535,5	47 697,8	1,14

них фракций. Средние фракции лигносульфонового комплекса практически не претерпевают изменений.

Следовательно, в условиях нитроокислительного модифицирования фракций лигносульфонатов происходят два противоположно направленных процесса — деструкция и конденсация, которые приводят к усреднению ММР лигносульфонового комплекса и снижают его полидисперсность, что способствует стабилизации составов концентратов.

Проведенные исследования показали, что технические лигносульфонаты — полидисперсные структуры с широким диапазоном молекулярных масс в пределах 10...90 тыс. а. е. м. Для промышленного использования технических лигносульфонатов целесообразно модифицировать эти лабильные полимеры с целью усреднения молекулярно-массовых характеристик.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Нитроокисление концентратов бисульфитных щелоков / Л. Г. Примачева, Т. Н. Бугаева, Е. В. Грачева, Н. Я. Гладкова // Гидролиз. и лесохим. пром-сть.— 1986.— № 2.— С. 42—45. [2]. Особенности щелоков бисульфитных варок смешанных пород древесины / Л. Г. Примачева, Т. Н. Бугаева, Н. Я. Гладкова, В. Т. Никитина // Лесн. журн.— 1985.— № 4.— С. 92—95. (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Попова Л. В., Горохова Е. П. Исследования молекулярно-массового распределения и товарных свойств аммонийных технических лигносульфонатов // Химия древесины.— 1978.— № 5.— С. 79—82. [4]. Сарканен К. В., Людвиг К. Х. Лигнины.— М.: Лесн. пром-сть, 1975.— 630 с. [5]. Соколов О. М. Определение молекулярных масс лигнинов на ультрацентрифуге и методом гель-фильтрации: Учеб. пособие.— Л.: ЛТА, 1978.— 18 с. [6]. Холькин Ю. И. Хроматография в химии древесины.— М.: Лесн. пром-сть, 1976.— 287 с.

Поступила 3 мая 1988 г.

УДК 630*813

ФОТОКОЛОРИМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ АНТРАХИНОНА В ЩЕЛОЧНОЙ СРЕДЕ

Б. Д. БОГОМОЛОВ, В. А. ПИВОВАРОВА, О. Ф. ГОРБУНОВА

Архангельский лесотехнический институт

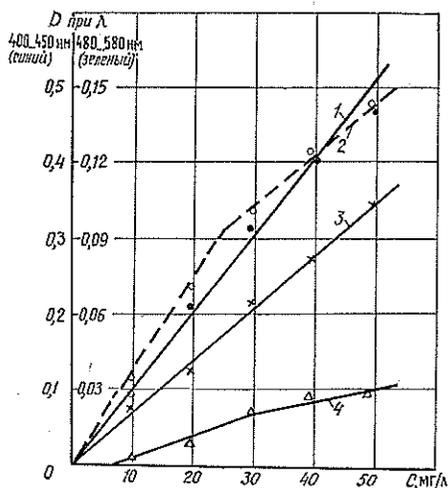
Известно [6], что под воздействием компонентов древесины в процессе делигнификации с добавками антрахинона (АХ) последний восстанавливается с образованием таких продуктов, как антрагидрохинон (АГХ), антранол, антрон (АНТ) и других продуктов более глубокого восстановления. Кроме того, АХ в процессе варки расходуется в результате конденсации его с продуктами деструкции лигнина [7]. Из указанных соединений наиболее устойчивыми и активными при варке являются АХ и АНТ.

Для определения АХ и АНТ в отработанных щелоках и целлюлозных массах нами были использованы полярографический [2, 3] и фотоколориметрический методы. При полярографическом методе, как показали исследования, на результаты анализа сульфатно-АХ варки влияет присутствие серосодержащих веществ; при фотоколориметрическом методе в видимой области спектра присутствие серы не имеет значения.

После обработки щелочных растворов гидросульфитом (дитионитом) натрия АХ превращается в АГХ, а антрон — в антранол; это растворимые в щелочи окрашенные соединения. Спектры таких растворов, полученные с помощью спектрофотометра СФ-26, в диапазоне 400...450 нм давали пики соответственно при 415 и 430 нм, а при 500 нм пик имел АХ.

С учетом спектроскопической характеристики таких растворов, в основу метода определения АХ и АНТ, при их совместном присутствии, положено измерение оптической плотности на фотоэлектроколориметре КФО в диапазоне длин волн 400...450 нм при использовании синего светофильтра и в диапазоне 480...580 нм — при использовании зеленого.

Принцип отдельного определения антрахинона и антрона заключался в том, что оптическая плотность исследуемого раствора, измеренная на синем светофильтре, складывается из суммы плотностей АГХ и антранола. Оптическая плотность, измеренная с зеленым светофильтром, в основном зависит от присутствия АГХ. Имея графики зависимости оптической плотности D АХ (АГХ) и антрона (антранола) от их концентрации отдельно с синим и зеленым светофильтрами, можно анализировать растворы, содержащие смесь этих соединений.



Калибровочные графики зависимости оптической плотности от концентрации после обработки гидросульфитом натрия щелочных растворов антрахинона (1, 2) и антрона (3, 4) соответственно с синим и зеленым светофильтрами

На рисунке представлены зависимости оптической плотности от концентрации АГХ и антранола, полученные после обработки гидросульфитом натрия щелочных стандартных растворов АХ и АНТ с синим и зеленым светофильтрами (измеренные в кювете шириной 5 мм).

Методика анализа отработана на модельных щелочных растворах, содержащих смесь АХ и АНТ в соотношениях 1:1, 2:1, 3:1, с концентрацией АХ 20...60 мг/л, а АНТ — 10...40 мг/л. В табл. 1 представлены полученные результаты и данные их статистической обработки [5]. Лучшие результаты получены для смесей 1, 2, 3 при концентрациях, не превышающих 60 мг/л.

С помощью фотоколориметрического метода были исследованы хлороформные экстракты, полученные из отработанных щелоков натронно-АХ и сульфатно-АХ варок, а также соответствующие им целлюлозные массы, отделенные от щелока и промытые водой.

Результаты анализа натронно-АХ и сульфатно-АХ щелоков представлены соответственно в табл. 2 и 3.

Отработанные щелока были проэкстрагированы хлороформом, хлороформ отогнан, и для анализа использованы высушенные экстракты. Экстракты натронно-АХ щелоков для отделения основной части АХ были обработаны диметилформамидом (ДМФ). В результате обработки хлороформные экстракты были разделены на растворимую и нерастворимую в ДМФ фракции (табл. 2).

Таблица 1

Результаты определения антрахинона и антрона при совместном присутствии в модельных растворах

Но- мер сме- си	Концен- трация в смеси, мг/л	Статистические характеристики							Объ- ем сме- си, мл
		Со- дер- жание ком- понен- та μ в сме- си, мг	Чис- ло опре- делен- ий n	Сред- ний ре- зуль- тат \bar{x} , мг	Стан- дартное отклоне- ние от- дельного результата S , мг	Интервал среднего результата ($\bar{x} \pm \epsilon_{0,95}$), мг	Относи- тельная ошибка, %	Относи- тельная погреш- ность $\epsilon_{0,95} \cdot 100$, μ %	
1	АХ—20	2	11	2,10	0,068	2,10 ± 0,05	+5,0	±2,5	100
	АНТ—10	1	15	0,98	0,014	0,98 ± 0,03	-2,0	±3,0	
2	АХ—20	1	13	1,09	0,039	1,09 ± 0,02	+9,0	±2,0	50
	АНТ—20	1	16	0,86	0,041	0,86 ± 0,02	-14,0	±2,0	
3	АХ—40	2	13	1,97	0,071	1,97 ± 0,04	-1,5	±2,0	50
	АНТ—20	1	6	0,89	0,027	0,89 ± 0,03	-11,0	±3,0	
4	АХ—60	3	16	3,00	0,128	3,00 ± 0,07	0,0	±2,3	50
	АНТ—20	1	14	0,62	0,092	0,62 ± 0,05	-38,0	±5,0	
5	АХ—40	1	7	1,12	0,096	1,12 ± 0,09	+12,0	±9,0	25
	АНТ—40	1	9	0,61	0,070	0,61 ± 0,05	-39,0	±5,0	

Таблица 2

Содержание антрахинона в экстрактах из отработанных щелоков натронно-антрахиноновых варок

Тем- пера- тура вар- ки, °С	Выделено с варки* экстракта, мг			Определено АХ во фрак- ции, %				Всего опре- делено, % от загру- женного на варку АХ
	Всего	Нераство- рилось в ДМФ	Раство- рилось в ДМФ	нерастворив- шейся в ДМФ		растворив- шейся в ДМФ		
				от фрак- ции	от ис- ход- ного АХ	от фрак- ции	от ис- ход- ного АХ	
140	134,50	18,70	115,70	62,0	11,75	66,0	76,25	88,0
160	158,20	9,55	148,65	58,5	5,70	19,5	29,0	34,7
180	164,46	3,65	160,80	40,5	1,40	15,5	25,0	26,4

* Представлены средние результаты двух варок, на варку загружали 100 мг АХ (0,5 % от древесины).

Таблица 3

Содержание антрахинона (и антрона)
в экстрактах из отработанных щелоков
сульфатно-антрахиноновых варок

Тем- пера- тура варки, °С	Выделено экстракта* с варки, мг	Определено компо- нентов, % от экстракта		Всего опре- делено, % от загрузе- нного на вар- ку АХ
		АХ	АНТ	
140	97,0	31,20	—	31,20
160	110,5	28,70	—	28,70
180	125,5	16,31	7,53	23,84

* Представлены средние результаты двух варок.

В нерастворимой части экстракта содержание АХ, хотя и составляло 40...60 %, из-за малой величины этой фракции, в расчете на взятый на варку АХ, представляло небольшую долю, не превышающую 11,75 %. Поэтому при дальнейших исследованиях обработку экстрак-

тов ДМФ не проводили (табл. 3). Из полученных результатов (табл. 2 и 3) видно, что, в основном, остаточное содержание АХ в щелоках натронно-АХ варок более высокое по сравнению с сульфатно-АХ щелоками, а АНТ определили только в сульфатно-АХ щелоке от варки при 180 °С.

Для определения АХ в целлюлозных массах последние также обрабатывали избытком гидросульфита натрия в 5 %-м гидроксиде натрия при комнатной температуре, и после отфильтровывания целлюлозных волокон растворы фотометрировали в тех же условиях, что и экстракты щелоков. Из результатов анализа натронно-АХ и сульфатно-АХ целлюлозных масс (табл. 4) следует, что, в отличие от сульфатно-АХ масс, натронно-АХ массы содержат антрон и удерживают большее количество остаточного АХ. По-видимому, после сульфатно-АХ варки, в присутствии остаточного сульфида натрия, при промывке массы АХ дольше сохраняется в виде растворимого в водной среде АГХ.

Таблица 4

Содержание антрахинона (и антрона) в целлюлозных массах*

Температура варки, °С	Выход целлюлозной массы, %	Определено, %			
		от целлюлозной массы			от АХ, загруженного на варку
		АХ	АНТ	Всего	
Натронно-антрахинонная варка					
140	56,6	0,062	0,020	0,082	9,27
160	43,4	0,060	0,013	0,073	6,36
180	33,4	0,280	—	0,280	18,70
Сульфатно-антрахинонная варка					
140	54,8	0,014	—	0,014	1,53
160	42,8	0,012	—	0,012	1,03
180	33,5	—	—	—	—

* Средние результаты двух варок.

Таблица 5

Содержание остаточного антрахинона при щелочной варке

Температура варки, °С	Определено антрахинона (и антрона), % от загруженного на варку,		
	в экстрактах из отработанных щелоков	в целлюлозной массе	Всего
Натронно-антрахинонная варка			
140	88,00	9,27	97,27
160	34,70	6,36	41,06
180	26,40	18,70	45,10
Сульфатно-антрахинонная варка			
140	31,20	1,53	32,73
160	28,70	1,03	29,73
180	23,84	—	23,84

Результаты анализа щелоков и целлюлозных масс сведены в табл. 5. Из приведенных данных следует, что при натронно-АХ варке при температуре 140 °С остается значительное количество АХ как в щелоке, так и в целлюлозной массе. С увеличением степени делигни-

фикации расход АХ заметно возрастает, вероятно, в результате побочных реакций с продуктами деструкции лигнина. При сульфатно-АХ варке остаточное содержание АХ заметно снижено уже при температуре 140 °С. Возможно, это происходит из-за более глубокого восстановления АХ в присутствии сульфида натрия и продуктов деструкции древесины [1, 4]. По-видимому, именно в результате этих реакций эффект от действия АХ при сульфатной варке заметно снижен по сравнению с натронной варкой.

Методика эксперимента

Калибровочные графики. К 10 мг АХ или АНТ в мерной колбе на 100 мл добавляли 25 мл этилового спирта, 400 мг гидросульфита натрия, объем доводили до метки 5 %-м гидроксидом натрия, и раствор выдерживали 3 ч при комнатной температуре, периодически встряхивая. Из полученного раствора отбирали по 2,5; 5,0; 7,5; 10,5; 12,5 мл в мерные колбы на 25 мл, содержащие по 100 мг гидросульфита натрия, 5 мл этилового спирта, и объемы доводили до метки 5 %-м гидроксидом натрия. Оптические плотности измеряли с синим и зеленым светофильтрами и строили график зависимости оптической плотности от концентрации (10...50 мг/л) для каждого из компонентов (АХ и АНТ).

Модельные растворы. К смеси навесок АХ и АНТ от 1 до 3 мг в мерных колбах на 25...100 мл добавляли 100...400 мг гидросульфита натрия, 5...25 мл этилового спирта в зависимости от объема мерной колбы, и объемы доводили до метки 5 %-м раствором гидроксида натрия. Содержимое колб выдерживали 3 ч при комнатной температуре, периодически встряхивая. Концентрацию компонентов в смеси определяли с помощью однолучевого фотоэлектродиметра КФО в кювете шириной 5 мм следующим образом: измеряли оптическую плотность растворов с синим D_1 и зеленым D_2 светофильтрами, находя по калибровочным графикам соответствующие концентрации C_1 и C_2 , мг/л. По разности концентрации $\Delta C = C_1 - C_2$ пахотили поправку ΔD на калибровочной линии антрона с зеленым светофильтром. Концентрацию АХ $C_{АХ}$ определяли по калибровочной линии с зеленым светофильтром, используя разность плотностей $D_2 - \Delta D = D_{АХ}$. По концентрации $C_{АХ}$ находили оптическую плотность $D_{АХ}^1$ с синим светофильтром и по разности $D_1 - D_{АХ}^1$ высчитали концентрацию АНТ, мг/л, по калибровочной линии с синим светофильтром.

Экстракты отработанных щелоков. К 1...2 мг сухого экстракта в мерной колбе на 25 мл добавляли спирт, гидросульфит натрия, 5 %-й гидроксид натрия, выдерживали растворы 3 ч при комнатной температуре и далее измеряли оптическую плотность с синим и зеленым светофильтрами, как в случае модельных смесей.

Щелочные варки и получение экстрактов. Щелочные варки проводили в автоклавах емкостью 200 мл с использованием сосновых опилок. На варку загружали 20 г в расчете на абс. сухую древесину, активная щелочь варочного щелока — 50 г/л, загрузка АХ — 0,5 % от древесины, жидкостный модуль 6, сульфидность варочного щелока в случае сульфатно-АХ варок составляла 10 %. Варки проведены при 140, 160 и 180 °С по следующему режиму: подъем до заданной температуры — 1 ч, варка при температуре — 3 ч. Нагревание осуществляли в глицериновой бане. После окончания варки щелока отфильтровывали от целлюлозной массы, которую промывали водой до нейтральной реакции и высушивали. Щелок с промывной водой (объем первых порций промывной воды составлял 250 мл) экстрагировали три-четыре раза хлороформом. Объемы хлороформенных экстрактов составили 500...600 мл. После отгонки хлороформа от предварительно обработанных сульфатом магия растворов для удаления влаги, попавшей при экстракции, экстракты переносили во взвешенные бюксы и досушивали в вакууме. Для определения АХ и АНТ для экстракции достаточно 5...10 мл отработанного щелока и 40...50 мл хлороформа. Операции по выделению экстракта такие же, как при обработке всего щелока.

Целлюлозные массы. Отделенные от щелока промытые и высушенные массы в количестве 100...200 мг помещали в мерные колбы на 25 мл и обрабатывали этиловым спиртом (10 мл), гидросульфитом натрия (200 мг) и 5 %-м гидроксидом натрия, как в случае модельных смесей и экстрактов, за исключением того, что время выдержки при комнатной температуре составляло 4 ч (установлено экспериментально). Растворы фильтровали непосредственно в кюветы (стеклянный фильтр, пористость 1), в которых проводили фотометрирование, и далее определяли компоненты, как в случае модельных смесей.

Таким образом, нами показаны количественное изменение АХ при щелочных варках с АХ и влияние присутствия сульфида натрия на его расход. Использование простейшего однолучевого электрофотокolorи-

метра КФО позволило с достаточной степенью точности определить АХ в щелоках и целлюлозных массах в водной щелочной среде, применяя обработку гидросульфитом (дитионитом) натрия.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Богомолов Б. Д., Буцаленко В. С., Горбунова О. Ф. Исследование превращений антрахинона при натронных варках древесины сосны // Тез. докл.: 7-я Всесоюз. конф. по химии и использованию лигнина.— Рига, 1987.— С. 105—106. [2]. Богомолов Б. Д., Горбунова О. Ф., Пивоварова В. А. Об особенностях определения антрахинона в щелоках и целлюлозных массах // Лесн. журн.— 1987.— № 4.— С. 80—86. (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Горбунова О. Ф., Богомолов Б. Д. Полярографическое определение антрахинона и антрона // Химия древесины.— 1986.— № 5.— С. 45—50. [4]. Сравнительное исследование обработанных щелоков при делигнификации с добавками антрахинона / Б. Д. Богомолов, О. Ф. Горбунова, В. А. Пивоварова, В. С. Буцаленко // Химия древесины.— 1986.— № 5.— С. 48—53. [5]. Физико-химические методы анализа / Под ред. В. Б. Алесковского, К. Б. Яцмирского.— 2-е изд.— Л.: Химия, 1971.— 424 с. [6]. Cassidy G. R., Dence C. W. Reduction products of anthraquinone // TAPPI.— 1979.— N 7, V. 62.— P. 43—47. [7]. Fullerton T. J., Fleming B. I. Anthraquinone condensation products, formed during pulping // Svensk papperstidning.— 1980.— N 14.— P. 396—397.

Поступила 6 июня 1988 г.

УДК 630*892.6 : 668.481

ПОЛИМЕРИЗАЦИЯ ЖИВИЧНОГО И ЭКСТРАКЦИОННОГО СКИПИДАРОВ В НЕПОДВИЖНОМ СЛОЕ КАТАЛИЗАТОРА

А. И. ЛАМОТКИН, А. Н. ПРОНЕВИЧ, Т. С. ТУРУК

Белорусский технологический институт

Процесс полимеризации терпеновых углеводов в присутствии кислотных катализаторов в литературе [1—3, 5, 7] освещен достаточно полно.

В указанных работах процесс полимеризации проводили в подвижном слое катализатора; из-за сложности отделения катализатора от продуктов реакции затруднено широкое внедрение этих работ в промышленность.

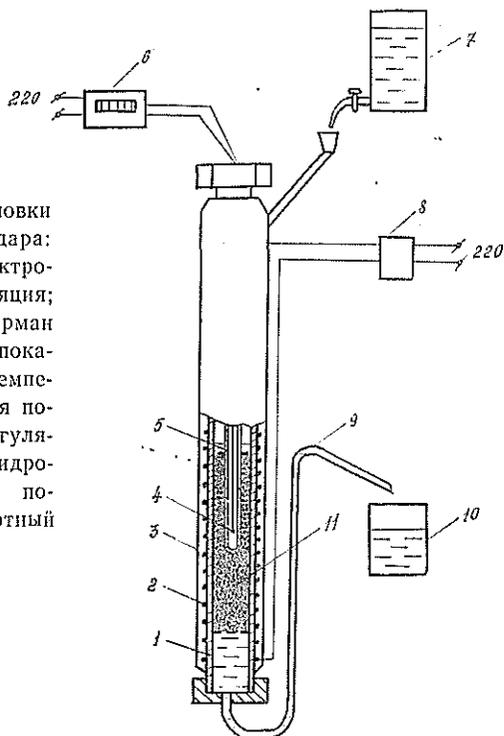
Наиболее эффективен способ получения политерпенов в неподвижном слое катализатора [4, 6]. В нашей стране способ получения политерпенов из обеспиленного живичного и экстракционного скипидаров в неподвижном слое катализатора впервые был внедрен в 1979 г. на Борисовском бумажно-лесохимическом заводе. В качестве катализатора на заводе используют шариковый алюмосиликатный катализатор марки АС-36. Выход политерпенов составляет 46...50 % от массы используемого скипидара.

В настоящей работе мы, с целью повышения выхода политерпенов, попытались изучить полимеризацию обеспиленного живичного и экстракционного скипидаров в присутствии алюмосиликатного катализатора АС-36 и силикагеля марки КСК, пропитанных ортофосфорной кислотой.

Процесс полимеризации скипидаров исследовали в проточном реакторе, представленном на рисунке. Установка работала следующим образом.

В среднюю часть реактора загружали катализатор. Реактор нагревали до необходимой температуры, и через установку пропускали предварительно очищенный от влаги скипидар с определенной скоростью (мл/ч на 1 г катализатора). По мере заполнения реактора ски-

Схема проточной установки полимеризации скипидара:
 1 — реактор; 2 — электрообогрев; 3 — теплоизоляция; 4 — термopapa; 5 — карман для термopapa; 6 — показывающий самописец температуры; 7 — мерник для подачи скипидара; 8 — регулятор напряжения; 9 — гидрозатвор; 10 — приемник полимеризата; 11 — кислотный катализатор



пидаром образовавшийся полимеризат по гидрозатвору непрерывно выводится из зоны катализатора самотеком в приемник.

*Полимеризация обеспиленного живичного скипидара
 в присутствии алюмосиликатного катализатора
 АС-36 и АС-36/ H_3PO_4*

Полимеризацию обеспиленного живичного скипидара проводили в присутствии алюмосиликатного катализатора АС-36, а также АС-36, пропитанного ортофосфорной кислотой. Для опытов использовали обеспиленный живичный скипидар, соответствующий ТУ 81-05-74—82. Для пропитки катализатора использовали ортофосфорную кислоту (ГОСТ 6552—80).

Отношение алюмосиликатного катализатора АС-36 к ортофосфорной кислоте составляло 1:0,5 по массе. Скорость протока скипидара через реактор — 1,4...1,5 мл/ч на 1 г катализатора. Температура процесса полимеризации 150...165 °С. Фракции полимеризата отбирали через каждые 3 ч.

Полученные результаты по полимеризации обеспиленного живичного скипидара представлены в таблице.

Как показали экспериментальные данные (см. табл.), использование алюмосиликатного катализатора АС-36, пропитанного ортофосфорной кислотой, в процессе полимеризации обеспиленного живичного скипидара приводит к увеличению выхода полимерных продуктов в среднем на 10 % и к незначительному повышению кислотного числа полимеризата по сравнению с алюмосиликатным катализатором АС-36.

Методом газожидкостной хроматографии были проанализированы изомерные продукты отобранных фракций полимеризата. Основные компоненты изомерных веществ полимеризата: п-ментен-3 и п-цимол, массовая доля которых в отобранных фракциях полимеризата колеблется в пределах 65...76 %.

Выход продуктов реакции и физико-химическая характеристика фракций полимеризата

№ фракции	Количество отобранного полимера, мл	Кислотное число, мг КОН на 1 г	n_D^{20}	d_4^{20} , г/см ³	Кинематическая вязкость, мм ² /с	Массовая доля, %	
						полимеров	мономеров
Алюмосиликатный катализатор АС-36 (100 г)							
1	450	0,20	1,4985	0,895	5,23	50,8	49,2
2	440	0,20	1,4982	0,894	5,20	50,4	49,6
3	425	0,19	1,4980	0,894	5,15	50,0	50,0
4	420	0,18	1,4981	0,894	5,19	50,3	49,7
Алюмосиликатный катализатор АС-36/Н ₃ Р ₄ (67 г АС-36 и 33 г Н ₃ Р ₄)							
1	430	0,40	1,5010	0,902	7,68	60,8	39,2
2	450	0,41	1,5010	0,901	7,51	60,0	40,0
3	450	0,36	1,5010	0,901	7,55	60,3	39,7
4	420	0,34	1,5011	0,902	7,70	60,9	39,1
Силикагель марки КСК/Н ₃ Р ₄							
1	425	0,35	1,5030	0,910	12,66	70,7	29,3
2	433	0,30	1,5027	0,909	12,12	69,0	31,0
3	457	0,33	1,5026	0,908	11,39	68,0	32,0
4	393	0,30	1,5027	0,909	12,09	69,0	31,0
5	425	0,30	1,5026	0,908	11,52	68,3	31,7
6	444	0,27	1,5030	0,910	12,60	70,0	30,0
7	434	0,26	1,5026	0,908	11,36	67,8	32,2
8	430	0,25	1,5025	0,907	11,0	67,2	32,8

*Полимеризация экстракционного скипидара
в присутствии силикагеля марки КСК,
пропитанного ортофосфорной кислотой*

Для опыта брали экстракционный скипидар, соответствующий требованиям ГОСТ 16943—79. В качестве катализатора использовали силикагель марки КСК (ГОСТ 3956—76), пропитанный ортофосфорной кислотой (ГОСТ 6552—80). Отношение силикагеля КСК к ортофосфорной кислоте составило 1:0,75 по массе. Скорость потока скипидара через реактор—1,3...1,5 мл/ч на 1 г катализатора. Температура процесса полимеризации 150...165 °С. Отбор фракций полимеризата проводили через каждые 3 ч.

В таблице приведены данные полимеризации экстракционного скипидара в присутствии силикагеля марки КСК, пропитанного ортофосфорной кислотой. Как видно из таблицы, выход полимеров в этом случае достигает 70 %. Анализ хроматограмм изомерных продуктов полимеризата показал, что в их составе до 70 % содержится веществ диспропорционирования моноциклических терпенов, в основном п-цимол и п-ментен-3.

Полученные политерпены соответствуют требованиям по ТУ 81-05-19—78. Результаты можно использовать при получении политерпенов на предприятиях лесохимической промышленности.

Таким образом, нами установлено, что пропитка алюмосиликатного катализатора АС-36 и силикагеля марки КСК ортофосфорной кислотой приводит к усилению их каталитической активности и повышению выхода политерпенов до 60...70 % от массы используемых скипидаров.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Змачинский Э. В., Марон С. А., Шмуйкович С. П. Действие безводного железа на пинен // Журн. прикладной химии.—1937.—№ 2.—С. 831—842.

[2]. Ключев Ю. П., Ламоткин А. И. Некоторые замечания относительно механизма каталитических превращений пинена под действием ортофосфорной кислоты, нанесенной на березовый активированный уголь // Докл. АН БССР.—Т. 10, № 5.—С. 309—312. [3]. Плюснин В. Г., Черткова С. И. Полимеризация терпенов скипидара в присутствии фтористого водорода // Синтетические продукты из канфоли и скипидара.—Минск, 1964.—С. 156—164. [4]. Полимеры терпенов — новый продукт лесохимической промышленности / И. И. Бардышев, Г. Г. Шляшинский, М. З. Мельников и др. // Гидролиз. и лесохим. пром-сть.—1979.—№ 6.—С. 23—24. [5]. Получение терпенов из сухоперегонных скипидаров / И. И. Бардышев, Х. А. Черчес, Ю. П. Комшилов, Л. В. Шуляковская // Синтетические продукты из канфоли и скипидара.—Минск, 1964.—С. 148—156. [6]. Получение полимеров из экстракционного скипидара / А. К. Страх, М. З. Мельников, М. Ф. Краснева и др. // Гидролиз. и лесохим. пром-сть.—1981.—С. 27—28. [7]. Рожков А. М. О полимеризации дипентена и пинена // Изв. Сиб. отд-ия АН СССР.—1958.—С. 23—28.

Поступила 25 мая 1988 г.

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 630*88.003.13

ОБ ИЗМЕРЕНИИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ
БЕЗОТХОДНЫХ ПРОИЗВОДСТВ
В КОМПЛЕКСНЫХ ЛЕСНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

А. П. ПЕТРОВ, Г. В. ШАРАПОВА

Ленинградская лесотехническая академия

Основными направлениями экономии материальных затрат являются снижение норм потребления ресурсов на единицу готовой продукции, взаимозаменяемость используемых сырья и материалов; сокращение потерь на всех фазах производства, хранения и транспортировки продукции; применение безотходных технологий.

С экономической точки зрения основной задачей при создании и внедрении безотходных производств является обоснование условий эффективного использования сырья различного качества, особенно древесных отходов. Такие условия определяются по выбираемым критериям эффективности, в качестве которых до перехода предприятий на условия самофинансирования принимали товарную продукцию, расчетную прибыль и др. Накоплен значительный опыт обоснования условий экономической доступности по названным критериям в методическом плане [1—4]. Исходя из обусловленных экономической реформой новых подходов к оценке эффективности встает актуальная задача проверить их на базе двух основных форм организации производства в лесной промышленности — комплексных лесных предприятий и территориальных лесных комплексов (объединений).

Применение безотходных производств в комплексных лесных предприятиях обусловлено комбинированием, организацией комплекса производств, использующих все виды ресурсов, в том числе древесные отходы. Эффективность использования сырья определяется как традиционными показателями, так и новыми, в частности хозрасчетным доходом. Степень влияния полноты использования сырья на хозрасчетный доход устанавливает условия внедрения безотходных производств.

В качестве показателя, измеряющего уровень использования сырья, принят натуральный показатель — коэффициент полезного использования отходов (α):

$$\alpha = \frac{R}{R_0},$$

где R_0 — реальные ресурсы отходов;

R — ресурсы отходов, потребляемые на технологические, хозяйственные и топливно-энергетические нужды.

В условиях самофинансирования в дополнение к показателям, разработанным проблемной экономической лабораторией ЛТА, включаются новые показатели, рассчитываемые на основе хозрасчетного дохода [4]:

$$\epsilon = \frac{NR}{V}; \quad \epsilon^* = \frac{NR}{S},$$

где ε — показатель эффективности и комплексности использования древесного сырья (отходов);

NR — хозрасчетный доход, тыс. р.;

V — объем потребленного древесного сырья (отходов), тыс. м³;

S — стоимость потребленного древесного сырья, тыс. р.

Эти показатели характеризуют «выход» хозрасчетного дохода с 1 м³ и с 1 р. стоимости сырья и отражают конечный результат деятельности предприятия по использованию сырья.

Зависимость экономических показателей от уровня использования сырья определяют исходя из последовательного (приоритетов) вовлечения в переработку отходов: I — лесопильного производства, II — деревообрабатывающих производств, III — лесосечных.

С ростом полноты использования сырья и вовлечением в переработку его низкоприоритетных видов заработная плата растет (так как освоение отходов, особенно лесосечных, — очень трудоемкий процесс). Прибыль до определенного уровня использования сырья увеличивается (до тех пор, пока в переработку поступают «лучшие» виды сырья — I, II), при использовании лесосечных отходов — снижается. Хозрасчетный доход при различных уровнях использования сырья зависит от того, какая из тенденций (снижение, увеличение) на данном этапе оказывается «сильнее».

Влияние уровня безотходности производства на образование хозрасчетного дохода определяли на примере Надворнянского лесокомбината объединения Прикарпатлес. Ресурсы древесного сырья (отходов) для переработки были приняты в следующих объемах и структуре, тыс. м³: от лесопиления — 19,3; раскряжевки — 1,8; деревопереработки — 18,7; лесосечные — 14,3; всего — 54,1.

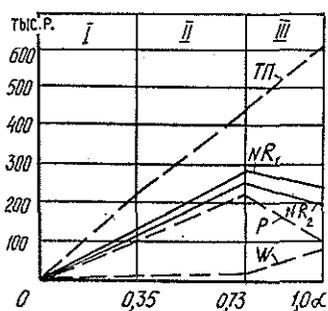


Рис. 1. Зависимость экономических показателей от уровня использования сырья по технологии 1: ТП — товарная продукция; NR_1 — хозрасчетный доход с учетом амортизационных отчислений; NR_2 — хозрасчетный доход без учета амортизационных отчислений; P — прибыль; W — зарплатная плата

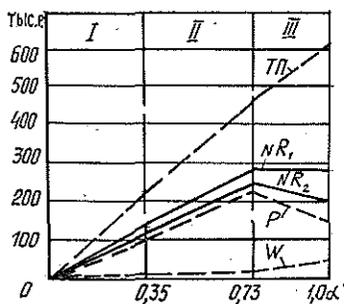


Рис. 2. Зависимость экономических показателей от уровня использования сырья по технологии 2

Расчеты проводили по двум технологиям с одинаковым набором конечной продукции. Обе технологии предполагают получение технологической щепы и хвойно-витаминной муки. По первой технологии лесосечные отходы доставляют на нижний склад, где измельчают, сортируют и используют для производства щепы и хвойно-витаминной муки. Нижнескладские отходы перерабатывают на технологическую щепу. По второй технологии лесосечные отходы начинают перерабатывать на

верхнем складе, измельчая передвижными рубительными машинами, затем доставляют на нижний склад, сортируют и направляют на дальнейшую переработку. Зависимость экономических показателей от уровня использования сырья показана на рис. 1, 2. Показатели ϵ , характеризующие эффективность использования (отходов), приведены в таблице.

Показатели эффективности использования сырья

Технология	Показатели используемого сырья	Товарная продукция	Хозрасчетный доход		Прибыль
			с учетом амортизационных отчислений	без учета амортизационных отчислений	
1	Объем	11,45	4,54	3,72	2,14
	Стоимость	2,15	0,85	0,69	0,40
2	Объем	11,45	4,99	3,71	2,86
	Стоимость	2,15	0,94	0,68	0,54

В результате расчетов установлено, что наиболее благоприятное положение складывается при использовании лучших видов сырья — отходов лесопиления и деревообработки. По мере включения их в производство растут товарная продукция, прибыль, хозрасчетный доход. По-другому обстоит дело, когда в производство вовлекаются лесосечные отходы. Резко увеличивается себестоимость, в результате падает прибыль, товарная продукция продолжает расти. Уменьшается абсолютное значение хозрасчетного дохода, однако меньшими темпами, чем прибыль. Это объясняется тем, что в состав хозрасчетного дохода входит заработная плата, которая растет по мере вовлечения в переработку «худших» видов сырья. При увеличении степени использования сырья изменяется соотношение составных частей хозрасчетного дохода: доля заработной платы растет, доля прибыли снижается. Эффективность использования сырья (ϵ) при расчете по товарной продукции не изменяет своего значения в зависимости от условий производства, так как здесь важны только объемы сырья и ассортимент продукции, а они постоянны. Хозрасчетный доход и прибыль реагируют на изменение условий производства, затрат на производство конечного продукта. Из сказанного следует необходимость использования хозрасчетного дохода при определении эффективности безотходных производств.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Воевода И. Н., Петров А. П. Территориальные отраслевые комплексы. — Новосибирск: Наука, 1987. — 285 с. [2]. Лобовиков Т. С., Петров А. П. Экономика комплексного использования древесины. — М.: Лесн. пром-сть, 1976. — 168 с. [3]. Петров А. П. Организация комплексного использования лесных ресурсов. — М.: Лесн. пром-сть, 1978. — 211 с. [4]. Петров А. П. Экономическое стимулирование комплексного использования древесного сырья. — М.: Лесн. пром-сть, 1982. — 171 с.

Поступила 13 июня 1988 г.

УДК 630*33.001.57

МОДЕЛЬ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЕСОСЫРЬЕВЫХ ЗАПАСОВ

Г. А. ПРЕШКИН

Уральский лесотехнический институт

Одним из резервов роста производительности труда на лесозаготовках является специализация леспромхозов, направленная на выпуск ограниченного числа сортиментов [1, 3, 4]. При этом необходим научно обоснованный комплексный подход к рациональному использованию товарных свойств лесосечного фонда и производственно-технологического потенциала каждого ЛПХ в рамках объединения.

На основе информации о таксационных характеристиках лесосечного фонда и производственно-технологических параметрах каждого ЛПХ строится математическая модель специализации на выпуск ограниченного числа сортиментов в рамках объединения. Предлагаемая модель позволяет рассчитывать с помощью ЭВМ варианты планов рациональной раскряжевки хлыстов для каждого ЛПХ с соблюдением технологически обоснованных пропорций выхода сортиментов по назначению, крупности и породам. При этом предполагается полное удовлетворение потребностей в выпуске заданных объемов каждого сортимента лучшего качества как для потребителей, так и для собственных нужд ЛПХ. В приводимом варианте модели для простоты не учитываются транспортные затраты и месторасположение потребителей сортиментов, однако это нетрудно сделать при некотором усложнении модели.

Для достижения поставленных целей в реальных условиях возникает необходимость введения приоритета выпуска того или иного сортимента, что находит отражение в технологической модели.

Введем обозначения. Пусть J, I, R, T — конечные множества ЛПХ, наименований сортиментов, древесных пород, товарных зон исходного сырья. Введем подмножества R_1 и R_2 ($R_s \subset R, s = 1, 2$) наименований, соответственно, лиственных и хвойных пород. Если среди $R = \{r_1, \dots, r_n\}$ имеется m ($m < n$) лиственных лесопромышленных пород, то условимся, что $R_1 = \{r_1, \dots, r_m\}$ и $R_2 = \{r_{m+1}, \dots, r_n\}$. Пусть t_1 — зона крупномерной древесины, t_2 — среднетолщинная товарная зона, t_3 — крупномерная и среднетолщинная зона в целом, t_4 — товарная зона тонкомерной деловой части хлыстов. Таким образом, $T = \{1, 4\}$. Заметим, что обычно принимают $T = \{1, 2, 4\}$ [5].

В дальнейшем будем использовать знак « $\ll 0 \gg$ » в качестве верхнего индекса для фиксации одного элемента из любого множества.

$I(i^0, R_s)$ — множество сортиментов, для производства которых преимущественно используется i^0 -я товарная зона хлыстов из подмножества R_s ($s = 1, 2$);

$D(i^0, j^0, t^0, R^0)$ — предельный технологически возможный объем производства i^0 -го сортимента из i^0 -й товарной зоны хлыстов R^0 подмножества пород, заготовленных в j^0 -м леспромхозе;

$P(i^0, R^0, j^0)$ — минимально необходимый объем производства i^0 -го сортимента из хлыстов древесных пород подмножества R^0 в j^0 -м ЛПХ;

- $B(i^0, R^0)$ — задание на выпуск i^0 -го сорта R^0 -го подмножества древесных пород лесозаготовительному объединению;
- $Q(j^0)$ — производственная мощность j^0 -го ЛПХ по раскряжке;
- $c(i^0, R^0, j^0)$ — средняя отпускная цена 1 м³ i^0 -го сорта R^0 -го подмножества древесных пород, заготовленных в j^0 -м леспромохозе;
- $\alpha(i^0, t^0, R^0, j^0)$ — коэффициент использования технологически доступного ресурса t^0 -й товарной зоны хлыстов R^0 -го подмножества древесных пород для производства i^0 -го сорта в j^0 -м леспромохозе;
- $x(i^0, R^0, j^0)$ — искомый объем выпуска i^0 -го сорта R^0 -го подмножества древесных пород в j^0 -м ЛПХ.

Целевая функция модели — максимум стоимости товарной продукции от раскряжки в целом по объединению за счет рационального использования товарных свойств лесосечного фонда и производственно-технологических возможностей каждого лесозаготовительного предприятия:

$$\sum_{i \in I} \sum_{s=1}^2 \sum_{j \in J} x(i, R_s, j) c(i, R_s, j) \rightarrow \max. \quad (1)$$

Производственные ограничения

1. Объем выпуска всех сортов в j^0 -м ЛПХ не должен превышать его производственной мощности по раскряжке:

$$\sum_{i \in I} \sum_{s=1}^2 x(i, R_s, j^0) \leq Q_{j^0}. \quad (2)$$

2. Объем производства i^0 -го сорта R^0 -го подмножества древесных пород в целом по объединению должен удовлетворять заявленную потребность в нем:

$$\sum_{j \in J} x(i^0, R^0, j) \geq B(i^0, R^0). \quad (3)$$

3. Объем производства i^0 -го сорта из хлыстов R^0 -го подмножества древесных пород в j^0 -м ЛПХ не должен быть меньше необходимого объема потребления для собственных нужд (строительство, сырье для лесоперерабатывающих цехов, отопление и др.):

$$x(i^0, R^0, j^0) \geq P(i^0, R^0, j^0). \quad (4)$$

4. Объем производства i^0 -го сорта из хлыстов R_1 -го подмножества древесных пород в условиях j^0 -го лесосплавного ЛПХ не должен превышать его производственно-транспортных возможностей $F(i^0, R_1, j^0)$ по проплаву и срокам хранения на складе (во избежание потери качества из-за растрескивания торцов и др.):

$$x(i^0, R_1, j^0) \leq F(i^0, R_1, j^0). \quad (5)$$

Технологические ограничения

1. Предельный технологически возможный объем выпуска i^0 -го сорта R^0 -го подмножества древесных пород должен соответствовать товарности отведенного лесосечного фонда j^0 -го ЛПХ:

$$x(i^0, R^0, j^0) \leq D(i^0, j^0, t, R^0). \quad (6)$$

2. Суммарный объем выпуска деловых круглых лесоматериалов, вершинный диаметр которых более 13 см, не должен превышать потен-

циально возможного выхода пиловочника обычного (присвоим ему номер $i = 1$) для R^0 -го подмножества древесных пород из лесосеченого фонда j^0 -го леспромхоза:

$$\sum_{i \in I(t_3, R^0)} x(i, R^0, j^0) \leq D(1, j^0, 3, R^0). \quad (7)$$

3. Выпуск шпального кряжа ($i = 2$) и бревен для столбов ($i = 3$) из хлыстов t_3 -й товарной зоны второй группы древесных пород ($s = 2$) в j^0 -м ЛПХ должен удовлетворять условию:

$$\alpha x(2, 2, j^0) + x(3, 2, j^0) \leq 1, 1 D(3, j^0, 3, 2), \quad (8)$$

где $\alpha(2, 3, 2, j^0) = \frac{D(3, j^0, 3, 2)}{D(2, j^0, 1, 2)}$.

4. Совместный выпуск гидролеса ($i = 4$) и бревен для столбов из t_2 -й зоны хлыстов R_2 -го подмножества древесных пород в j^0 -м ЛПХ должен удовлетворять требованию:

$$x(3, 2, j^0) + x(4, 2, j^0) \leq D(3, j^0, 2, 2). \quad (9)$$

5. Совместный выпуск судостроительного ($i = 5$) и шпального кряжа, бревен для столбов из t_3 -й товарной зоны хлыстов R_2 -го подмножества древесных пород в j^0 -м ЛПХ должен удовлетворять комплексному технологическому требованию:

$$x(3, 2, j^0) + x(4, 2, j^0) \leq D(3, j^0, 2, 2). \quad (10)$$

6. Выход фанерного ($i = 6$), лыжного ($i = 7$) кряжа из березовых ($r = 8$) хлыстов t_3 -й зоны R_1 -го подмножества в j^0 -м ЛПХ должен удовлетворять условию:

$$x(7, 1, j^0) + x(6, 1, j^0) \leq D(6, j^0, 3, 1). \quad (11)$$

7. Выход спичечного ($i = 8$) и клепочного ($i = 9$) кряжа из товарной зоны t_3 осиновых ($r = 7$) и липовых ($r = 9$) хлыстов (подмножество R_1) в j^0 -м ЛПХ должен удовлетворять условию:

$$x(8, 1, j^0) + x(9, 1, j^0) \leq D(8, j^0, 3, 1). \quad (12)$$

8. Выход руддолготья ($i = 10$), рудстойки ($i = 11$), балансов ($i = 12$) и подтоварника ($i = 13$) из t_4 -й зоны хлыстов R_2 -го подмножества древесных пород в j^0 -м ЛПХ должен удовлетворять требованию:

$$x(10, 2, j^0) + x(11, 2, j^0) + x(12, 2, j^0) + x(13, 2, j^0) \leq D(12, j^0, 4, 2). \quad (13)$$

9. Выход стройлеса ($i = 14$), балансов и подтоварника из t_4 -й зоны хлыстов R_1 -го подмножества древесных пород в j^0 -м ЛПХ должен удовлетворять условию:

$$x(14, 1, j^0) + x(12, 1, j^0) + x(13, 1, j^0) \leq D(12, j^0, 4, 1). \quad (14)$$

10. Выход дров ($i = 15$), технологического сырья ($i = 16$), сырья для пиролиза ($i = 17$) в j^0 -м ЛПХ должен удовлетворять условию:

$$x(15, R, j^0) + x(16, R, j^0) + x(17, R, j^0) \leq D(15, j^0, T, R). \quad (15)$$

Структура модели (1)–(15) может претерпевать изменения в зависимости от конкретных условий лесозаготовки в рамках лесозаготовительного объединения. Особенностью этой модели является технологическая сбалансированность вариантов сортиментных планов, как для конкретных ЛПХ, так и для объединения в целом, с учетом

рационального и полного использования товарных свойств их лесосырьевых запасов и производственно-технологических возможностей каждого предприятия в рамках объединения.

Для выполнения расчетов сортиментных планов можно использовать любую ЭВМ с оперативной памятью не менее 230 Кбайт и готовым пакетом прикладных программ линейного программирования, например [2]. Эта модель применялась в практических расчетах вариантов сортиментных планов одновременно для всех 15 предприятий объединения Башлес в течение 1983—1985 гг. и может быть использована для перспективного планирования технически обоснованной сортиментации лесосырьевых баз. Расчет одного варианта указанного плана вместе с подготовкой исходных данных и анализом решения занимает около 3 ч.

Прирост товарной продукции от рационального использования товарности лесосеченого фонда леспромпхозов объединения при их ориентации на выпуск ограниченного числа сортиментов составил 30 к. на каждый 1 м³ круглых лесоматериалов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Варакин Ф. Д., Ступнев Г. К. Основные направления технического прогресса лесной и деревообрабатывающей промышленности.— М.: Лесн. пром-сть, 1974.— 400 с. [2]. Курицкий Б. Я., Персианников В. В., Сокуренок Ю. А. Оптимальное планирование машиностроительного производства на основе пакетов прикладных программ.— Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1981.— 230 с. [3]. Перспективы развития нижнескладских работ / Д. К. Воевода, Н. Т. Гончаренко, В. В. Назаров, Г. А. Рахманин // Лесн. пром-сть.— 1982.— № 5.— С. 16—18. [4]. Редькин А. К. Управление операциями на лесных складах.— М.: Лесн. пром-сть, 1979.— 208 с. [5]. Степачков Г. А. Оптимизация производства круглых лесоматериалов.— М.: Лесн. пром-сть, 1974.— 160 с.

Поступила 5 мая 1986 г.

УДК 658.012.2 <<403>

ОСНОВНАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ МЕБЕЛИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭВМ

П. ЖУКОВСКИ

Ленинградская лесотехническая академия

Новые решения в области техники и технологии, разделение труда, прогрессирующая специализация и концентрация производства, а также реализация на практике принципов самостоятельности, самоуправления и самофинансирования усложнили процесс управления и привели к существенному росту объема информации как на самом мебельном предприятии, так и между ним и его средой. Эти обстоятельства требуют совершенствования системы управления производством на уровне предприятия (объединения) [1, 3, 4].

Оперативные экономические решения в управлении производством мебели становятся возможными только тогда, когда отдельные уровни управления имеют в своем распоряжении своевременно полученную текущую, достоверную, селективную и комплексную информацию. Положительное решение этого вопроса требует нового методического подхода, а также решения многих организационно-технических и экономических вопросов, существенным образом влияющих на организацию самой системы информации и ее практическое функционирование. Необходима концентрация внимания на возможности построения рациональной системы информации для целей управления с применением

ЭВМ, так называемой информативной системы, дающей возможность рационального формирования производственной деятельности, а также постоянного дальнейшего повышения ее эффективности [2, 5].

Концепция системы информации для целей управления с применением ЭВМ на предприятиях мебельной промышленности сводится к созданию модели системы автоматизированной обработки информации с учетом изменений во времени. Главное влияние на конечную форму такой системы имеют: ассортимент производимых изделий, их сложность, технология производства и разнообразие технологических процессов, специализация производственных участков и формы организации труда и производства. Всесторонний анализ указанных факторов позволяет однозначно определить требуемую сложность (диапазон), анализируемой системы, вытекающей, прежде всего, из необходимости контроля и управления процессом производства мебели, особенно гнущей. С точки зрения требований экономического управления производством мебели структура системы должна состоять из пяти основных подсистем: производства продукции, расходов производства, сбыта продукции, финансового состояния, критических производственных ситуаций. Четыре первые подсистемы содержат информацию, которая практически отражает производственную деятельность мебельного предприятия, а пятая является подсистемой, сигнализирующей об экстренных (опасных) в ходе производства ситуациях, т. е. появлении больших отклонений-помех, превосходящих намеченные (допускаемые) в системе пределы [3].

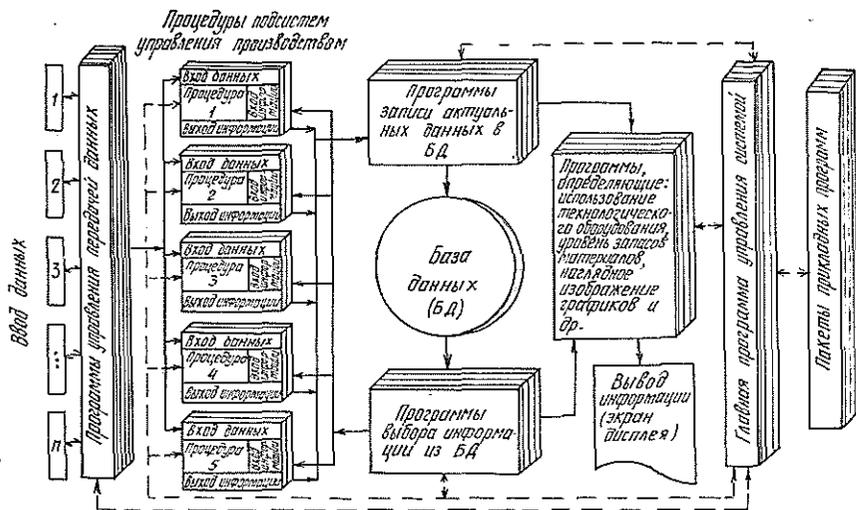


Рис. 1. Структурная схема автоматизации управления производством мебели с использованием ЭВМ

Общая схема системы управления показана на рис. 1. Эта концептуальная модель указывает на взаимосвязь выделенных подсистем-процедур с базой данных и основным программным обеспечением. Данные вводятся в систему в момент их возникновения, а выдача информации следует в текущее время, согласно выполняемой функции и объему компетенции отдельных уровней управления. Данные получают в пределах рабочей смены (через каждые 8 ч). Вместе с базой данных они используются в процессе контроля. В результате возникает динамический образ фактического состояния производственной деятельности

предприятия, а как один из ее результатов получается информация об отклонениях и помехах, которые возникли в ходе реализации производственных задач. Всей работой системы руководит главная программа управления системой. С ней связаны программы управления передачей данных и вспомогательные, подстраховывающие работу системы с технической точки зрения. В системе (в процессе обработки данных) процедуры вводятся в точно определенный момент и синхронно реализуются. Необходима такая организация работы управления системой, которая дает возможность вызывать процедуры, согласно выделенным приоритетам. Это позволяет вводить соответствующие изменения в принципы функционирования системы.

Основные операции, осуществляемые на базе данных: создание информационных массивов, обработка данных в рамках массивов (обновление, модификация, систематизация данных через процедуры), запись результатов, совершенствование формы представления информации.

Базу данных в системе создаст композиция сопряженных картотек, с которыми взаимодействуют модели обработки данных. Такая организация картотек интегрирует решаемые производственные задачи в одно целое и является относительно точным отражением взаимосвязанных основных факторов в процессе производства мебели. На основе всестороннего анализа доказано, что на предприятии мебельной промышленности базу данных системы составят следующие основные картотеки: ассортиментная, конструкционная, технологическая и оборудования, а также вспомогательные: квалификации работников, фонда рабочего времени, инструментов и приборов.

Картотека ассортиментная служит для хранения и получения данных об изделиях, узлах, деталях, полуфабрикатах и материалах. Вместе с конструкционной картотеккой они исполняют информационную роль по структурному развертыванию и свертыванию ассортиментных позиций (изделий, сборочных единиц):

развертывание отдельного уровня (спецификация составных частей ассортиментной позиции на определенном уровне монтажа с указанием их повторяемости);

развертывание прогрессирующее (спецификация всех составных частей ассортиментной позиции с определением их монтажной последовательности на отдельных уровнях монтажа с указанием повторяемости);

развертывание суммарное (спецификация составных частей ассортиментной позиции с указанием их суммарной повторяемости);

свертывание отдельного уровня (спецификация ассортиментных позиций с высшим уровнем сложности, в котором данная ассортиментная позиция на более низком уровне сложности используется как составная часть с указанием ее повторяемости);

свертывание прогрессирующее (спецификация всех ассортиментных позиций высшего уровня сложности, в котором данная ассортиментная позиция на низшем уровне сложности используется как составная часть с указанием повторяемости);

свертывание суммарное (спецификация всех ассортиментных позиций высшего уровня сложности, в которых ассортиментная позиция на более низком уровне сложности используется как их составная часть с указанием суммарной повторяемости).

Из этих картотек, после подчинения (закрепления к обработке и сборке) ассортиментных позиций производственным участкам, выделяются картотеки ассортиментных позиций: производимых на данном предприятии; создаваемых в кооперации с другими предприятиями; покупных (узлов, деталей, полуфабрикатов).

Картотеки ассортиментная и конструкционная являются ведущими по отношению к технологической. Основанием для создания технологической картотеки являются технологические карты производства ассортиментных позиций. Эта картотека дает возможность:

- развертывания технологического процесса (последовательности операций) с любого момента процесса в любом направлении;
- вычисления машино- и трудоемкости отдельных операций и выполнения полного процесса определенной ассортиментной позиции;
- определения места (оборудования) выполнения операции;
- определения технологической сложности отдельных операций и совершаемых действий как в данной операции, так и после нее;
- определения времени выполнения партии ассортиментной позиции;
- определения инструментов и контрольно-измерительных приборов, необходимых для выполнения отдельных технологических операций.

Технологическая картотека является главной по отношению к вспомогательной картотеке инструментов и приборов.

Картотека оборудования дает возможность определить:

- число и состав однородных групп рабочих мест (оборудования) в производственном участке (цехе);
- число и вид рабочих мест (оборудования) в однородной группе;
- число и вид рабочих мест (технологического оборудования) в масштабе заводов и предприятия в целом;
- реальную значимость каждого рабочего места (оборудования);
- фактический фонд времени рабочих мест (оборудования) между очередными ремонтами;
- затраты на содержание каждого рабочего места (машины, установки);
- затраты, связанные с простоем рабочего места (оборудования)

и др.

Картотека оборудования является главной по отношению к технологической картотеке. Функцию их создания и обновления (модификации) может выполнять одна из функциональных задач системы [3].

Для создания композиции взаимосвязанных картотек в информационной системе управления производством с применением ЭВМ требуется, прежде всего, разработать систему кодирования и упорядочения нормативной базы на мебельном предприятии. Эта концепция, кроме методологического, имеет практическое значение, так как содержащиеся в картотеках данные определяют типичные технологические процессы многоассортиментного и серийного производства мебели с одновременным применением разнообразного технологического оборудования, особенно в производстве гнутой мебели (стульев и кресел). Исходными данными являются также предельные и промежуточные отклонения регулируемых производственных величин-параметров (показателей). Эти отклонения следует определять отдельно для каждой величины-параметра, принимая во внимание, прежде всего, ее специфику и влияние на результаты и экономические последствия производственно-хозяйственной деятельности предприятия. Предельные значения можно выразить в количественной форме, стоимостной, временной или процентной по отношению к нормам, нормативам, плановым величинам, срокам и т. д. [3, 6].

Коротко роль отдельных подсистем в рассматриваемой системе управления производством состоит в следующем. Подсистема производства продукции активно, в информационном плане, участвует в производственном процессе и содействует хорошим производственным результатам: обеспечивает бесперебойность производства, не допускает простоев в работе технологического оборудования, потерь рабочего времени и других убытков. Сообщаемая руководству информация одно-

временно определяет направление, на котором должна концентрироваться деятельность и использование резервов. Воздействие подсистемы расходов производства сводится к выявлению отклонений от нормативных затрат. Это касается в основном составных прямых расходов — машино- и трудозатрат и материалов. Таким образом обнаруживаются отклонения от запланированного технологического процесса. Они указывают на сверхнормативное потребление производственных материалов и сырья, энергии, машино- и трудозатрат, специальных расходов, а также составных косвенных расходов. Текущая информация об отклонениях от нормативных величин является основой для принятия обоснованных решений, направленных на рациональное использование производственных ресурсов. Введенная в систему подсистема расходов производства становится активным элементом текущего контроля затрат на производство и экономического управления производством мебели. Функционирование подсистемы сбыта продукции

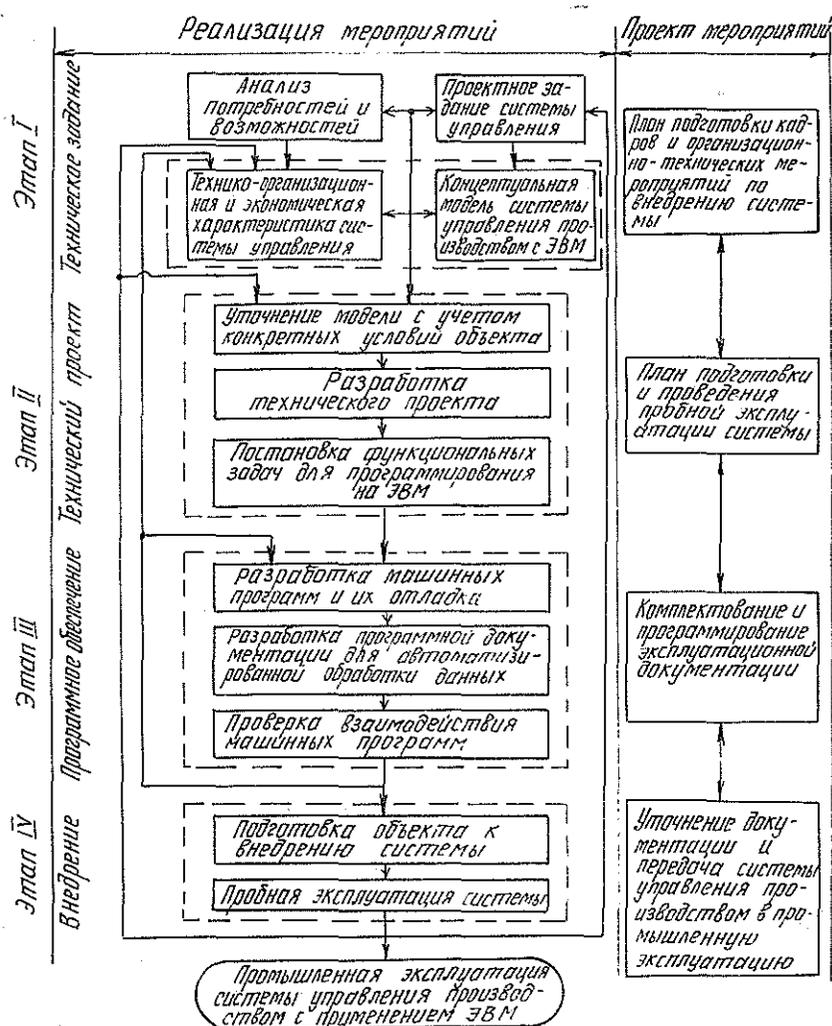


Рис. 2. Общая схема последовательности проектирования, программирования и внедрения системы управления производством мебели с применением ЭВМ

выявляет отклонения от плана реализации продукции, запланированной прибыли, запланированных затрат на производство. Подсистема финансового состояния определяет свободные финансовые средства на счетах задолженности потребителей, задолженности по отношению к поставщикам, банку, госбюджету. Подсистема критических производственных ситуаций, в свою очередь, отмечает опасные ситуации в производственном процессе и выполняет в системе специальные функции. Работа этой подсистемы существенно отличается от работы других подсистем. Это следствие как ее внутренней структуры (она не имеет постоянной структуры), так и способа действия. В зависимости от ситуации в этой подсистеме может выступить каждая из величин, учитываемых в других четырех подсистемах. Пока отклонения отдельных величин (параметров) не достигают предельных значений, подсистема критических ситуаций не получает никакой информации и не работает (данные об отклонениях разных величин, не превосходящих предельных значений, поступают в ходе нормальной работы в каждую из четырех подсистем). В момент, когда отклонения достигают предельного значения или его превосходят, эта подсистема активно включается в систему и выполняет функцию аварийного (тревожного) сигнала, сообщая, что в происходящем процессе появилась критическая ситуация, которая может угрожать срывом нормальной производственной деятельности, вплоть до ее прекращения. При появлении такой ситуации информация из этой подсистемы одновременно передается разным уровням управления производственной деятельностью предприятия. Соответствующие решения, имеющие цель устранить возникшую ситуацию и возвратиться к нормальному режиму, как правило, принимаются руководством предприятия (самым высоким уровнем управления).

Разработанная концептуальная модель системы управления производством мебели с применением ЭВМ устанавливает основные связи между выделенными подсистемами, базой данных, информационным и программным обеспечением, охватывает типичные виды информации из области производства мебели и заблаговременно обеспечивает уровни управления точной, достоверной и актуальной информацией о состоянии производства, дает возможность контролировать происходящие процессы и принимать обоснованные управленческие решения, адекватные реальной ситуации. Для проектных организаций эта модель может быть основой разработок технических проектов реальных систем управления производством с учетом технико-организационных и экономических условий, а также потребностей и возможностей конкретных мебельных предприятий. При этом, соблюдая последовательность этапов и фаз, представленных на рис. 2, достигаем снижения сроков проектирования и внедрения, а также связанных с ними расходов, по сравнению со стандартной методикой.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Жуковский П. Интегрированная система электронной обработки данных для целей управления в масштабе предприятия деревообрабатывающей промышленности // Сб. трудов / НИИДП.—Познань, 1976, № 22/23.—С. 60—64. [2]. Жуковский П. Основы технической подготовки производства в аспекте комплексной объектной системы автоматизированной обработки информации на предприятии деревообрабатывающей промышленности // Технические науки: Науч. тетради Вышпедшколы.—Ополе, 1980.—Вып. 6.—С. 91—106. [3]. Жуковский П. Основные проблемы организации труда и экономики производства.—Варшава: Научиздат, 1986.—542 с. [4]. Иванов Л. Б. Основы управления производством.—М.: Лесн. пром-сть, 1979.—224 с. [5]. Медведев Н. А. Автоматизированные системы управления в деревообрабатывающей промышленности.—М.: Лесн. пром-сть, 1977.—232 с. [6]. Петров А. П., Бурдин Н. А., Кожухов Н. И. Лесной комплекс. Вопросы теории и практики.—М.: Лесн. пром-сть, 1986.—296 с.

УДК 630*6

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЛЕСНЫХ ПИТОМНИКОВ В ЧССР

В. СОБОТКОВА

Ленинградская лесотехническая академия

В связи с возрастающей интенсификацией лесного хозяйства в ЧССР становится актуальной проблема производства посадочного материала.

В статье эти вопросы рассмотрены применительно к Чешской социалистической республике (ЧСР).

Годовая потребность в посадочном материале составляет 215 млн семян и саженцев и обеспечивается в основном крупными лесными питомниками. В ЧСР имеется 1350 лесопитомников суммарной площадью свыше 2025 га, из них крупных — 57 (1080 га).

Таблица 1

Порода	Объем саженцев, млн шт.		
	1985	1986	1990
Хвойные:			
ель	86,5	95,2	83,5
пихта	2,2	1,8	1,8
сосна	62,5	54,8	67,5
прочие	16,2	13,0	19,1
Всего	167,4	164,8	171,9
Лиственные:			
дуб	23,4	21,8	23,3
бук	11,4	13,3	24,8
прочие	12,9	15,7	25,9
Всего	47,7	50,8	74,0
Итого	215,1	215,6	245,9

Рассмотрим экономические проблемы развития двух крупных лесопитомников ЧСР: традиционного в Ржечанах и нового в Брандысе «Зелена Боуда».

В табл. 1 приведены объемы и структура продукции посадочного материала в ЧСР в 1985, 1986 гг. и перспективы на 1990 г. В настоящее время объемы продукции лесопитомников определяются на основе новой оценки ситуации в лесном хозяйстве, обусловленной вредным влиянием на леса со стороны промышленности. Структура посадочного материала определяется исходя из существующих лесоводственных концепций, дополненных новыми научными сведениями. Доля посадочного материала с закрытой корневой системой неуклонно повышается — с 16 % в 1980 г. до 40 % к 1995 г., а с открытой — снижается с 84 % в 1980 г. до 60 % к 1995 г., что приводит к снижению потерь при искусственном возобновлении леса.

Лесопитомник в Ржечанах входит в объединение Восточночешских государственных лесов. Его продуцирующая площадь — около 140 га, объем продукции — 24 млн семян и саженцев. Лесопитомник состоит

из шести цехов, четыре из которых занимаются выращиванием посадочного материала, пятый — ремонтом, шестой — селекцией.

Лесопитомник «Зелена Боуда» является цехом лесного предприятия (лесхоза) в Брандысе. Размер его территории — 100 га, объем продукции — 19,5 млн сеянцев и саженцев. Другими цехами лесхоза являются два лесопильных, ремонтный и цех озеленения. Лесопитомник подразделяется на восемь участков: четыре для выращивания посадочного материала с незакрытой корневой системой, участок орошения и удобрения, транспортный и селекционный.

Из табл. 1 видно, что основную долю в объеме продукции посадочного материала в 1986 г. составляли хвойные породы — в Брандысе — 73,4, в Ржечанах — 64,3 %. Доля их будет повышаться.

Важнейшими экономическими показателями, характеризующими результаты хозяйственной деятельности лесопитомников, являются производительность труда, прибыль и рентабельность. Формирование прибыли (убытка) в 1986 г. показано в табл. 2.

Таблица 2

Показатели	Лесопитомник Ржечаны			Лесопитомник Брандыс		
	План	Факт	Структура фактическая, %	План	Факт	Структура фактическая, %
	млн крон			млн крон		
Материальные затраты	12,3	13,3	57,6	13,2	14,4	52,4
в том числе амортизация	2,6	2,9	11,8	3,2	4,5	11,2
Заработная плата	6,9	7,0	30,2	7,2	7,1	26,0
Внепроизводственные расходы	0,3	0,3	1,2	0,9	1,2	4,5
Денежные расходы	1,5	1,5	6,3	1,6	1,6	5,7
Внутризаводские расходы	0,9	1,1	4,7	—	3,2	11,5
Итого затрат	21,9	23,2	100	22,9	27,5	100
Выручка от производственной деятельности	19,1	21,3	99,2	19,7	23,5	69,9
в том числе поставки:						
для лесных предприятий	17,9	19,8	92,1	—	3,4	14,5
на сторону	1,2	1,5	7,1	—	6,7	27,7
древесины	—	—	—	—	5,0	20,7
Прочие доходы (услуги на сторону, выручка от непроизводственной деятельности и др.)	0,3	0,2	0,8	0,8	9,0	37,1
Итого доходов	19,4	21,5	100	20,5	24,4	100
Прибыль (убыток)	-2,5	-1,7	—	-2,4	3,1	—

Как видим, оба лесопитомника убыточны. Большое влияние на образование убытка имел рост материальных затрат, составивший более 1 млн крон. При этом лесопитомник в Ржечанах достиг снижения убытка по сравнению с планом, так как повышением выручки от производственной деятельности ему удалось не только компенсировать рост материальных затрат, но и снизить убыток в целом. У лесопитомника в Брандысе убыток вырос главным образом из-за незапланированных внутризаводских расходов, размер которых свыше 3 млн крон, а также из-за амортизации, размер которой не отвечал действительности.

Экономическую эффективность деятельности лесопитомников характеризует и показатель производительности труда. Он выражается

в плановых ценах* на одного работника. У лесопитомника Ржечаны плановый показатель в 1986 г. составил 56 502 крон, а фактический — 61 300. Перевыполнение планового показателя почти на 5 тыс. крон стало возможным из-за увеличения объема лесохозяйственного производства в стоимостном выражении** на 10 %. Уровень показателя производительности труда в лесопитомнике Брандыс ниже, чем в Ржечанах: плановый в 1986 г. составил 47 257 крон, фактический — 48 813.

Для оценки экономической эффективности деятельности лесопитомников необходимо исчислять рентабельность (в настоящее время этот показатель для лесопитомников не определяется). Исходя из приведенных данных, можно сделать вывод, что показатель рентабельности (отношение прибыли к затратам) будет отрицательным: у лесопитомника в Ржечанах — 7 %, у лесопитомника в Брандысе — 17 %.

Для определения зависимости себестоимости от возраста посадочного материала были использованы отраслевые калькуляции себестоимости как составной части цены. В табл. 3 показана зависимость полной себестоимости от возраста сеянцев и саженцев ели и бука. Из таблицы видно, что она повышается у бука равномерно, у ели — неравномерно. Неравномерность особенно проявляется у двухлетних саженцев ели (1/1)***, вследствие пересадки в школу, по сравнению с двухлетними сеянцами (2/0). Себестоимость двухлетних саженцев в 3 раза выше, чем сеянцев. То же можно сказать и о трехлетних сеянцах (3/0) и саженцах (1/2; 2/1).

Таблица 3

Порода и возраст материала	Структура себестоимости, %				Полная себестоимость, крон/1 000 шт.
	Материалы	Заработная плата	Цеховые и общехозяйственные расходы	Прочие расходы	
Ель:					
1/0	33,4	22,3	38,0	6,3	103,20
2/0	27,5	25,0	42,4	5,1	160,75
3/0	29,6	24,4	41,5	4,5	190,80
1/1	58,7	12,5	21,3	7,5	560,65
1/2	52,3	15,0	25,5	7,2	710,35
1/3	53,5	14,5	24,6	7,4	730,35
2/1	51,3	15,7	26,7	6,3	654,05
2/2	46,9	17,4	29,6	6,1	807,70
2/3	44,6	18,2	31,0	6,2	957,35
Бук:					
1/0	45,0	17,6	29,8	7,6	295,20
2/0	43,0	18,2	30,9	7,9	408,30
3/0	37,6	20,3	34,5	7,6	612,55
1/1	45,4	17,3	29,4	7,9	610,65
1/2	43,0	18,2	30,9	7,9	729,90
2/1	43,0	18,1	30,9	8,0	659,85
2/2	38,4	20,1	34,0	7,5	836,20

* Плановые цены — это оценки через тарифную зарплату натуральных объемов выпуска отдельных видов продукции, служащие для определения суммарных объемов производства. В отдельные плановые периоды плановые цены не изменяются и соответствуют средним затратам по заработной плате за период, для которого они были установлены.

** Объем лесохозяйственного производства в стоимостном выражении — это сумма доходов лесопитомника от реализации собственной продукции, включая доходы за сбор семян, закладывание лесопитомников, содержание зданий, сооружений и ремонт техники в собственной мастерской. Выражается в плановых ценах.

*** (1/1; 2/0; ...) — цифра в числителе показывает возраст сеянцев; в знаменателе — число лет после пересадки в школу.

Причина равномерного роста себестоимости бука и неравномерного — ели заключается, прежде всего, в применении различной технологии, поэтому калькуляция себестоимости в зависимости от возраста семян и саженцев должна стать одним из критериев при выборе технологии производства посадочного материала в лесопитомниках.

Таблица 4

Порода и возраст материала	Цена 1 тыс. шт., кроны		
	на основе отраслевой калькуляции		оптовая по прейскуранту ВЦ 19/2П-1982
	Прочие затраты в размере 90 % к заработной плате	Прочие затраты по калькуляции лесопитомника	
Ель:			
1/0	114	130	100
2/0	179	211	150
3/0	210	250	250
1/1	596	620	360
1/2	762	813	450
1/3	861	881	—
2/1	702	761	550
2/2	872	961	730
2/3	1037	1150	—
Бук:			
1/0	320	348	410
2/0	444	484	580
3/0	668	745	580
1/1	661	714	760
1/2	793	863	960
2/1	777	780	1060
2/2	914	1015	1150

Уровень цен на семена и саженцы ели и бука показан в табл. 4. Приведено сравнение оптовых цен, установленных преискурантом 1982 г., с ценами, определенными на основе данных лесопитомника в Ржечанах. Цены, рассчитанные на базе отраслевой калькуляции, даны в двух видах, отличающихся уровнем прочих затрат. Цены по первому варианту определяют на базе отраслевой калькуляции таким образом, что ее составные части материал и заработная плата берут по данным лесопитомника, а прочие затраты рассчитывают в размере 90 % к заработной плате. Цены по второму варианту определяют при условии, что прочие затраты рассчитывают на базе калькуляции лесопитомника. Цеховые, общехозяйственные расходы и прибыль установлены на базе отраслевой калькуляции: цеховые, общехозяйственные расходы приняты в размере 170 % к заработной плате, прибыль — 15 % затрат на обработку*.

Лесопитомник в Ржечанах имеет многолетние традиции, прогрессивное оборудование, что проявляется в довольно высоком уровне экономических показателей. Поэтому мы полагали, что уровень цен, рассчитанных по данным этого лесопитомника, будет ниже уровня оптовых цен, установленных преискурантом. Но табл. 4 показывает, что это предположение оправдывается только для цен бука, в то время как цены ели в сравнении с оптовыми ценами из преискуранта достигают более высокого уровня.

* Затраты на обработку включают заработную плату, прочие расходы, цеховые, общехозяйственные и не включают материальных расходов.

Сравнивая калькуляционные цены на посадочный материал других пород для лесопитомника в Ржечанах с прейскурантом, можно сделать вывод о их соответствии. Но сравнение цен на сеянцы и саженцы хвойных пород показывает, что на саженцы они ниже общественно необходимых затрат. При этом надо принимать во внимание и такие факторы, как низкий уровень производительности труда и низкокачественная продукция. Формирование оптовых цен должно базироваться на реальных нормативах затрат, которые будут отражать условия и факторы, влияющие на производство посадочного материала в лесопитомниках. Только в этом случае оптовые цены на продукцию лесопитомников будут выступать как один из инструментов для внедрения хозяйственного расчета.

Поступила 14 июня 1988 г.

УДК 658.512 : 330.115

ПЛАНИРОВАНИЕ СОРТИМЕНТНОЙ ПРОГРАММЫ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫМ ПРЕДПРИЯТИЯМ ПРИ ПОМОЩИ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

М. Д. КАРГОПолов

Архангельский лесотехнический институт

Объединение (m) лесозаготовительных предприятий, получив от министерства госзаказ, по объему круглых деловых сортиментов (V), номенклатуру (n) сортиментов и объемы их заготовок ($v_j; j = \overline{1, n}$), а также показатели по объемам капитальных вложений (K), валовой, товарной продукции и др., должно установить каждому лесозаготовительному предприятию оптимальную сортиментную программу. Для этого, кроме информации «сверху», необходима уточненная и детальная информация «снизу» о возможностях и условиях производства лесозаготовительных предприятий. Последние во многом определяются лесосечным фондом, отводимым в рубку. Эта специфическая особенность диктует следующую концепцию оптимального расчета сортиментных программ лесозаготовительных предприятий.

На основе информации о сложившихся возможностях и условиях производства на каждом предприятии, прогноза о лесосечном фонде и других объективных условий производства устанавливаются оптимальный режим производства лесозаготовительных предприятий. Это можно сделать при помощи модели, разработанной автором и изложенной в работе [1]. На этом этапе оптимизации каждому лесозаготовительному предприятию определяется задание по общему объему заготовки ($q_i; i = \overline{1, m}$) и система технико-экономических показателей, определяющая условия выполнения задания.

Зная общий объем заготовки древесины, каждое предприятие конкретизирует лесосечный фонд, отводимый в рубку в плановом году. Конечным результатом такой конкретизации является сортиментная ($d_{ij}; i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}$) структура лесосечного фонда предприятий. Решить эту задачу для каждого предприятия в отдельности можно известными методами: традиционными (при помощи товарных и сортиментных таблиц) или оптимизационными [4].

Естественно, что сортиментные программы предприятий, соответствующие выявленным сортиментным структурам, в сумме дадут расхождение с государственным сортиментным заказом, доведенным до объединения. Возникает задача согласования этих программ. Автором в

работе [2] предложен один из методов решения этой задачи. Он моделирует принятую в практике методику добиваться сбалансированности при помощи пропорциональных приращений. Сейчас нам представляется возможным предложить метод, который дает более качественное решение возникшей задачи. В основу предлагаемого метода положена экономико-математическая модель

$$F = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (U_{ij} - C_{ij}) x_{ij} \rightarrow \max; \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = q_i; \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = v_j; \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^m q_i = V; \quad (4)$$

$$0 \leq x_{ij} \leq d_{ij}. \quad (5)$$

В результате решения модели определяются оптимальные сортиментные программы (x_{ij} — объемы заготовки j -го сортимента в i -м предприятии) для каждого предприятия, входящего в состав объединения. Целевая функция (1) дает возможность выбрать сортиментные программы, приносящие максимум прибыли. Выбранный критерий оптимизации отвечает требованиям полного хозяйственного расчета и самофинансирования. В модели величины U_{ij} и C_{ij} — цена реализации и себестоимость заготовки 1 м³ j -го сортимента в i -м предприятии. Как правило, себестоимость заготовки 1 м³ мало зависит от вида сортимента (исключение составляют хлысты как вид сортимента), поэтому величину C_{ij} можно принять на уровне C_i — себестоимости заготовки обезличенного 1 м³ древесины в i -м предприятии.

В модели условие (2) показывает, что сортиментная программа i -го предприятия в сумме должна быть равна величине общего объема заготовок q_i . Условие (3) предполагает выполнение государственного сортиментного заказа v_j . Равенство (4) показывает, что общие объемы заготовки древесины в отдельных предприятиях в сумме должны обеспечить выполнение государственного задания по общей вывозке. Неравенство (5) свидетельствует о необходимости увязки лесосечных программ с ресурсами лесосечного фонда, отводимого в рубку. В отличие от метода [2] здесь величины d_{ij} могут быть определены лишь для наиболее дефицитных сортиментов и характеризуют максимальный их выход из лесфонда данного предприятия. Для недефицитных сортиментов (например для дров) величину d_{ij} можно принять сколь угодно большой (неограниченной).

Модель (1)—(5) соответствует модели закрытой транспортной задачи линейного программирования с ограниченными пропускными способностями [3]. Отличие только в том, что она должна быть решена на максимум целевой функции, а не на минимум. Для того чтобы решать модель (1)—(5) известными транспортными алгоритмами, необходимо изменить на противоположный знак коэффициентов ($U_{ij} - C_{ij}$) при неизвестных в целевой функции (1).

Если модель (1)—(5) не имеет решения, это свидетельствует о том, что лесосечный фонд предприятий не обеспечивает выполнения сортиментного заказа. Необходимо дать задание каждому предприя-

Таблица 1
Исходные данные к расчету сортиментных программ лесозаготовительным предприятиям

Лесопрохоз, показатели	Минимально и максимально допустимые общие объемы заготовки древесины, тыс. м ³		Сортиментная структура лесосечного фонда, отводимого в рубку, d_{ij} , тыс. м ³					Среднеобъемная стоимость древесины $C_{ij} = C_{ij} \cdot P$		
	q_i	\bar{q}_i	Лесоматериалы			Древесина для технологических нужд	Прочие сортименты			
			для выработки пиломатериалов	для выработки целлюлозы и древесной массы	для раздачи на рудничную стопку				для строительства	
			16—60	14—40	23—50	16—60	10—40		4—40	
Шоношский	890	900	301	118	85	140	98	78	97	10,49
Вилегодский	345	365	140	61	31	20	36	49	19	10,83
Нюбский	330	345	184	76	6	14	39	28	5	10,09
Красноборский	500	510	238	87	42	18	56	60	19	9,92
Емецкий	590	600	274	123	57	18	54	49	24	11,12
Каргопольский	220	240	115	45	14	12	25	24	5	10,90
Делуковский	280	295	207	0	28	9	0	51	0	11,02
Государственный заказ на производство древесины V, v, j , тыс. м ³	3 198		1 453,6	506,3	259,4	216,4	300,0	306,0	156,3	—
Цена реализации 1 м ³ древесины $C_{ij} = C_{ij} \cdot P$, р.-к.	—		16—60	14—40	23—50	16—60	10—40	4—40	—	—

тию о пересмотре лесосечного фонда, с целью увеличить в нем объем дефицитных сортиментов. Тем самым определяются новые значения d_{ij} . Корректировку лесосечных фондов, отводимых в рубку, необходимо делать до тех пор, пока модель (1) — (5) не даст решение. В исключительных случаях решение получить нельзя, несмотря на многочисленные варианты лесосечных фондов. Тогда необходимо просить министерство скорректировать сортиментный заказ. Модель (1) — (5) можно сделать более объективной, если вместо условия (2) ввести условие:

$$\underline{q}_i \leq \sum_{j=1}^n x_{ij} \leq \bar{q}_i \quad (2')$$

Это условие снимает жесткое требование по общему объему заготовки в i -м предприятии, делает модель открытой, но более гибкой. Условие (2') будет сглаживать таксационную ошибку, которая допу-

Таблица 2

Расчетные сортиментные программы

Леспромхоз	Общий объем заготовки древесины q_i , тыс. м ³	В том числе по сортиментам x_{ij} , тыс. м ³					Дрова	Прочие сортименты
		Лесоматериалы						
		для выработки целлюлозы и древесной массы	для разделки на рубленную стойку	для строительства	Древесина для технических нужд			
Шоношский	900,0 899,9	300,7 282,6	117,6 115,0	84,9 84,9	137,2 141,5	95,9 99,1	70,9 78,8	93,1 98,0
Вилегодский	346,0 352,7	139,5 140,1	60,3 55,2	30,2 26,5	19,2 21,0	34,9 38,0	43,9 51,8	18,0 20,1
Нюбский	345,0 345,0	183,3 192,3	75,8 79,4	5,2 6,2	13,3 4,7	38,5 28,0	24,2 29,2	4,7 5,2
Красноборский	506,0 510,0	237,9 242,6	86,2 88,7	41,7 42,8	17,4 18,3	54,2 55,9	50,9 53,6	17,7 8,1
Емецкий	590,0 590,4	271,2 274,0	122,1 123,0	56,3 57,0	17,3 18,0	52,5 54,0	48,3 40,0	22,3 24,4
Каргопольский	231,0 220,0	115,0 115,0	44,4 45,0	13,9 14,0	11,2 12,0	24,0 25,0	22,0 8,5	5,0 5,0
Лешуконский	280,0 280,0	206,1 207,0	0 0	27,2 28,0	8,0 9,0	0 0	45,9 44,1	0 0
Итого	3 198,0	1 453,6	506,3	259,4	216,4	300,3	306,0	156,3

скается при освидетельствовании лесосечного фонда, если верхние \bar{q}_i и нижние \underline{q}_i пределы общих объемов заготовок будут отличаться от значения q_i на величину таксационной ошибки.

Ошибка при таксации составляет 10 % и более. Модель (1) — (5) с условием (2') соответствует известному типу открытых транспортных задач с верхними и нижними границами [3]. Она сводится к закрытой транспортной задаче и решается известными методами.

Работоспособность модели (1) — (5) и ее модификации проверяли на конкретном материале для предприятий объединения Архангельсклеспром. Здесь, для сравнения с методом [2], приводим решения, сделанные на фактическом материале, используемом в работе [2]. В табл. 1 дана характеристика исходных данных к расчету сортиментных программ. Себестоимость заготовки 1 м³ древесины в предприятии не

зависит от вида сортимента, а цена реализации 1 м³ каждого сортимента принята одинаковой для всех предприятий, за исключением цены прочих сортиментов. Цена реализации прочих сортиментов принята на уровне средней цены реализации и соответственно для Шоношского, Вилегодского и т. д. предприятий составляет: 12,66; 9,62; 10,15; 9,51; 9,81; 12,6 и 10,19 р./м³.

Расчетные сортиментные программы приведены в табл. 2, где в числителе указано решение, сделанное по методу [2], в знаменателе — по модифицированной модели (1) — (5) с условием (2'). Прибыль, которая могла бы быть получена по первому и второму решениям, соответственно составляет 13512,2 и 13535,7 тыс. р. Видим, что второй план сортиментных программ на 20,5 тыс. р. выгоднее первого. Все расчеты были выполнены на ЭВМ ЕС-1022.

Для сбалансированности сортиментной программы по породам следует решать модели (1) — (5) отдельно для лесосек по хвойному и лиственному хозяйству на планируемый год.

Пробные расчеты сортиментных программ показали эффективность предлагаемой методики.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Каргополов М. Д. Многоцелевая оптимизация производственной программы лесозаготовительных предприятий методами линейного программирования // Тез. докл. науч.-практ. конф. СевНИИП.— Архангельск, 1978.— С. 1—3. [2]. Каргополов М. Д. Установление согласованных сортиментных планов лесозаготовительных предприятий методом пропорциональных приращений на ЭВМ // Лесн. журн.— 1980.— № 2.— С. 107—111.— (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Нестеров Е. П. Транспортные задачи линейного программирования.— М.: Транспорт, 1971.— 216 с. [4]. Степаков Г. А. Оптимизация производства круглых лесоматериалов.— М.: Лесн. пром-сть, 1974.— 157 с.

Поступила 18 марта 1988 г.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 630*524.633

СТРУКТУРА ЕЛЬНИКОВ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

И. И. ГУСЕВ, С. В. ЯРОСЛАВЦЕВ

Архангельский лесотехнический институт

В целях совершенствования методов таксации леса, оценки защитной и средообразующей функций притундровых ельников необходимо более полно изучить размещение древостоев по площади и их природные особенности.

Для изучения структуры еловых древостоев Крайнего Севера по составу пород, полноте, запасу, классу бонитета, типу леса, а также для выявления зависимости этих показателей от рельефа местности закладывали ленточные пробные площадки шириной 20 м.

В Усть-Цилемском лесхозе Коми АССР заложены четыре ленточные пробные площадки общей протяженностью 5 560 м. Ленточная пробная площадь № 1 протяженностью 1 760 м расположена на заболоченной равнине правого берега р. Печоры. Ленточные пробные площади № 3 (400 м) и № 4 (2 600 м) заложены перпендикулярно, № 2 (800 м) — параллельно р. Печоре.

Материалы ленточных пробных площадей обрабатывали в следующем порядке. На ленточной пробной площади группировали первые пять учетных площадок размером 20 × 20 м и для этой учетной пробной площади размером 0,2 га определяли таксационные показатели древостоя. Затем первую площадку отбрасывали, добавляли еще одну площадку по ходу ленточной пробной площади и снова вычисляли таксационные показатели древостоя на учетной пробной площади. Таким образом по данным перечета и обмера модельных деревьев на 278 учетных площадках были получены таксационные характеристики древостоев на 262 учетных пробных площадях.

Пробные площадки группировали по типам леса, а затем выполняли статистическую обработку таксационных показателей (табл. 1).

Таблица 1

Средние таксационные показатели ельников Крайнего Севера

Тип леса	Число учетных пробных площадей, шт.	Средняя доля участия ели в составе древостоя	Средний класс бонитета	Относительная полнота		Запас	
				Среднее значение	Коэффициент изменчивости, %	Среднее значение, м ³ /га	Коэффициент изменчивости, %
Ельник травяной	28	7,8	V,3	0,88	10,9	161	14,5
» черничный	106	7,7	V,5	0,77	20,6	107	30,4
» приручейный	17	7,3	V,5	0,78	13,3	112	25,4
» долгомошный	30	7,9	Va,5	0,58	30,0	56	44,2
» кустарничково-сфагновый	35	7,0	V6,0	0,29	34,9	17	53,4
» ериковый	15	7,7	V6,0	0,29	37,0	18	52,2

На ленточных пробных площадях нами отмечены следующие типы леса еловых насаждений: травяные, черничные, приручейные, долгомошные, кустарничково-сфагновые и ериковые. Тип леса связан с классом бонитета. Класс бонитета позволяет сравнивать продуктивность разных типов леса в пределах однородной по естественно-историческим условиям территории.

Еловые древостои Крайнего Севера характеризуются низкими классами бонитета (V—V6). Наиболее продуктивны ельники травяные, черничные и приручейные. Очень низкой продуктивностью характеризуются ельники кустарничково-сфагновые и ериковые. Пределы классов бонитета притундровых ельников сужены, что затрудняет их

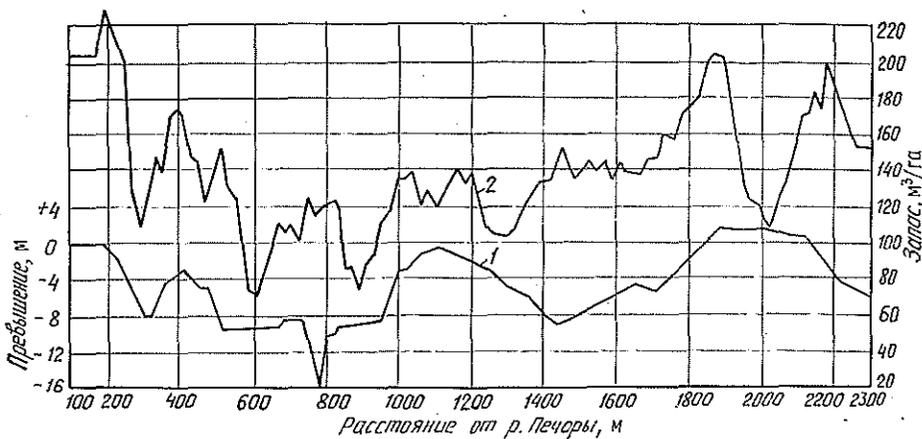
использование для оценки продуктивности типов леса. Поэтому в насаждениях Крайнего Севера типы леса и их правильное установление имеют особое значение.

Состав словых древостоев Крайнего Севера неоднороден. В еловом массиве встречаются небольшие участки леса с преобладанием березы, осины, лиственницы и режы сосны. Однако доля их невелика. Например, из 262 учетных пробных площадей в 231 древостое (89 %) преобладает ель. Участие ели в разных типах леса различается незначительно.

Примесь в еловых древостоях образуется различными породами в зависимости от типа леса. В ельниках черничных береза встречается всегда, осина же входит в состав древостоя в южной части притундровых лесов на более плодородных и дренированных почвах, как правило, в верхней части склонов. В ельниках долгомошных, приручейных, травяных и ерниковых примесь образуется из березы. В ельниках кустарничково-сфагновых, наряду с довольно чистыми ельниками, часто формируются древостои со значительной примесью сосны и березы. Таким образом, в ельниках Крайнего Севера почти повсеместно встречается примесь других пород, видовой состав которых зависит от типа леса.

В ельниках Крайнего Севера относительная полнота древостоев варьирует в широких пределах (от 0,1 до 1,0). Прослеживается четкая зависимость полноты древостоя от типа леса. С ухудшением условий местопроизрастания относительная полнота уменьшается с 0,88 в ельниках травяных до 0,29 в ельниках кустарничково-сфагновых и ерниковых. Коэффициент изменчивости полноты колеблется от 12 до 37 %. По мере повышения продуктивности изменчивость полноты понижается (табл. 1).

Относительная полнота древостоев зависит также от рельефа местности. Наиболее высокие полноты имеют ельники, расположенные на склонах и в местах с проточным увлажнением. Полнота древостоев на вершинах возвышенностей ниже, чем на склонах.



Рельеф местности (1) и запас древостоев (2) на ленточной пробной площади № 4

Запас притундровых ельников колеблется в широких пределах в зависимости от типа леса. С уменьшением запаса изменчивость его возрастает. Это объясняется более низкими полнотами в низкопродуктивных типах леса. Аналогичные выводы получил А. Г. Мошкалева [2]. Запас еловых древостоев Крайнего Севера изменяется в зависимости от рельефа местности (см. рисунок). Четко прослеживается дренирующее влияние рек и ручьев, около которых запасы еловых древостоев значительно выше, чем при равнинном местоположении. Наиболее высокие запасы древостоев наблюдаются в верхней части склонов, в нижней части склонов и на вершине ниже (табл. 2).

Данные табл. 2 показывают, что распространение типов леса еловых древостоев, а также их продуктивность на Крайнем Севере в значительной мере определяются различием рельефа. Критерий разности запасов вершины, верхней и нижней части склона говорит о существенности его различия, так как $t_{\phi} > t_{0,01}$. Нижняя часть склона и проточная низина имеют одинаковый средний запас, хотя типы леса различны. Застойное увлажнение в низине оказывает значительное влияние на продуктивность древостоя. В целом показатель силы влияния рельефа на продуктивность ельников Крайнего Севера высокий $\eta^2 \pm m_{\eta} = 0,540 \pm 0,0173$ и в высшей степени достоверен, так как $F_{\phi} > F_{0,01}$ ($31,1 > 13,5$) [1]. Рельеф местности и почвообразующие породы вместе с климатическими факторами оказывают влияние на условия

Таблица 2

Средний запас ельников по типам рельефа

Тип рельефа	Число учетных пробных площадей, шт.	Средний запас, м ³ /га	Критерий разности запасов по Стьюденту t_{ϕ}	Стандартное значение критерия Стьюдента $t_{0,01}$
Вершина	17	135		
Верхняя часть склона	34	171	5,3	2,7
Нижняя часть склона	38	135	6,7	2,6
Низина (проточная)	10	138	0,2	2,7
Низина (застойное увлажнение)	12	89	4,4	2,8

почвообразования и режим увлажнения почв. Особенно большое влияние на продуктивность притундровых ельников оказывает дренированность почв. Все эти факторы вместе взятые определяют качество условий местопроизрастания и продуктивность ельников Крайнего Севера.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Гусев И. И. Дисперсионный анализ.— Архангельск: АЛТИ, 1986.— 32 с.
 [2]. Мошкалев А. Г. Характеристика неоднородности древостоя таксационного выдела и ее значение // Лесн. журн.— 1964.— № 2.— С. 30—34.— (Изв. высш. учеб. заведений).

УДК 630*232.32

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КАПСУЛИРОВАННЫХ КРЕМНИЙОРГАНИКОЙ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ СЕЯНЦЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

А. В. ЦИЛЮРИК, Г. Г. РУСИН, Н. И. ОХРИМУК

Украинская сельскохозяйственная академия

Выращивание посадочного материала для лесовосстановления и лесоразведения — важный и наиболее трудоемкий технологический процесс в комплексе лесокультурных мероприятий, во многом определяющий качество создаваемых искусственных насаждений. Нормальный рост и развитие молодых древесных растений в значительной мере зависит от сбалансированного минерального питания. При недостаточном количестве в почве макро- и микроэлементов замедляется рост и ухудшается развитие сеянцев, что удлиняет сроки выращивания и снижает выход стандартного посадочного материала с единицы площади. Недостаток основных элементов питания устраняется внесением в почву минеральных и органических удобрений [5]. Для ускорения появления всходов, интенсификации роста сеянцев в питомниках могут быть использованы биологически активные препараты — стимуляторы роста [3].

Сосна обыкновенная является кремнефильным древесным растением, поэтому большой интерес представляет исследование влияния удобрений, содержащих кремний-органические (КО) соединения, на рост и развитие ее сеянцев в питомнике. Кремний принимает участие в процессах энергетического, углеводного и водного обменов, является важной составной частью клеточных стенок и тканей растений. Существенную роль кремнийсодержащие соединения играют в усвояемости микроэлементов растениями. Использование силиция в питании растений повышает их устойчивость против грибных и других заболеваний. Защитные свойства кремния, содержащегося в растениях, вероятно, объясняются тем, что он способствует укреплению стенок эпидермических клеток, которые для грибов и насекомых оказываются труднопреодолимым механическим барьером [2]. Соединения кремния оказывают также стимулирующее действие на рост и развитие растений, в частности сеянцев сосны обыкновенной [4]. Внесение кремнийорганики в строчки при посеве в количестве 25...50 % от массы высеваемых семян существенно повышает их грунтовую всхожесть, на 30...40 % увеличивает выход стандартного посадочного материала [1]. Существенный интерес представляет дальнейшее изучение влияния соединений кремния на рост и развитие

молодых растений сосны, в том числе при удобрении их капсулированными кремнийорганикой минеральными удобрениями.

Украинской сельскохозяйственной академией в течение пяти лет проводились исследования по применению капсулированных кремнийорганикой минеральных удобрений в питомниках Полесья Украины. В качестве удобрения была взята нитроаммофоска, капсулированная кремнийорганическим препаратом КО-64. Препарат представляет собой гидрофобный высокодисперсный порошок — продукт полной гидролитической поликонденсации кубовых остатков ректификации метилхлорсиланов, основными компонентами которого являются полиметилсилоксаны (до 95 %) и примеси соединений железа, меди, цинка, бора и других биогенных элементов.

Капсулирование нитроаммофоски проводили перемешиванием удобрений и суспензии КО-64 в растворе полимера (полистирола) в бензоле, после чего полученный продукт высушивали. Расход препарата КО-64 при двухслойном покрытии гранул составил 1,2...1,5 % от массы основного удобрения — нитроаммофоски.

Опыты были заложены на супесчаных дерново-подзолистых почвах, имеющих невысокую обеспеченность пахотного горизонта питательными элементами. Для повышения плодородия в почву перед весенней культивацией вносили нитроаммофоску из расчета 180 кг/га: на опытном варианте — капсулированную кремнийорганикой, на контроле — без капсулирования. Все остальные агротехнические приемы на контроле и в опыте были идентичны.

Посевы выполняли по принятой в странах СЭВ в качестве типовой для хвойных пород пятистрочной схеме с равномерным размещением строчек в 5-кратной повторности. Площадь посевов в различные годы составляла 2...4 га. Для посева брали семена общего сбора с постоянных лесосеменных участков. После снегования семенной материал обрабатывали фентиурамом и высевали механизированным способом при норме высева 1,5 г на 1 м посевной строчки.

Массовые всходы на опытном варианте появлялись на 2—3 дня раньше и в большем количестве, чем на контроле. Через три недели после посева началось полегание сеянцев сосны, вызванное грибами из рода *Fuzarium*, *Alternaria*, *Botrytis*. На контрольном варианте отпад сеянцев был довольно интенсивным — погибло до 30 % всходов, тогда как на опытном участке указанными патогенами было поражено не более 5 % растений.

По нашему мнению, уменьшение отпада всходов сосны вызвано двумя факторами. Использование кремнийорганики растениями ускорило одревеснение стволиков, делая их более устойчивыми к полеганию. Проведенные ранее исследования показали, что препарат КО-64 оказывает угнетающее воздействие на развитие грибкицы. Все это в совокупности обеспечило более высокую сохранность всходов сосны на опытном варианте.

В таблице приведены данные биометрических измерений однолетних сеянцев сосны, выращенных в 1985 г. на питомнике Иванковского лесхоззага Киевской области.

Линейные размеры и выход однолетних сеянцев сосны в питомнике

Вид удобрения	Высота надземной части сеянцев, см	Диаметр корневой шейки, мм	Выход сеянцев сосны с 1 га, тыс. шт.	
			Общее число	В том числе стандартных
Нитроаммофоска, капсулированная кремнийорганикой (опыт)	10,9 ± 0,4	2,3 ± 0,3	2 130	1 965
Нитроаммофоска без кремнийорганики (контроль)	9,8 ± 0,3	2,2 ± 0,2	1 879	1 651
Опыт по отношению к контролю, %	111	105	113	119

Таким образом, использование капсулированной кремнийорганикой нитроаммофоски при выращивании сеянцев сосны обыкновенной оказало стимулирующее влияние на рост растений. Высота и диаметр однолетних сеянцев на опытном участке были на 8...10 % выше, чем в контроле. Этот фактор, в сочетании с увеличением устойчивости растений к возбудителям полегания в первый месяц роста, позволили получить в конце вегетации 1,9 млн стандартных сеянцев с 1 га посевов, что на 14 % выше, чем в контроле. Экономический эффект выращивания сеянцев сосны обыкновенной в питомниках Полесья УССР с применением удобрений, капсулированных кремнийорганическим биостимулятором КО-64, составляет 100...120 р. на 1 га посевов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. с. 1366117 СССР, МКИ⁴ А 01 G 23/00. Способ выращивания семян хвойных пород / Г. Г. Русин, А. В. Цилпориц, Н. И. Охримук, В. Н. Тарусина (СССР). № 3883024/30-15; Заявлено 05.03.85 // Открытия. Изобретения.— 1988.— № 2.— С. 14.
- [2]. Воронков М. Г., Зелчан Г. И., Лукевич Э. Я. Кремний и жизнь.— Рига: Зинатне, 1978.— 588 с. [3]. Новосельцева А. И., Смирнов Н. А. Справочник по лесным питомникам.— М.: Лесн. пром-сть, 1983.— 280 с. [4]. Русин Г. Г., Охримук Н. И. Применение высокодисперсных полиметилсилоксанов при выращивании семян хвойных пород // Тез. Всесоюз. совещ. по применению удобрений в лесн. хоз-ве.— Архангельск, 1986.— С. 91—92. [5]. Справочник по удобрениям в лесном хозяйстве / В. С. Победов, И. М. Булавин, Е. А. Лебедев и др.— М.: Агропромиздат, 1986.— 172 с.

УДК 630*531

ФИТОМАССА КРОН СОСНЫ В УСЛОВИЯХ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

Д. Н. МАМОНОВ

Воронежский лесотехнический институт

Методы учета древесной фитомассы полно разработаны А. А. Молчановым и др. [2], А. И. Уткиным [6], М. Г. Семечкиной [4] и др. Наша работа имела цель определить фитомассу кроны сосновых насаждений Иркутской области на основе этих методов с детализацией для условий конкретного региона.

Было заложено двенадцать пробных площадей на территории Приморского лесхоза Иркутской области. Их таксационная характеристика приведена в табл. 1.

Таблица 1

Таксационная характеристика пробных площадей

Номер пробной площади	Класс бонитета	Тип леса	Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Сумма площадей сечений, м ² /га	Полнота	Запас, м ³ /га	
								сырорастущих деревьев	сухостоя
1	III	Брусничник разнотравный	55	15,0	13,0	22,39	0,71	169	5
2	III	Брусничник	60	16,5	15,6	28,43	0,88	240	—
3	III	»	75	20,2	19,5	24,30	0,71	224	—
4	III	»	80	17,5	16,0	35,77	1,08	275	13
5	III	Брусничник разнотравный	80	16,6	14,7	34,32	1,06	262	11
6	III	»	85	17,5	16,0	34,12	1,03	282	4
7	III	Брусничник	95	19,0	18,5	26,07	0,77	218	—
8	III	»	100	21,2	20,2	32,08	0,92	321	—
9	III	»	100	19,8	20,5	31,53	0,92	294	7
10	IV	»	105	18,5	22,8	30,29	0,90	287	9
11	IV	Брусничник зеленомощный	105	19,2	21,1	23,77	0,70	185	15
12	IV	»	105	19,0	20,5	25,85	0,76	229	26

Примечание. Состав древостоя — 10С.

Весовые показатели компонентов фитомассы устанавливали по модельным деревьям, при раскряжке которых определяли массу кроны в целом и хвойной лапки, к которой относили мелкие охвоенные ветви с диаметром в отрубе не более 0,8 см. Запас на пробных площадях находили на основании обмера модельных деревьев по 2-метровым отрезкам. Полученные материалы подвергали статистической обработке на ЭВМ ЕС-1035.

Анализ полученных материалов показал наличие корреляционной зависимости различных компонентов фитомассы кроны от диаметра ствола на высоте груди, что подтверждает аналогичные выводы других авторов [1, 5]. Значения коэффициентов корреляции (r) и корреляционных отношений (η) были вычислены для всех пробных площадей, однако из-за большого объема полученных данных в статье даны лишь

нижний и верхний пределы этих показателей. Так, для хвойной лапки значения r колеблются от 0,904 до 0,970, η — от 0,909 до 0,993. Для хвои колебания r и η составляют соответственно 0,903...0,983 и 0,908...0,998, для кроны — 0,912...0,983 и 0,982...0,996. Наименьшие параметры этих показателей для зависимости среднего диаметра кроны от диаметра ствола на высоте груди составляют 0,853...0,969 и 0,912...0,971.

Анализируя взаимосвязь таксационных показателей, большинство авторов [3, 4] пришли к выводу, что уравнения парабол 2-го и 3-го порядков, показательное и степенное достаточно полно отражают характер связи между диаметром и массой надземных частей деревьев. Анализ наших данных для трех пробных площадей в возрасте древостоев 60, 80 и 100 лет также показывает, что взаимосвязь запаса фракций фитомассы кроны с диаметром наиболее объективно отражается уравнениями парабол 2-го и 3-го порядков, из которых последнее предпочтительнее. Эти уравнения были использованы для выравнивания опытных данных. По выравненным данным были вычислены запасы фитомассы кроны по фракциям. Полученные данные представлены в табл. 2.

Таблица 2

Фитомасса кроны сосны

Но- мер проб- ной пло- щади	Фитомасса*, т/га			Но- мер проб- ной пло- щади	Фитомасса*, т/га		
	хвой- ной лап- ки	вет- вей	ито- го		хвой- ной лап- ки	вет- вей	ито- го
1	7,9	5,3	13,2	7	9,1	9,0	18,1
	3,7	2,3	6,0		4,2	4,1	8,3
2	12,0	9,1	21,1	8	12,5	17,2	29,7
	5,5	4,0	9,5		3,7	10,7	14,4
3	11,1	13,1	24,2	9	13,7	17,3	31,0
	4,2	5,8	10,0		5,3	7,7	13,0
4	13,1	11,1	24,2	10	11,6	21,4	33,0
	6,1	5,1	11,2		5,2	10,0	15,2
5	11,1	11,0	22,1	11	9,1	10,8	19,9
	5,0	5,0	10,0		4,3	4,9	9,2
6	12,4	12,2	24,6	12	8,4	14,4	22,8
	5,6	5,5	11,1		3,7	6,7	10,4

* Первая строка — масса свежесрубленных фракций; вторая — в абс. сухом состоянии.

На основании полученных данных можно констатировать, что фитомасса кроны сосны зависит как от возраста, так и от запаса и полноты насаждений. Так, в возрасте древостоев 55, 95 и 105 лет (пробные площади 1, 7 и 12) при относительно одинаковых полнотах (0,71; 0,77; 0,76) наблюдается накопление фитомассы кроны с 13,2 до 22,8 т/га. Зависимость ее от полноты можно наблюдать на пробных площадях 10—12, где при полнотах 0,70; 0,76; 0,90 она составляет соответственно 19,9; 22,8 и 33,0 т/га. На долю хвойной лапки в кроне приходится 26,8...59,8 %, ветвей — 40,2...64,8 %. С увеличением возраста насаждений масса хвойной лапки уменьшается, а масса ветвей возрастает. Фитомасса кроны, приходящаяся на 1 м² запаса, составляет 0,08...0,11 т.

Данные наших исследований могут быть использованы при определении запасов фитомассы в сосновых насаждениях Иркутской области.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ефименко В. М. Накопление фитомассы в сосновых культурах // Роль науки в создании лесов будущего.— Л.: Ленупридат, 1981.— С. 76—77. [2]. Молчанов А. А., Смирнов В. В. Методика определения прироста древесных растений.— М.: Наука, 1967.— 100 с. [3]. Оценка пригодности регрессионных уравнений разного вида для аппроксимации фитомассы и годичной продукции древостоев / С. Г. Рождественский, Н. А. Ильина, Я. И. Гульбе и др. // Стабильность и продуктивность лесных экосистем: Тез. докл. Всес. совещ.— Тарту, 1985.— С. 113—115. [4]. Семечкина М. Г. Структура фитомассы сосняков.— Новосибирск: Наука, 1978.— 165 с. [5]. Семечкина М. Г. Закономерности строения сосновых древостоев по компонентам фитомассы // Исследования структуры лесонасаждений.— Красноярск, 1984.— С. 31—38. [6]. Уткин А. И. Биологическая продуктивность лесов (методы изучения и результаты) // Лесоведение и лесоводство. Итоги науки и техники.— Т. 1.— М.: ВИНТИ, 1975.— С. 9—189.

УДК 630*18

**ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ СРЕДЫ,
СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ И СРОКОВ ХРАНЕНИЯ
СЕМЯН БРУСНИКИ НА ИХ ПРОРАСТАНИЕ**

П. Н. ТАРГОНСКИЙ

Лугинский лесхоззаг Житомирской области

В последние два десятилетия, в связи с введением брусники (*Vaccinium vitis-idaea* L.) в культуру, вопросы семенного размножения приобрели немаловажное значение. Первым в 1913 г. условия прорастания семян брусники изучал Кинцель. Он сделал вывод, что прорастание происходит исключительно на свету, но протекает медленно. Гревиллюс обнаружил, что семена брусники, выставленные на свет 14 мая, частично проросли 2 июня. Особенно же интенсивные исследования начались в последнее время [1—9]. Ряд авторов указывают оптимальную температуру для прорастания семян брусники 20...25 °С [2, 4, 7]. С. И. Шабарова проращивала в лабораторных условиях семена брусники при температуре 17...20 °С с предварительным намачиванием в теплой воде в течение 24 ч, при постоянном режиме увлажнения, смене света и тепла, на протяжении 60 сут. Всхожесть семян составила 11 %, энергия прорастания — 1 %. Прорастание семян окончилось на 55-й день [9]. Опыты по семенному размножению брусники в 1968—1971 гг. в Житомирской области проводил Л. А. Козирацкий. Лучшая всхожесть в лабораторных условиях была получена в опыте с семенами, намоченными в воде с температурой 30...35 °С в течение 24 ч (после их годичного хранения) и пророщенными при температуре 25 °С в темноте (ложе — прокаленный песок). Грунтовая всхожесть семян составила 30 % [5]. Наиболее глубокие исследования, касающиеся влияния некоторых факторов среды (температуры, освещения, стратификации) на всхожесть, провели А. К. Рипа и Б. А. Аудрина.

Доказана необходимость стратификации для лучшего прорастания семян при 4 °С. После 4-месячной стратификации проросло 86 % семян, после 7-месячной — 92,8 %. Оптимальные условия прорастания стратифицированных семян — 23 °С и рН торфа 3,5...4,5 [7].

Вариант опыта	Всхожесть, %
1) проращивание свежесобранных и отмытых семян	0
2) намачивание семян в воде комнатной температуры в течение 24 ч перед проращиванием	7,3 ± 1,1
3) намачивание в 1 %-м растворе марганцевокислого калия в течение 24 ч	7,0 ± 0,8
4) выдерживание в горячей воде при температуре 80 °С и дальнейшее намачивание в воде комнатной температуры в течение 24 ч	6,2 ± 1,2
5) намачивание в воде комнатной температуры в течение 72 ч	7,2 ± 0,9
6) скарификация — протирание семян с песком в ступке	0
7) стратификация в холодильнике при температуре 4...6 °С в течение 4 мес	58,0 ± 2,1
8) стратификация под снегом в течение 4 мес	64,3 ± 6,7
9) хранение при комнатной температуре в течение 9 мес	19,1 ± 1,4
10) то же в течение 1 года	15,3 ± 1,1
11) » » 2 лет	Единичные всходы
12) проращивание семян из высушенных ягод, хранившихся в лаборатории при обычной температуре в течение 7 мес	То же
Контроль I — сухие семена без обработки, хранившиеся в течение 4 мес	5,7 ± 0,4
Контроль II — то же в течение 7 мес	19,3 ± 1,2

Как видно, имеющиеся в литературе сведения не дают достаточно полного и четкого представления об оптимальных условиях прорастания семян брусники, не в полной мере выявляют причины их низкой всхожести и слабой энергии прорастания.

Наши исследования выполнены в 1984—1986 гг. в Лугинском лесхоззаге Житомирской области. Семена брусники проращивали на Винницкой зональной лесосеменной станции и с участием В. П. Краснова (варианты 2—7) — в лаборатории Полеской агролесомелиоративной станции УкрНИИЛХА (г. Житомир).

Для определения всхожести были использованы семена, собранные в сосняке брусничниковом (тип лесорастительных условий — свежий бор — A_2) в Повчанском лесничестве Лугинского лесхоззага в фазе полной спелости ягод (II декада августа). Семена получены ручным способом сразу после сбора ягод. Хранились они в сухом помещении в стеклянной таре. В опытах семена проращивали в лабораторных условиях в чашках Петри (на фильтровальной бумаге в три слоя с постоянным поддержанием ее в насыщенном водной состоянии), в шести повторностях по 100 шт. в каждой, в термостате при температуре 20...24 °C.

Данные о лабораторной всхожести семян брусники по вариантам опыта представлены в таблице.

Из данных таблицы видно, что наиболее эффективным способом обработки семян оказалась стратификация (всхожесть семян от 58,0 до 64,3 %). Свежесобранные семена не проросли; им, по-видимому, необходим определенный период покоя. Семена, хранившиеся 4 мес, имели всхожесть 5,7 % (контроль I), 7 мес (контроль II) — 19,3 %. Дальнейшее увеличение срока хранения (более 2 лет) приводит к почти полной потере всхожести. Всхожесть семян, извлеченных из сухих ягод, хранившихся 7 мес, также очень низка. Это служит подтверждением того, что в природных условиях лучше прорастают семена брусники, очищенные от перикарпия при прохождении через желудочно-кишечный тракт некоторых видов птиц. Так, в Центральном Полесье Украины семена брусники распространяют глухарь, тетерев, рябчик, ворон, ворона серая, 4 вида дроздов, краквя.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Авдошенко А. К. Семенное размножение брусничных // Докл. АН СССР.— 1948.— Т. 60, № 5.— С. 897—899. [2]. Бандзайтене З. Ю. Биологическая и биохимическая характеристика брусники (*Vaccinium vitis idaea* L.): Автореф. дис... канд. биол. наук.— Вильнюс, 1975.— 51 с. [3]. Богданова Г. А., Муратов Ю. М. Брусника в лесах Сибири.— Новосибирск: Наука, 1978.— 116 с. [4]. Выращивание брусники в Архангельской области / Сост. И. Н. Лукин.— Архангельск, 1982.— 16 с. [5]. Козирацький Л. А. Відтворення і раціональне використання недеревної рослинності лісів.— Київ: Урожай, 1975.— 88 с. [6]. Ненюхин В. Н. Всхожесть семян брусники // Природные ресурсы Карелии и пути их рационального использования.— Петрозаводск, 1973.— С. 72—73. [7]. Рипа А. К., Аудриня Б. А. Экологические особенности брусники и введение ее в культуру // Изв. АН ЛатвССР.— 1983.— № 10 (435)— С. 121—127. [8]. Таргонский П. Н., Богданова Г. А., Сакова В. Г. Семенное и вегетативное размножение *Vaccinium vitis idaea* L. // Растит. ресурсы.— 1984.— Т. 20, вып. 1.— С. 29—35. [9]. Шабарова С. I. Про варіабільність плодів та можливість насінневого поновлення видів з роду брусничних, поширених на Українському Поліссі // Укр. ботан. журн.— 1968.— Т. 25, № 3.— С. 55—58.

УДК 630*378.7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗКИ НА ГОЛОВНУЮ ОПОРУ РЕЕВОГО БОНА

В. М. АЗАРЕНКОВ

КомвгипроНИИлеспром

Нагрузка на головную опору реевого бона определяется по формуле [2]

$$R_6 = N_n + N_l + iN_p, \quad (1)$$

где R_6 — нагрузка на головную опору бона, Н;
 N_n — продольное воздействие потока на бон, Н;
 N_l — продольное воздействие леса на бон, Н;
 N_p — продольное влечение бона одной реей, Н;
 i — число рей, шт.

Продольное воздействие потока на бон

$$N_n = f_n b_6 v_n^2 L_6 \cos \alpha, \quad (2)$$

где f_{Π} — коэффициент сопротивления, $\text{H} \cdot \text{с}^2/\text{м}^4$;
 b_6 — ширина бона, м;
 v_{Π} — средняя поверхностная скорость течения на участке размещения бона, м/с;
 L_6 — длина бона, м;
 α — угол установки бона к направлению течения потока, град.

Продольное воздействие леса на бон

$$N_{\Pi} = \mu k_{\Pi} b_{\Pi} v_{\Pi}^2 \sin \alpha, \quad (3)$$

где μ — коэффициент взаимодействия плавущего леса с бонем, равный 0,4;
 k_{Π} — коэффициент сопротивления леса, $\text{H} \cdot \text{с}^2/\text{м}^4$;
 b_{Π} — расчетная ширина полосы леса, действующая на бон, м.

Продольное влечение бона одной реей

$$N_p = k_p k'_p t_p t'_p v_{\Pi}^2 \sin \gamma \sin \beta, \quad (4)$$

где k_p — коэффициент сопротивления рей, $\text{H} \cdot \text{с}^2/\text{м}^4$;
 k'_p — поправочный коэффициент;
 t_p — длина рей, м;
 t'_p — осадка рей, м;
 γ — угол атаки рей потоком, град;
 β — угол между бонем и реей, град.

В работе [1] получена следующая формула для расчета числа рей:

$$i = \frac{k_6 t_6 + k_{\Pi} b_{\Pi}}{k_p k'_p t_p} \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma \cos \beta} \frac{L_6}{t_p}, \quad (5)$$

где k_6 — коэффициент сопротивления бона, $\text{H} \cdot \text{с}^2/\text{м}^4$;
 t_6 — осадка бона, м.

Подставив формулы (2)–(5) в (1), после преобразований получим:

$$R_6 = L_6 v_{\Pi}^2 \sin \alpha [f_{\Pi} b_6 \operatorname{ctg} \alpha + k_6 t_6 \operatorname{tg} \beta + k_{\Pi} b_{\Pi} (\mu + \operatorname{tg} \beta)]. \quad (6)$$

Обозначив выражение в квадратных скобках формулы (6) через q

$$q = f_{\Pi} b_6 \operatorname{ctg} \alpha + k_6 t_6 \operatorname{tg} \beta + k_{\Pi} b_{\Pi} (\mu + \operatorname{tg} \beta), \quad (7)$$

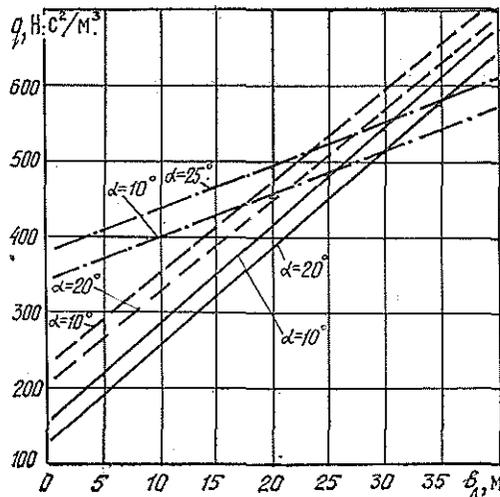
получим формулу для определения нагрузки на головную опору бона:

$$R_6 = q L_6 v_{\Pi}^2 \sin \alpha. \quad (8)$$

Назовем q параметром нагрузки на головную опору реевого бона. Рассмотрим изменение q в зависимости от рабочего угла α и ширины полосы молевого леса b_{Π} для разных типов реевых бонев.

На рисунке представлено изменение функции $q = f(b_{\Pi}; \alpha)$ для трех типов реевых бонев: однорядного шестибревенного без козырька, с козырьком из одного бревна и с глубоководным козырьком.

Изменение параметра нагрузки q в зависимости от ширины полосы молевого сплава b_{Π} и угла α : сплошная линия — однорядный шестибревенный бон, $t_6 = 0,25$ м; штриховая — бон с козырьком из одного бревна, $t_6 = 0,4$ м; штрихпунктирная — бон с глубоководным козырьком, $t_6 = 0,6$ м



Из графика видно, что параметр q прямо пропорционально зависит от ширины полосы леса для всех указанных типов бонов. Его зависимость от α более сложная, но разница между максимальным и минимальным значением при ширине полосы леса $b_{л} = 30$ м для шестибревенного бона без козырька и бона с козырьком из одного бревна не превышает 5 %, а для бона с глубокоосидающим козырьком — 10 %.

Максимальное значение параметра q для первых двух типов бонов определяется при угле $\alpha = 10^\circ$, а для бона с глубокоосидающим козырьком при $\alpha = 25^\circ$.

Таким образом, при предварительных расчетах нагрузки на головную опору реевых бонов могут быть рекомендованы следующие зависимости для параметра нагрузки q , определяющие его максимальное значение:

$$q = 154 + 12,8b_{л}; \quad (9)$$

для бона с козырьком из одного бревна

$$q = 234 + 11,9b_{л}; \quad (10)$$

для бона с глубокоосидающим козырьком

$$q = 384 + 5,5b_{л}. \quad (11)$$

Расчеты параметра q в формуле (7) выполнены при $\mu = 0,4$ и $\beta = 55^\circ$.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Азаренков В. М. Экономическое обоснование длины и числа рей бона // Сб. науч. тр. по лесосплаву / ЦНИИ лесосплава.— М.: Лесн. пром-сть, 1971.— № 13.— С. 64—71. [2]. Справочник по водному транспорту леса / Под ред. В. А. Щербакова.— М.: Лесн. пром-сть, 1986.— 383 с.

УДК 630*36 : 621.936.6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКИХ ОБОРОТОВ СИСТЕМЫ ПРИВОДА БЕНЗИНОМОТОРНЫХ ПИЛ

Э. А. КЕЛЛЕР

Пермский политехнический институт

Основная причина малой надежности системы привода мотопил — резонансные усиления амплитуд крутильных колебаний элементов трансмиссии [3, 4]. В динамической расчетной схеме (рис. 1), в отличие от схем, приведенных в указанных работах, дополнительно учтены механизмы для смазки пильной цепи (J_6, c_6, h_6) и привода гидроклина (J_7, c_9, h_9), а также динамическая связь цепи с древесной (J_5, c_6, h_7).

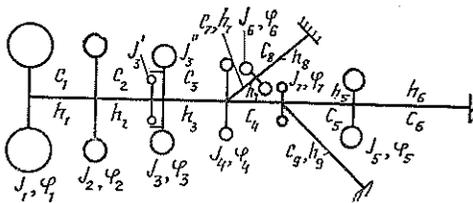


Рис. 1. Расчетная схема системы привода мотопилы МП-5 «Урал-2»: J_i — приведенные моменты инерции масс; c_i, h_i — приведенные жесткости и сопротивления участков трансмиссии; φ_i — угловые перемещения масс

Для режима холостого хода учитывают только моменты инерции маховика J_1 , кривошипно-ползунного механизма (КПМ) — J_2 и поводку муфты сцепления J_3 , а также жесткости и сопротивления участков коленвала c_1, c_2, h_1, h_2 ; J_4 — приведенный момент инерции шестерен редуктора.

Математическую модель при решении поставленной задачи для квазистационарных режимов работы привода без проскальзывания муфты сцепления при пилении древесины и включенном гидроклине можно представить в виде системы уравнений седьмого порядка:

$$[A]\{q\} = 0,$$

где

$[A]$ — матрица, составленная из коэффициентов при комплексных амплитудах угловых колебаний масс;

$\{q\} = [\bar{a}_1 \bar{a}_2 \bar{a}_3 \bar{a}_4 \bar{a}_5 \bar{a}_6 \bar{a}_7]^T$ — вектор-столбец комплексных амплитуд угловых колебаний масс.

Ненулевые элементы матрицы [A] равны

$$\begin{aligned} a_{11} &= c_1 - J_1 \omega^2 + h_1 j \omega; \\ a_{22} &= c_1 + c_2 - J_2 \omega^2 + (h_1 + h_2) j \omega; \\ a_{33} &= c_2 + c_3 - J_3 \omega^2 + (h_2 + h_3) j \omega; \\ a_{44} &= c_3 + c_4 + c_7 - J_4 \omega^2 + (h_3 + h_4 + h_7) j \omega; \\ a_{55} &= c_5 + c_6 - J_5 \omega^2 + (h_5 + h_6) j \omega; \\ a_{66} &= c_7 + c_8 - J_6 \omega^2 + (h_7 + h_8) j \omega; \\ a_{77} &= c_4 + c_5 + c_9 - J_7 \omega^2 + (h_4 + h_5 + h_9) j \omega; \\ a_{12} &= a_{21} = -(c_1 + h_1 j \omega); \\ a_{23} &= a_{32} = -(c_2 + h_2 j \omega); \\ a_{34} &= a_{43} = -(c_3 + h_3 j \omega); \\ a_{46} &= a_{64} = -(c_7 + h_7 j \omega); \\ a_{47} &= a_{74} = -(c_4 + h_4 j \omega); \\ a_{57} &= a_{75} = -(c_5 + h_5 j \omega), \end{aligned}$$

где $j = \sqrt{-1}$;

ω — круговая частота угловых колебаний.

При выключенном гидроклине величины J_1 , c_9 и h_9 следует принять равными нулю. Для режимов холостого хода в матрице [A] удерживаются три первых столбца и строки, а в третьем диагональном элементе матрицы $c_3 = h_3 = 0$. При вычислении спектра собственных частот использовали стандартную программу РО 665 нахождения собственных значений симметричной матрицы методом вращения.

Исходные данные для мотопилы МП-5 «Урал-2» приведены в табл. 1—3.

Таблица 1

Моменты инерции масс $J_i = 10^{-4}$ кг · м²

Обозначение	J_1	J_2	J'_3	J''_3	J_4	J_5	J_6	J_7
Величина	17,0	13,1	8,1	5,5	2,4	1,4	0,017	0,026

Таблица 2

Коэффициенты крутильной жесткости $c_i \cdot 10^3$ кН · м/рад

Обозначение	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6	c_7	c_8	c_9
Величина	5,94	7,33	1,92	10,22	2,83	0,46	18,4	0,076	0,022

Таблица 3

Коэффициенты сопротивления h_i , кН · м · с/рад · 10⁻²

Обозначение	$h_1 \dots h_5, h_7$	h_6, h_9	h_8
Величина	5,5	8	16

Результаты расчета для типичных режимов эксплуатации приведены в табл. 4 (числители дробей).

Основные составляющие спектра определяли на специальном стенде [1]. Корпус системы привода закрепляли на неподвижном основании, а возбуждение с изменяющейся частотой и заданной амплитудой передавалось со стороны вибростенда ВЭДС-200А через упругий элемент на поршень двигателя, причем кривошип был

Таблица 4

Собственные частоты крутильных колебаний системы привода $\omega_{oi} \cdot 10^2, c^{-1}$

Режим работы	ω_{01}	ω_{02}	ω_{03}	ω_{04}	ω_{05}	ω_{06}	ω_{07}
Валка с гидроклином	1,64	5,23	6,68	12,33	17,46	224,95	330,64
	1,88	5,02	6,53	12,06	18,12		
Валка без гидроклина	1,84	5,34	7,05	13,31	19,61	259,26	—
	1,76	5,20	6,71	12,69	20,81		
Холостой ход	7,29	13,18	—	—	—	—	—
	7,34	12,69	—	—	—		

установлен под углом 45° к оси цилиндра двигателя [2]. С целью приближения условий испытаний к реальным стенд снабжали имитатором динамической нагрузки от гидроклина [1], а пильную шину с цепью вводили в прорезь образца древесины. Экспериментальные результаты приведены в табл. 4 (знаменатели дробей).

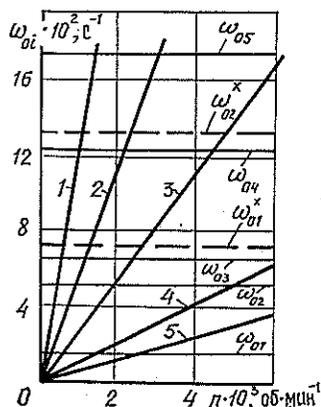


Рис. 2. Диаграмма критических чисел оборотов: 1 — от лопастей вентилятора; 2 — от зацепления втулок цепи с ведущей звездочкой; 3 — от зубьев цепи; 4 — от коленчатого вала; 5 — от вала ведущей звездочки; $\omega_{01}^x, \omega_{02}^x$ — собственные частоты на режиме холостого хода

Анализ результатов показал, что спектр собственных частот содержит низкочастотные $164 c^{-1}$, среднечастотные $(5,23 \dots 17,46) \cdot 10^2 c^{-1}$ и высокочастотные $(2,24 \dots 3,30) \cdot 10^4 c^{-1}$ составляющие. Низкочастотные обусловлены внешними динамическими связями с жесткостями c_6, c_8, c_9 , средние и высокочастотные — внутренними связями системы.

Незначительная ошибка теоретического и экспериментального определений спектра собственных частот ($\leq 8\%$) позволяет рекомендовать расчетную модель для практических расчетов.

Для определения критических чисел оборотов, вызывающих резонансы в трансмиссии, построена диаграмма (рис. 2). (Данные по частотам основных гармоник вынуждающих моментов приведены в работе [5]). Из диаграммы следует, что при пилении в системе привода возможны следующие резонансы:

- 1) III формы колебаний от первых гармоник моментов движущих сил двигателя и сил сопротивлений механизма смазки цепи ($n = 6,3 \cdot 10^3$ об/мин);
- 2) IV формы колебаний от второй гармоники момента сопротивления на ведущей звездочке ($n = 5,9 \cdot 10^3$ об/мин);
- 3) V формы колебаний от первой гармоники момента сопротивления резанию ($n = 6,1 \cdot 10^3$ об/мин).

На режиме холостого хода может наблюдаться резонанс I формы от IV гармоники момента движущих сил двигателя ($n = 2,3 \cdot 10^3$ об/мин). Резонансы трансмиссии возможны и на промежуточных режимах работы двигателя при $n = (2,7; 4,4; 5,0) \times 10^3$ об/мин.

Таким образом, распределение масс и жесткостей системы привода серийной пилы МП-5 «Урал-2» не удовлетворяет требованиям, обеспечивающим отсутствие резонансных явлений. Используя предложенную модель, можно осуществить целенаправленный синтез спектра собственных частот и уменьшить динамические нагрузки в валах привода. Из анализа следует, что при расчете амплитуд вынужденных крутильных колебаний элементов трансмиссии достаточно удержать по две первых гармоники возмущающих моментов, поскольку резонансы с остальными гармониками не наблюдаются и их колебательная мощность незначительна.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. с. 682787 СССР МКИ³ G 01M 19/00. Стенд для испытания переносных моторных пил / Э. А. Келлер (СССР).— № 2569155/29—15; Заявлено 17.01.78; Опубл. 30.08.79, Бюл. № 32 // Открытия. Изобретения.— 1979.— С. 150. [2]. А. с. 1016724

СССР, МКИ³ G 01M 15/00. Способ определения собственных частот крутильных колебаний коленчатого вала кривошипно-ползунного механизма / Э. А. Келлер (СССР).— № 3367816/25—06; Заявлено 23.12.81; Опубл. 7.05.83, Бюл. № 17 // Открытия. Изобретения.— 1983.— С. 165. [3]. Андреев Р. П. Исследование крутильных колебаний коленчатого вала мотопилы Урал // Динамика и прочность механических систем: Межвуз. сб. № 207.— Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 1977.— С. 105—108. [4]. Дмитриев Е. И. Исследование основных элементов бензиномоторных пил с целью совершенствования их конструкций: Дис... канд. техн. наук.— М.: МЛТИ, 1978.— 125 с. [5]. Келлер Э. А. Аппроксимация внешних нагрузок привода пильного аппарата мотопил // Динамика и прочность механических систем: Межвуз. сб. науч. тр., 1981.— С. 15—21.

УДК 66.047.1 : 536.244

ОБ УСТОЙЧИВОМ ДВИЖЕНИИ ДРЕВЕСНЫХ ЧАСТИЦ В ВИХРЕВОЙ СУШИЛЬНОЙ КАМЕРЕ

А. К. ЛЕОНТЬЕВ

Ленинградская лесотехническая академия

Вихревые сушильные камеры широко применяют в деревообрабатывающей промышленности при сушке дробленых кусковых и мелкофракционных отходов деревообработки*. Для организации устойчивой работы таких камер необходима подача сушильного газа с некоторой окружной скоростью, превышающей минимально допустимое значение. Это позволит исключить образование завала частиц на дне камеры.

Минимально допустимой назовем такую окружную скорость газа, при которой твердая влажная древесная частица, покоящаяся вначале на дне горизонтальной вихревой камеры, в последующие моменты времени будет устойчиво двигаться по стенке камеры, т. е. во все время движения частицы будет выполняться условие $N \geq 0$ (где N — сила нормального давления частицы на стенку камеры)**.

Для расчета минимальной окружной скорости газа, с точки зрения организации устойчивого движения частиц в вихревой сушильной камере, рассмотрим плоскую задачу о движении твердой частицы внутри круга, радиус которого равен радиусу сушильной камеры.

Уравнения движения древесной частицы массой m в проекциях на оси полярной системы координат (рис. 1) имеют вид

$$\frac{m\omega^2}{R} = P \sin \varphi + N; \quad (1)$$

$$m \frac{d\omega}{dt} = F_a - P \cos \varphi - F_{тр}, \quad (2)$$

где

N — нормальная реакция поверхности цилиндра;
 $F_{тр} = Nf$ — сила трения частицы на поверхность цилиндра;
 f — коэффициент трения;

$F_a = c_p \frac{\pi d^2}{8} (v - \omega)^2$ — аэродинамическая влекущая сила;

$m = \rho_1 \frac{\pi d^3}{6}$ — масса частицы;

ρ и ρ_1 — плотность газа и частицы;

c — коэффициент сопротивления обтекания частицы (далее принимаем $c = \text{const}$);

d — приведенный диаметр частицы;

v — окружная скорость газового потока;

ω — окружная скорость частицы.

φ — угол между радиусом, проведенным к частице, и горизонтальной осью.

В начальный момент времени частица покоится на дне камеры.

Решение уравнений (1) и (2) следует проводить при начальных условиях

$$t = 0, \omega = 0, \varphi_0 = -\frac{\pi}{2}.$$

* Сабуров Э. Н., Карпов С. В., Егоров А. И. Устройство для подсушки и сжигания отходов // Лесн. пром-сть.— 1981.— № 6.— С. 24—25.

** Предполагается, что древесные частицы имеют форму, близкую к кубической.

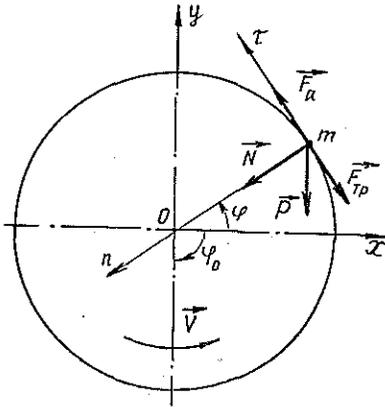


Рис. 1

Опыты, проведенные в камере диаметром 400 мм на частицах разной крупности (от 0,5 до 8,5 мм) и из различных материалов (стекло, свинец, горох, фасоль, пшено, сахар, пробка), показали, что коэффициент приведенного трения f в первом приближении не зависит от размеров и материала частиц и равен 0,05, т. е. значительно меньше коэффициента трения скольжения по железу любого из перечисленных материалов.

Введем безразмерные величины

$$u = \frac{w}{v}; \quad \lambda = \frac{3}{4} c \frac{\rho}{\rho_1} \frac{R}{d};$$

$$\gamma = \frac{gR}{v^2}; \quad \bar{N} = \frac{N \cdot R}{mv^2}; \quad \alpha = \text{arctg } f.$$

Подставляя в формулу (2) выражение для нормальной силы давления из уравнения (1) и переходя к переменной φ , получим уравнения в безразмерном виде:

$$\bar{N} + u^2 - \gamma \sin \varphi; \quad (3)$$

$$u \frac{du}{d\varphi} = \lambda (1 - u)^2 - fu^2 - \gamma \sqrt{1 + f^2} \cos(\alpha + \varphi). \quad (4)$$

Нас интересует поведение достаточно крупных частиц, так как именно на их движение сила тяжести оказывает наибольшее влияние.

Для крупных частиц в начальный период движения допустимо принять

$$u \ll 1 \quad (5)$$

(в дальнейшем будет выяснен предел применимости этого неравенства).

С учетом (5), при начальном условии $\varphi = -\frac{\pi}{2}$, $u = 0$ решение уравнения (4) имеет вид:

$$u^2 = \frac{\lambda}{f} \{1 - \exp[-f(\pi + 2\varphi)]\} - 2\gamma \sqrt{\frac{1+f^2}{1+4f^2}} \{ \sin(\alpha + \varepsilon + \varphi) + \cos(\alpha + \varepsilon) \exp[-f(\pi + 2\varphi)] \}, \quad (6)$$

где $\varepsilon = \text{arctg } 2f$.

Следовательно,

$$\bar{N} = \frac{\lambda}{f} \{1 - \exp[-f(\pi + 2\varphi)]\} - \gamma \left\{ \sin \varphi + 2 \sqrt{\frac{1+f^2}{1+4f^2}} \times \right. \\ \left. \times [\sin(\alpha + \varepsilon + \varphi) + \cos(\alpha + \varepsilon) \exp[-f(\pi + 2\varphi)]] \right\}. \quad (7)$$

Используя условие минимума $\frac{dN}{d\varphi} = 0$, получим:

$$2\lambda \exp[-f(\pi + 2\varphi)] - \gamma \left\{ \cos \varphi + 2 \sqrt{\frac{1+f^2}{1+4f^2}} \times \right. \\ \left. \times [\cos(\alpha + \varepsilon + \varphi) - 2f \cos(\alpha + \varepsilon) \exp[-f(\pi + 2\varphi)]] \right\} = 0, \quad (8)$$

отсюда выражаем γ :

$$\gamma = \frac{\lambda \exp[-f(\pi + 2\varphi)]}{\frac{1}{2} \cos \varphi + \sqrt{\frac{1+f^2}{1+4f^2}} \{ \cos(\alpha + \varepsilon + \varphi) - 2f \cos(\alpha + \varepsilon) \times \\ \times \exp[-f(\pi + 2\varphi)] \}}. \quad (9)$$

С другой стороны, полагая, что $\min \bar{N} = 0$, находим из уравнения (7):

$$\gamma = \frac{\frac{\lambda}{f} \{1 - \exp[-f(\pi + 2\varphi)]\}}{\sin \varphi + 2 \sqrt{\frac{1+f^2}{1+4f^2}} \{ \sin(\alpha + \varepsilon + \varphi) + \cos(\alpha + \varepsilon) \times \exp[-f(\pi + 2\varphi)] \}} \quad (10)$$

Приравняв правые части уравнений (9) и (10), получим уравнение, связывающее коэффициент трения f и угол φ_{min} :

$$4f \sqrt{\frac{1+f^2}{1+4f^2}} \cos(\alpha + \varepsilon) = \{ \exp[f(\pi + 2\varphi_{min})] - 1 \} \times \\ \times \left[\cos \varphi_{min} + 2 \sqrt{\frac{1+f^2}{1+4f^2}} \cos(\alpha + \varepsilon + \varphi_{min}) \right] - \\ - 2f \left[\sin \varphi_{min} + 2 \sqrt{\frac{1+f^2}{1+4f^2}} \sin(\alpha + \varepsilon + \varphi_{min}) \right]. \quad (11)$$

Результаты вычисления φ_{min} по уравнению (11) для различных f приведены в таблице.

f	0	0,01	0,02	0,03	0,05	0,07	0,10	0,20	0,30
φ_{min}	0,945	0,936	0,927	0,917	0,905	0,890	0,873	0,800	0,743

Подставляя φ_{min} и f в одну из формул (9) или (10), находим связь между γ и λ . Зависимость γ/λ от величины f приведена на рис. 2.

Как следует из рисунка, с увеличением коэффициента трения f отношение γ/λ монотонно уменьшается, т. е. с возрастанием коэффициента трения минимальная окружная скорость сушильного агента должна повышаться, ибо $\frac{\gamma}{\lambda} = \frac{4}{3} \frac{g}{v^2} \frac{\rho_1 d}{\rho c}$. Подставляя для данного f значение γ/λ в формулу (6), находим те значения λ , для которых справедливо предположение о малости u , т. е. $u \ll 1$. Так, для $f = 0$ (движение без трения) получаем $\gamma = 1,14\lambda$ и, принимая $u = 0,1$, находим, что условие (5) выполняется, если $\lambda \leq 0,011$.

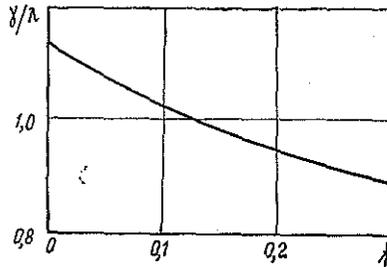


Рис. 2

В частности, при $\rho = 0,60 \text{ кг/м}^3$, $\rho_1 = 1,0 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, $c = 0,6$ и $R = 0,2$ м значению $\lambda \leq 0,011$ соответствует приведенный диаметр частицы $d \geq 5,0$ мм.

Минимальную окружную скорость сушильного агента определяем из формулы

$$v_{min} = \sqrt{\frac{4}{3} \frac{\rho_1 d}{\rho c} \left(\frac{\lambda}{\gamma} \right) g}, \quad (12)$$

которая показывает, что минимальная скорость агента не зависит от радиуса вихревой камеры.

Формула (12) справедлива для древесных частиц кусковой формы (щепы, опилки), длина и поперечные размеры которых близки между собой. Возможность применения ее для длинных плоских частиц, например стружки, требует проверки.

Следовательно, для обеспечения устойчивой работы вихревой сушильной камеры необходимо, чтобы окружная скорость сушильного агента была больше некоторого минимального значения, определяемого формулой (12).

УДК 674.048.3

**ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ
МНОГОКОМПОНЕНТНОГО ЗАЩИТНОГО СРЕДСТВА ПБТ***Л. К. ЛЕБЕДЕВА, Л. М. ЧАЩИНА, К. И. КИШКИНА,
Ю. А. ВАРФОЛОМЕЕВ, Е. М. ЗЯБЛОВА*

ЦИИМОД

Пентахлорфенолят натрия (ПХФН), широко применяемый для антисептирования пиломатериалов, по степени воздействия на организм относится к веществам первого класса опасности*. Кроме того, вследствие малой проникающей способности, ПХФН адсорбируется лишь в поверхностном слое древесины до 0,5 мм и не уничтожает грибы, проникшие более глубоко. В комбинированных препаратах можно снизить содержание наиболее токсичных соединений, обеспечив при этом более высокий эффект защитного действия, чем при обработке отдельными компонентами.

В ЦИИМОДе разработано комбинированное защитное средство ПБТ, содержащее по массе: ПХФН — 40 %, буру — 35, тиомочевину — 10, кальцинированную соду — 13, минеральное масло — 2 %. Бура и тиомочевина обладают хорошей проникающей способностью и защищают древесину от грибов, более глубоко проникающих. ПХФН обеспечивает качественную защиту поверхностной зоны. С помощью кальцинированной соды создается щелочная среда для стабилизации рабочего раствора, а также в определенной степени усиливается фунгицидное действие защитного средства. Минеральное масло снижает пыление порошкообразного средства при использовании.

В лабораторных условиях были определены предварительные концентрации пропиоточных растворов ПБТ. С целью оценки технологических и защитных характеристик при действии производственных и атмосферных условий были проведены широкие производственные испытания этого препарата на лесопильно-деревообрабатывающих предприятиях в различных климатических зонах страны. В испытаниях использовали свежераспиленные экспортные пиломатериалы с начальной влажностью 80...120 %, содержащие значительный процент заболонной древесины, которая наиболее подвержена поражению деревоокрашивающими и плесневыми грибами. В пиломатериалах толщиной до 30 мм соотношение заболони и ядра в среднем составляло 70 : 30, в пиломатериалах толщиной более 30 мм — 40 : 60. Период времени между распиловкой и антисептированием пиломатериалов в ванне способом окунания не превышал 12 ч. Объем партии испытываемых пиломатериалов составлял 50...70 м³.

На первом этапе испытаний оценивали принципиальную возможность и эффективность применения на производстве средства ПБТ. Антисептированные и контрольные (необработанные) сосновые экспортные пиломатериалы 4-го сорта (сечением 22 × 100 мм) выдерживали сырыми в плотных пакетах на заводе «Красный Октябрь» в течение августа, наиболее благоприятного месяца для развития грибов. Для сравнения использовали антисептики ПХФН и ГР-48П в тех же концентрациях, что и ПБТ. Через месяц на антисептированных пиломатериалах были обнаружены незначительные поражения деревоокрашивающими и плесневыми грибами. При концентрации растворов 0,5 % поражение составило: для ПБТ — 55,8, ПХФН — 65,5, ГР-48П — 24,9 %, а при концентрациях 1,0 и 2,0 % — для ПБТ соответственно 25,2 и 4,3 %, ПХФН — 36,4 и 9,5 %, ГР-48П — 9,3 % и 0. Эти поражения не вызвали пересортицы антисептированных пиломатериалов согласно ГОСТ 26002—83 «Пиломатериалы хвойных пород северной сортровки, поставляемые на экспорт. Технические условия». Все контрольные (необработанные) пиломатериалы после выдержки в указанных жестких условиях были поражены грибами, причем 94,4 % из них были отбракованы в низшие сорта. Погодные условия и скорость сушки значительно влияют на поражение пиломатериалов грибами, поэтому при антисептировании в разные месяцы применяют растворы различных концентраций. На втором этапе производственных испытаний исследовали защищающую способность растворов ПБТ нескольких концентраций в разные месяцы сезона антисептирования, который на территории СССР охватывает преимущественно летний период с июня по сентябрь. С этой целью в начале каждого месяца опытные партии пиломатериалов различных сечений на Соломбальском ЛДК обрабатывали растворами ПБТ четырех концентраций: 0,5 %; 1,0; 1,5 и 2,0 %. Для сравнения испытывали необработанные контрольные пиломатериалы. В процессе атмосферной сушки систематически контролировали влажность древесины. В зависимости от размеров пиломатериалов и погодных условий период сушки до требуемой влажности 18...22 % составлял от 15 до 40 сут. После этого пиломатериалы перебирали и визуально оценивали их качество.

* СН 245—71. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий.— М., 1972.— 96 с.

Таблица 1

Поражение деревообрабатывающими и плесневыми грибами пиломатериалов, антисептированных средством ПБТ в различные месяцы атмосферной сушки

Год и месяц обработки	Порода древесины	Сечение пиломатериалов, мм	Количество пиломатериалов, %, пораженных деревообрабатывающими и плесневыми грибами, при концентрации раствора, %					
			0	0,5	1,0	1,5	2,0	
1975 г.	июнь	Сосна	25 × 125	$\frac{49,5}{2,5}$	$\frac{3,0}{0}$	0	0	0
			38 × 115	$\frac{6,0}{-}$	0	0	0	0
	июль	»	25 × 125	$\frac{49,2}{13,8}$	$\frac{1,8}{0,2}$	$\frac{0,8}{0}$	0	0
			38 × 115	$\frac{10,6}{-}$	$\frac{1,4}{0}$	0	0	0
	август	»	25 × 100	$\frac{62,4}{7,6}$	$\frac{2,5}{0}$	$\frac{0,5}{0}$	0	0
			32 × 100	$\frac{37,1}{3,2}$	$\frac{0,9}{0}$	$\frac{0,4}{0}$	0	0
	сентябрь	»	25 × 100	$\frac{17,5}{22,7}$	$\frac{0,8}{0}$	0	0	0
			38 × 115	$\frac{4,7}{-}$	0	0	0	0
1976 г.	июнь	»	25 × 100	$\frac{42,0}{-}$	$\frac{2,4}{0}$	0	0	0
			38 × 100	$\frac{2,8}{-}$	0	0	0	0
	июль	»	25 × 100	$\frac{32,8}{21,2}$	$\frac{5,1}{0}$	$\frac{0,9}{0}$	0	0
			50 × 100	$\frac{24,6}{-}$	$\frac{1,0}{0}$	0	0	0
	»	Ель	22 × 100	$\frac{25,7}{10,0}$	-	$\frac{1,5}{0}$	0	-
			75 × 225	$\frac{9,6}{-}$	-	0	0	-
	август	Сосна	25 × 100	$\frac{17,7}{66,3}$	$\frac{4,3}{0}$	0	0	0
			50 × 100	$\frac{22,0}{-}$	$\frac{0,5}{0}$	0	0	0

Примечание. В числителе данные для пиломатериалов с допускаемыми поражениями без перехода в низшие сорта; в знаменателе — для отбракованных в низшие сорта.

По результатам испытаний (табл. 1) изменение концентрации пропиточных растворов ПБТ в разные месяцы сезона антисептирования влияло только на количество незначительных биопоражений древесины, которые не вызывали снижения сортности пиломатериалов.

На третьем этапе испытаний оценивали эффективность применения средства ПБТ для антисептирования пиломатериалов на предприятиях, расположенных в разных климатических зонах СССР и различающихся сырьем (породами древесины), технологией сортировки, сушки, хранения и транспортирования готовой продукции. В соответствии с применяемой технологией на заводе «Красный Октябрь», Архангельском ЛДК-2, Петрозаводском лесопильно-мебельном комбинате (ЛМК) и Тавдинском лескомбинате (ЛК) исследуемые партии антисептированных и контрольных (исаптец-

Таблица 2
Поражение антисептированных пиломатериалов деревоокрашивающими и плесневыми грибами при атмосферной сушке в разных климатических зонах СССР

Предприятие	Номер климатической зоны	Порода древесины	Сечение пиломатериалов, мм	Сорт (до испытания)	Переход испытанных пиломатериалов в различные сорта			
					Концентрация раствора, %	в 4-й сорт	в 5-й сорт	в сорта высшего сорта
Архангельский ЛДК-2	1	Ель	22 × 100	Бессортные	1,0	0	0	0
Архангельский ЭПЗ «Красный Октябрь»	1	Сосна	22 × 100	1	1,6	32,23	0	0
Петрозаводский ЛМК	2	Ель	25 × 100	»	1,0	1,14	0	0
Тавдинский ЛК (Урал)	1	Сосна	25 × 150	»	1,5	40,13	13,98	12,24
Канский ЛДК (Восточная Сибирь)	3	»	24 × 120	4	1,5	6,26	1,10	0
Сыктывкарский ЛДК	1	»	24 × 150	4	1,5	—	0,17	0
							90,79	8,03
							0,14	0
							0	8,29
							7,30	

Примечание. В числителе данные для пиломатериалов, обработанных ПБТ; в знаменателе — необработанных (контрольных).

тированных) пиломатериалов укладывали сразу на атмосферную сушку, а с Канского и Сыктывкарского лесопильно-деревообрабатывающих комбинатов антисептированные после распиловки пиломатериалы сырыми отправляли в Новороссийский лесной порт для атмосферной сушки. Приведенные в табл. 2 результаты испытаний показали, что во всех климатических зонах СССР растворы ПБТ в рекомендуемых концентрациях надежно защищают древесину против действия деревоокрашивающих и плесневых грибов. Наибольший эффект был получен при использовании ПБТ для антисептирования свежераспиленных пиломатериалов, предназначенных для транспортирования в сыром виде на большие расстояния с последующей сушкой.

На препарат ПБТ разработана необходимая нормативно-техническая документация: ТУ 13—229—75 «Антисептик, Препарат ПБТ» и ГОСТ 23951—80 «Средства защитные для древесины. Препарат ПБТ антисептический. Технические условия». С помощью несложного оборудования на заводе «Красный Октябрь» произведено около 400 т

антисептика ПБТ. Применение этого препарата рекомендовано ГОСТ 10950—78 «Пиломатериалы и заготовки. Антисептирование способом погружения» и «Инструкцией по антисептированию пиломатериалов хвойных пород», разработанной в ЦНИИМОДе в 1985 г.

УДК 621.824.6

ФРЕТТИНГ-УСТАЛОСТЬ ДЛИННЫХ ПОЛЫХ ВАЛОВ

А. И. ЗАЙЦЕВ

Архангельский лесотехнический институт

В целлюлозно-бумажной промышленности широко используют длинные полые валы, в частности, при изготовлении двухпролетных транспортирующих винтов вакуум-фильтров. Такие валы стыкуют из двух или трех отрезков труб, в местах стыков внутри труб делают проточки и ставят втулки для центровки и жесткости. Они выполняют одновременно роль подкладочных колец для односторонних кольцевых сварных соединений. При вращении валов вследствие их изгиба возникают циклические перемещения с амплитудой 0,01...0,05 мм между центрующими втулками и валом-трубой. Это вызывает фреттинг-усталость металла на поверхности контакта двух сопрягаемых деталей, которая приводит к усталостному разрушению. Трещины усталости при фреттинге образуются при малых напряжениях, так например, для углеродистой стали при $\sim 30 \dots 50$ МПа ($3 \dots 5$ кгс/мм² [3, с. 108]). Концентрация напряжений у краев контакта и фреттинг приводит к значительному снижению прочности деталей (в 3—6 раз), а в некоторых случаях — до 20 раз [1, с. 200, табл. 14].

Активность протекания фреттинг-процессов зависит более чем от пятидесяти факторов [2, с. 221; 4, с. 477; 5, с. 159]. Один из наиболее существенных факторов — относительное перемещение контактирующих поверхностей. Для минимизации или предотвращения фреттинга используют ряд приемов [4, с. 493—494], но только два из них позволяют полностью его исключить: 1) полное разделение контактирующих поверхностей; 2) исключение возможности относительного движения контактирующих поверхностей. Для уменьшения относительного перемещения контактирующих поверхностей центрующих втулок и вала-трубы места стыковки отдельных отрезков труб следует выбирать не произвольно, а с учетом формы изогнутой оси вала.

Кривизну линии $y = f(x)$ вычисляем по формуле [1, с. 500]

$$K = \frac{|y''|}{(1 + y'^2)^{3/2}}.$$

Если $y'' = 0$, то кривизна равна нулю, радиус кривизны равен бесконечности. Это соответствует точкам перегиба или прямолинейным участкам линии.

Из дифференциального уравнения упругой линии стержня $EIy'' = M$ [6, с. 144] следует, что кривизна равняется нулю в том случае, когда изгибающий момент в сечении равен нулю. Это позволяет определить места сечений вала, в которых нормальные напряжения и кривизна стремятся к нулю. При устройстве стыков отрезков труб длинных валов в этих сечениях относительное перемещение контактирующих поверхностей центрующих втулок и вала-трубы также стремится к нулю, а это ведет к исключению фреттинг-процессов. Для определения опорных моментов в статически неопределимых конструкциях валов используем уравнение трех моментов, которое при постоянном поперечном сечении вала имеет вид:

$$\begin{aligned} M_{n-1} l_n + 2M_n (l_n + l_{n+1}) + 2M_{n+1} l_{n+1} = \\ = -6 \left(\frac{\omega_n a_n}{l_n} + \frac{\omega_{n+1} b_{n+1}}{l_{n+1}} \right), \end{aligned}$$

где M_{n-1} , M_n , M_{n+1} — момент на опорах $n-1$, n , $n+1$;

l_n , l_{n+1} — длины n - и $n+1$ -го пролетов;

ω_n , ω_{n+1} — площади эпюр изгибающих моментов от заданной нагрузки в основной системе соответственно в пролетах n и $n+1$;

a_n — расстояние от центра тяжести ω_n до левой опоры $n-1$;

b_{n+1} — расстояние от центра тяжести ω_{n+1} до правой опоры $n+1$.

Вычислив опорные моменты, составляем уравнения изгибающих моментов для произвольного сечения x статически неопределимого вала:

$$M_{nx} = M_{nx}^0 + \frac{M_n - M_{n-1}}{l_n} x + M_{n-1}.$$

Здесь M_{nx}^0 — изгибающий момент от внешней нагрузки, вычисляемой для простой балки.

Из условия $M_{пх} = 0$ определяем абсциссы поперечных сечений вала, в которых следует размещать стыки труб.

В длинных валах, работающих на кручение, основная нагрузка, вызывающая изгиб,— собственный вес, который равномерно распределяется по длине. В таблице приведены результаты расчета по предложенному способу для различных случаев опирания и крепления валов в подшипниковых узлах (жесткость при изгибе $EI = \text{const}$).

Расчетная схема и эпюра M	Значения абсцисс сечения
	$x = 0,75l$
	$x = 0,211l$
	$x_1 = l_1 - \frac{1}{4l_1} \frac{l_1^3 + l_2^3}{l_1 + l_2}$ $x_2 = l_2 - \frac{1}{4l_2} \frac{l_1^3 + l_2^3}{l_1 + l_2}$
	$x_1 = 0,195l$ $x_2 = 0,733l$ $x_3 = 0,214l$
	$x = 0,211l$

Итак, с целью защиты длинных полых валов от фреттинг-усталости стыки отрезков труб при их изготовлении следует располагать в сечениях, указанных в таблице, или определять их положение предложенным способом. В местах указанных сечений колебательные перемещения между валом-трубой и центрирующими втулками относительно друг друга при вращении вала будут наименьшими. В этих сечениях нормальные напряжения стремятся к нулю, условия для возникновения фреттинг-усталости уменьшаются.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Выгодский М. Я. Справочник по высшей математике.— 8-е изд.— М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1966.— 872 с. [2]. Галего Н. Л., Алябьев А. Я., Шевеля В. В. Фреттинг-коррозия металлов.— Киев: Техника, 1974.— 272 с. [3]. Когаев В. П. Расчет на прочность при напряжениях переменных во времени.— М.: Машиностроение, 1977.— 232 с. [4]. Коллинз Дж. Повреждение материалов в конструкциях. Анализ, предсказание, предотвращение: Пер с англ.— М.: Мир, 1984.— 624 с. [5]. Обработка поверхности и надежность материалов / Пер с англ.; Под ред. Дж. Бурке, Ф. Вайса.— М.: Мир, 1984.— 192 с. [6]. Феодосьев В. И. Сопrotивление материалов.— 3-е изд., испр. и доп.— М.: Наука, 1964.— 540 с.

ИСТОРИЯ НАУКИ

К 250-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ
АНДРЕЯ ТИМОФЕЕВИЧА БОЛОТОВА

В созвездии блистательных имен первопроходцев отечественного лесоводства одно из первых мест принадлежит Андрею Тимофеевичу Болотову. В историю России он вошел как ученый-энциклопедист и просветитель, писатель и мемуарист, один из основоположников русской агрономической науки.

Его деятельность и печатные труды по лесоводству — выдающиеся явления своего времени — не утратили значения и сегодня. Но, как это, к сожалению, часто бывало в русской действительности, они долгое время не были оценены по заслугам. Достаточно сказать, что в библиографическом разделе «Лесного журнала», основанного в год смерти ученого, тщетно искать его труды. Нет ссылок на лесоводственные работы А. Т. Болотова и в книге Ф. К. Арнольда «История лесоводства в России, Франции и Германии» (1895). Не удостоились они внимания и в более поздних печатных трудах по лесоводству и лесоустройству.

Лишь спустя 120 лет после смерти А. Т. Болотова его имя как ученого было возвращено из полужабития И. С. Мелеховым, редактировавшим второе издание капитального труда М. Е. Ткаченко «Общее лесоводство» (1952; доп. тираж 1955) и написавшим заключительную главу «Из истории отечественного лесоводства». В 1957 г. издательство АН СССР выпустило книгу И. С. Мелехова «Очерк развития науки о лесе в России». В ней автор обстоятельно показал значение лесоводственных трудов А. Т. Болотова и его роль в зарождении самобытного русского лесоводства, поместил портрет ученого и привел фотокопию первой страницы одного из интереснейших сочинений «О рублении, поправлении и заведении лесов». Примечательно, что выдержка из этого сочинения взята И. Г. Бейлиным в качестве эпитафии к «Очеркам по истории лесных обществ дореволюционной России» (1962), где А. Т. Болотову по праву отведено первое место. В журнале «Лесное хозяйство» № 9 за 1958 г. появляется статья Л. Ф. Правдина «Андрей Тимофеевич Болотов — основоположник русского лесоводства». О нем как лесоводе написали в редакционной статье к «Избранным сочинениям по агрономии, плодоводству, лесоводству, ботанике» И. М. Поляков и А. П. Бердышев (1952). Книга эта выпущена Московским обществом испытателей природы.

Возвращение славного имени Болотова-лесовода — это и восстановление многих приоритетов русской лесной науки. Сделавшие это выполнили за всех нас, причастных к лесному делу, не только исторический, но и нравственный долг.

Одна из последних публикаций об А. Т. Болотове «У истоков русского лесоводства» напечатана под рубрикой «Яркие биографии» в научно-популярном ежегоднике «Лес и человек» (1988) (автор И. С. Мелехов).

Не повторяя сказанного в этих интересных публикациях о Болотове-лесоводе, дополним их некоторыми штрихами.

Андрей Тимофеевич Болотов родился 7 октября (ст. стиля) 1738 г. в дер. Дворяниново Алексинского уезда Тульской губернии (ныне Заокский район Тульской области) в старинной родовитой, но обедневшей помещичьей семье. Десятилетним мальчиком был записан солдатом в Архангелогородский полк, которым командовал его отец. Когда Андрею было 12 лет, умер отец, а через два года не стало матери. Получив домашнее образование, он в неполные 17 лет начал регулярную военную службу в чине сержанта. Девятнадцатилетний офицер Болотов участвовал в Семилетней войне; с 1761 г. — флигель-адъютант генерал-полцимейстера Петербурга. В 1762 г. по указу «О вольности дворянства» капитан Болотов вышел в отставку, уехал в Дворяниново и повел спокойную, размеренную жизнь, заполненную неустанными трудами. Небольшое и бедное имение не могло обеспечить необходимые условия для жизни и большой научной деятельности. В 1774 г. он принял предложение на должность управляющего дворцовыми именьями Екатерины II в Тульской и Московской губерниях. Через 22 года А. Т. Болотов оставляет эту службу, возвращается в Дворяниново и живет там до конца дней своих, продолжая плодотворно работать. Всю долгую жизнь он занимался самообразованием в области истории, философии, естествознания. Им созданы образцовые сельское, садово-парковое и лесное хозяйства, написано множество научных статей и различных публикаций, которые по оценке спецна-листам «умещаются в 350 томах обыкновенного формата». Александр Блок назвал

А. Т. Болотова «наиболее плодовитым писателем» (Блок А. Болотов и Новиков // Собр. соч.— Л., 1934.— Т. 11.— С. 9).

Из многочисленных сочинений А. Т. Болотова особое место занимают его автобиографические записки «Жизнь и приключения Андрея Болотова, описанные им самим для своих потомков», прекрасно изданные в четырех томах (СПб., 1870—1873). Второе издание их осуществлено в трех томах при «сильном сокращении» в 1931 г. под редакцией А. В. Луначарского. В 1986 г. издательство «Современник» выпустило однотомник этих замечательных записок. Настало время издать автобиографические записки в их полном объеме, так как любое сокращение, тем более сильное, резко снижает колорит повествования и не дает полного представления об авторе и его времени.

Большую роль в жизни и научной деятельности А. Т. Болотова сыграло Вольное экономическое общество, созданное в 1765 г. В трудах этого общества с 1766 г. по 1807 г. было опубликовано 37 научных статей Болотова. Для более широкой и своевременной публикации научных трудов А. Т. Болотов в 1778 г. начал издавать свой собственный журнал «Сельский житель», один из первых сельскохозяйственных журналов России, на титуле которого дополнено «Экономическое в пользу деревенских жителей служащее издание». Печатался журнал в типографии Московского университета. С 1780 г. его сменил другой журнал «Экономический магазин», или «Собрание всяких экономических известий, опытов, открытий, примечаний, наставлений, записок и советов, относящихся до земледелия, скотоводства, до садов и огородов, до лугов, лесов, прудов, разных продуктов, до деревенских строений, домашних лекарств, врачебных трав и до других всяких нужных и не бесполезных городским и деревенским жителям вещей, в пользу российских домостроителей и других любопытных людей...» Журнал печатался в издательстве Н. И. Новикова с 1780 г. по 1789 г. как приложение к газете «Московские ведомости». А. Т. Болотов был автором-редактором и все статьи (свыше 4 тыс.) в обоих журналах написал сам. Было издано 42 тома «Экономического магазина».

Многогранный талант Болотова-лесоведа раскрылся в первой же обстоятельной работе «О рублении, поправлении и заведении лесов», опубликованной в «Трудах вольного экономического общества» (1766.— Ч. 4.— С. 68—149; 1767.— Ч. 5.— С. 78—130). В ней он предстает как теоретик и умудренный практическим опытом лесоустроитель: «Главнейшим правилом при возобновлении вырубленных частей, равно как и при заведении новых и в рассуждении всех лесов, генерально почитаю я, чтоб неотменно стараться лес в такое состояние приводить, чтоб в нем ни одного шага земли напрасно не гуляло, но каждый, так сказать, фут приносил бы такую пользу, какую только он приносить может». Применяя в своем хозяйстве лесоустроительный метод простого деления леса на лесосеки и ратуя за сплошные рубки, Болотов предвосхитил учение о спелости леса и оборотах рубки. «Дела,— писал он,— которые до лесов вообще принадлежали и всягодно отправляемы должны быть, так связаны между собою, что представляют, так сказать, цепь из многих членов составленную, которую никогда прерывать не должно. В противном случае, буде в один год или в чем-нибудь упущение сделается, то во всем беспорядок произойдет, который после исправлять трудно, или совсем невозможно будет...» И далее: «Лес надобно разделять на многие равные части, и из них, вырубая каждый год по одной, необходимо того наблюдения, чтоб по срублении последней первая бы уже опять к вырубанию поспела». Он предлагал разделять лиственный дровяной лес на 20, а строевой — на 40 частей, хвойные — на 80 частей. Таким образом, А. Т. Болотов рекомендовал в тех условиях ведения лесного хозяйства 20-, 40- и 80-летние обороты рубок с учетом выращиваемой породы и необходимой товарной древесины. Свои научные рекомендации ученый получал из практического опыта и проверял их опытом.

Умер А. Т. Болотов 4 октября (ст. стиля) 1833 г. в возрасте 95 лет и похоронен на сельском кладбище в дер. Русятино.

Потомки чтут память об Андрее Тимофеевиче Болотове. К 250-летию ученого в Дворянщине восстановлен дом Болотовых и открыт музей-усадебка, приведена в порядок его могилка, а местному колхозу присвоено имя Болотова. В Богородицке, где он служил управляющим дворцовым имением, реставрирован дворец, разрушенный в годы войны, и установлен памятник ученому.

О. А. Неволин

Архангельский лесотехнический институт

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

УДК 630*907 (049.3)

КНИГА О ХОЗЯЙСТВЕ В РЕКРЕАЦИОННЫХ ЛЕСАХ*

В рецензируемой книге сделана попытка критически проанализировать опыт ведения хозяйства в лесах рекреационного назначения и предложить теоретические и практические рекомендации формирования рекреационных лесов будущего.

Первый раздел книги посвящен теоретическим основам рекреационного лесопользования. Автором предложено понятие «оптимально-рекреационный лес» и качественная оценка параметров этого понятия. Здесь же введен новый термин «аттракторность рекреационного леса». Значительное место в книге уделено раскрытию содержания, вложенного автором в этот термин, приведена методика изучения аттракторности, ее связь с такими факторами, как удаленность, благоустройство, наличие водных источников, грибов, ягод, лекарственного сырья, эмоциональное воздействие леса на человека. Обращение к последнему фактору вызвало необходимость критического анализа существующих шкал эстетической оценки лесных участков с использованием статистических методов. В результате выделено три признака лесного ландшафта, оказывающих эмоциональное воздействие на человека.

В работе определена взаимосвязь аттракторности участка и природной емкости рекреационного леса. На основе исследований автора подробно рассмотрены такие факторы благотворного воздействия рекреационного леса на человека, как фильтрующая способность леса, корректировка температуры и влажности воздуха, выделение фотосинтетического кислорода, ионизация атмосферного воздуха, фитонцидность, наличие в воздухе биологически активных веществ, микроклиматическая обстановка под пологом леса, способность воздействовать на психическое состояние человека.

Рассматривая взаимодействие леса и отдыхающего в нем человека, В. Я. Курамшин формулирует основные принципы хозяйствования в рекреационном лесу, своеобразии производительности и продуктивности, особенности формирования возрастной структуры, применения принципа непрерывности и неистощительности пользования. В частности, сделан вывод о необходимости выборочной формы хозяйства.

Во второй части книги автором рассмотрены компоненты рекреационного леса как единой ландшафтно-планировочной системы, что вызвало необходимость определения понятия «лесопарковый ландшафт». Дан критический обзор существующих определений лесопаркового ландшафта, сформулировано понятие «оптимальный лесопарковый ландшафт», предложена его классификация и принципы формирования облика.

Систему мероприятий по формированию и поддержанию оптимального лесопаркового ландшафта В. Я. Курамшин понимает как оперативное искусство ведения хозяйства. Автор раскрывает содержание внедренного в Москворецком леспаркхозе маршрутного способа ведения хозяйства на основе постоянных хозяйственных участков и приемы формирования маршрутов.

В третьем разделе книги рассмотрены основные хозяйственные мероприятия в рекреационном лесу. Автором разработана акцентно-фоновая классификация деревьев, на основе которой проводится санитарно-ландшафтный метод рубок ухода.

Четвертый раздел книги посвящен технологии формирования оптимально-рекреационного леса. В этом разделе затронуты вопросы материально-технического обеспечения рубок ухода, создания культур, благоустройства, требования к посадочному материалу, использованию древесины от рубок ухода. В пятом разделе рассмотрены вопросы перспективного и текущего проектирования.

В заключение дается понятие «оперативного лесоводства» как формы хозяйствования, наиболее полно отвечающей динамической природе леса. Для создания автоматизированной системы оперативного лесоводства в Москворецком леспаркхозе внедряется электронно-вычислительная техника, которая позволит проводить лесоводственный и экономический анализ деятельности предприятия, а также расчет вариантов планового решения. С внедрением ЭВМ появится возможность отказаться от лесоустройства в его традиционном понимании и за счет постоянной актуализации базы данных в памяти ЭВМ перейти к непрерывной инвентаризации.

Книга В. Я. Курамшина несомненно вызовет дискуссию по многим высказанным в ней предложениям, однако это не снижает ее новизны и практической ценности.

В. С. Чуенков, А. Ф. Баранов
ВНИИЛМ

* Курамшин В. Я. Ведение хозяйства в рекреационных лесах.— М.: Агропромиздат, 1988.— 206 с.

СОДЕРЖАНИЕ

- Е. С. Романов.* Новые планы, новые надежды 3

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

- Е. И. Цурик.* Особенности организации хозяйства в заповедных лесах Украинских Карпат 5
- Нгуен Нгок Лунг.* Моделирование роста и производительности тропических сосняков (*Pinus kesiya*) 8
- Г. С. Разин.* Влияние начальной густоты елового древостоя на его продуктивность 13
- М. Ю. Попков.* Определение предельной густоты и полноты сосновых древостоев 17
- Н. С. Полончук.* Оценка некоторых методов определения текущего прироста сосновых насаждений 21

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

- Н. П. Дергунов, А. С. Еремян, А. Г. Щелкунов.* Возможности повышения производительности раскряжевочной установки ЛЮ-15С при применении следящих систем 27
- И. И. Слепко.* К методике расчета несущего каната 31
- М. В. Кондаков.* Расчетная схема упругого манипулятора 36
- С. П. Дорохов.* Поиск оптимальной по минимуму времени пространственной траектории переноса груза-хлыста в раскряжевочной установке поворотным манипулятором 41
- И. Н. Ощипок, Ю. Г. Савицкий.* К вопросу аналитического определения момента инерции падающего дерева и силы его удара на приемные органы валочной машины 46

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

- Ю. Г. Павлов, И. Р. Ярмухамметов, Д. М. Озерский.* Микропроцессорное управление резанием фибровых материалов 50
- Г. Н. Берстенева.* Особенности распиловки тонкомерного березового сырья при выработке заготовок для однослойных щитов паркета 55
- Ю. М. Стахив, С. В. Еришов, В. В. Макаров.* О согласовании степени проковки (вальцевания) с частотой вращения круглой пилы 59
- Н. К. Чернышева, Л. А. Маслова.* Испытания антисептиков на основе отходов алюминиевого производства 64
- В. В. Шостак.* Влияние показателей ремонтного цикла на параметр потока отказов линии прессования древесностружечных плит 67

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

- С. Ю. Маслов, Д. А. Сухов.* Исследование целлюлозы методом ИК Фурье-спектроскопии с математическим улучшением разрешения 71
- Л. Г. Примачева, Т. Н. Адрианова, Ю. И. Холькин.* Молекулярно-массовая характеристика лигносульфонатов бисульфитной варки, подвергнутых окислительному модифицированию 76
- Б. Д. Богомолов, В. А. Пивоварова, О. Ф. Горбунова.* Фотоколориметрическое определение антрахинона в щелочной среде 81
- А. И. Ламоткин, А. Н. Проневич, Г. С. Турук.* Полимеризация живичного и экстракционного скипидаров в неподвижном слое катализатора 86

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

А. П. Петров, Г. В. Шаранова. Об измерении экономической эффективности безотходных производств в комплексных лесных предприятиях	90
Г. А. Прешкин. Модель рационального использования лесосырьевых запасов	93
П. Жиковски. Основная модель системы управления производством мебели с применением ЭВМ	96
В. Собоtkова. Экономические показатели деятельности лесных питомников в ЧССР	102
М. Д. Каргополов. Планирование сортиментной программы лесозаготовительным предприятиям при помощи экономико-математических моделей	106

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

И. И. Гусев, С. В. Ярославцев. Структура ельников Крайнего Севера	111
А. В. Цилорик, Г. Г. Русин, Н. И. Охримук. Эффективность применения капсулированных кремнийорганикой минеральных удобрений при выращивании семян сосны обыкновенной	113
Д. Н. Мамонов. Фитомасса кроп сосны в условиях Иркутской области	115
П. Н. Таргонский. Влияние факторов среды, способов обработки и сроков хранения семян брусники на их прорастание	117
В. М. Азаренков. Определение нагрузки на головную опору реевого бона	118
Э. А. Келлер. Определение критических оборотов системы привода бензиномоторных пил	120
А. К. Леонтьев. Об устойчивом движении древесных частиц в вихревой сушильной камере	123
Л. К. Лебедева, Л. М. Чащина, К. И. Кишкина, Ю. А. Варфоломеев, Я. М. Зяблова. Производственные испытания многокомпонентного защитного средства ПБТ	126
А. И. Зайцев. Фреттинг-усталость длинных полых валов	129

ИСТОРИЯ НАУКИ

О. А. Неволин. К 250-летию со дня рождения Андрея Тимофеевича Болотова	131
--	-----

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

В. С. Чуенков, А. Ф. Баранов. Книга о хозяйстве в рекреационных лесах	134
---	-----

Рефераты	138
Указатель статей, помещенных в «Лесном журнале» за 1988 год	141

CONTENTS

<i>E. S. Romanov.</i> New Plans, new Hops	3
<i>FORESTRY</i>	
<i>E. I. Tsurik.</i> Forestry Organisation Features in Forest Reserves of the Ukrainian Carpathians	5
<i>Nguen Ngok Lung.</i> Modelling Growth and Yield of Fast-Growing Pine Forests (<i>Pinus kesiya</i>)	8
<i>G. S. Rasin.</i> Influence of Initial Thickness of Fir-Tree Stands on their Productivity	13
<i>M. Yu. Popkov.</i> Determination of Limiting Density of Pine Stands	17
<i>N. S. Polonchuk.</i> Evaluation of Some Determination Methods of Current Pine Stand Growth	21
<i>FOREST EXPLOITATION</i>	
<i>N. P. Dergunov, A. S. Eremyan, A. G. Shchelkunov.</i> Possibilities for Capacity Increase of Bucking Unit LO-15S when Using Monitoring Systems	27
<i>I. I. Slepko.</i> On Calculation Method of Driving Rope	31
<i>M. V. Kondakov.</i> Structural Model of Resilient Manipulator	36
<i>S. P. Dorokhov.</i> Research into Optimal Minimum Time Space Trajectory in Handling Tree Length Log Load by Rotatable Manipulator in Bucking Unit	41
<i>I. N. Oshchipok, Yu. G. Savitsky.</i> On Problem of Analytical Determination of Inertia Moment of Falling Tree and its Strength Blow on Receiving Organs of Felling Machine	46
<i>MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOOD SCIENCE</i>	
<i>Yu. G. Pavlov, I. P. Yarmuchametov, D. M. Ozersky.</i> Microprocessor Control of Cutting Fibrous Materials	50
<i>G. N. Bersteneva.</i> Features of Sawing Thin Birch Rawwood for Manufacture of Dimensions for Single-Ply Parquet Boards	55
<i>Yu. M. Stakhiev, S. V. Ershov, V. V. Makarov.</i> On Agreement of Rolling Degree with Circular Saw Rotational Speed	59
<i>N. K. Chernysheva, L. A. Maslova.</i> Preservatives Testing on Basis of Aluminium Manufacture	64
<i>V. V. Shostak.</i> Effect of Repair Cycle Indicators upon Failure Rating of Pressing Particleboard Line	67
<i>CHEMICAL WOODWORKING</i>	
<i>S. Yu. Maslov, D. A. Sukhov.</i> Pulp Analysis by IK Furie Method as Mathematically-Accelerated Solution Spectroscopy	71
<i>L. G. Primacheva, T. N. Adrianova, Yu. I. Kholkin.</i> Molecular-Mass Characteristic of Bisulfite Pulping Lignosulphonates Exposed to Exidizing Modification	76
<i>B. D. Bogomolov, V. A. Pivovarova, O. F. Gorbunov.</i> Photocolometric Determination of Alkaline Medium Anitraquinone	81
<i>A. I. Lamotkin, A. N. Pronevich, G. S. Turuk.</i> Polymerization of Common and Stump Turpentine in Fixed Catalyst Layer	86
<i>ECONOMICS AND MANAGEMENT</i>	
<i>A. P. Petrov, G. V. Sharapova.</i> On Dimension of Economic Efficiency of Non-waste Production Complex Forest Enterprises	90
<i>G. A. Preshkin.</i> On Model of Pational Using of Timber Resources	93
<i>P. Zhukovski.</i> Basic Simuiation of Furniture-Making Control System (on a Computer)	96

<i>V. Sobotkova</i> . Forest Nurseries' Economic Records in ChSSR	102
<i>M. D. Kargopolov</i> . Economic-and-Mathematical Simulation of Assortment Programme Planning for Logging Enterprises	106

SUMMERIES AND EXCHANGE OF EXPERIENCE

<i>I. I. Gusev, S. V. Yaroslavtsev</i> . Structure of Far North Spruce Forests	111
<i>A. V. Tsilyurik, G. G. Rusin, N. I. Okhrimuk</i> . Application Efficiency of Silicon-Organic Capsulate Fertilizers at Pine Seedlings Growth	113
<i>D. N. Mamonov</i> . <i>Pinus Silvestris</i> Crown Matter Content in Irkutsk Region	115
<i>P. N. Targonsky</i> . Influence of Environment Factors Methods of Treatment' and Storage Time of Red Bilberries' Seeds on their Germination	117
<i>V. M. Azarenkov</i> . Load Determination of Finboon Shore Anchor	118
<i>E. A. Keller</i> . Determination of Critical Revolutions of Benzine Saw Drive Systems	120
<i>A. K. Leontiev</i> . On Stable Particle Flow in Turbulent Drying Chamber	123
<i>L. K. Lebedeva, L. M. Chashchina, K. I. Kishkina, Yu. A. Varfolomeev, E. M. Zyblovva</i> . Mill Test of Milticomponent Preservative PBT	126
<i>A. I. Zaitsev</i> . Fretting-Fatigue of Long Hollow Rolls	129

HISTORY OF SCIENCE

<i>O. A. Nevolin</i> . Towards 250 th Anniversary of A. T. Bolotov	131
---	-----

CRITIQUE AND BIBLIOGRAPHY

<i>V. S. Chuenkov, A. F. Baranov</i> . Book on Recreation Forestry	134
--	-----

Précis	138
Index	141

РЕФЕРАТЫ

Новые планы, новые надежды. РОМАНОВ Е. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 6, с. 3—4.

УДК 630*627+630*907.1

Особенности организации хозяйства в заповедных лесах Украинских Карпат. ЦУРИК Е. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 6, с. 5—8.

Показана необходимость проведения мероприятий по восстановлению коренного биогеоценологического покрова в заповедных лесах Украинских Карпат, фоновых наблюдений по программе экологического мониторинга и обустройства территории рекреационных лесов. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 630*564

Моделирование роста и производительности тропических сосняков (*Pinus kesiya*). НГУ-ЕН НГОК ЛУНГ. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 6, с. 8—13.

Приведены результаты моделирования производительности древостоев тропической быстрорастущей сосны по двум направлениям. Установлено, что ход роста таких древостоев хорошо аппроксимируется функцией Шумахера. Ил. 1. Табл. 1. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 630*566

Влияние начальной густоты елового древостоя на его продуктивность. РАЗИН Г. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 6, с. 13—16.

Приведены результаты математического моделирования на ЭВМ естественной динамики еловых древостоев различной начальной густоты. Табл. 3. Библиогр. список: 7 назв.

УДК 630*533

Определение предельной густоты и полноты сосновых древостоев. ЦОПКОВ М. Ю. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 6, с. 17—21.

Обсуждены методы определения предельной полноты и густоты древостоев. Описан новый способ определения этих показателей, учитывающий возраст древостоя и размеры деревьев, его составляющих. Ил. 2. Табл. 1. Библиогр. список: 9 назв.

УДК 630*562

Оценка некоторых методов определения текущего прироста сосновых насаждений. ПОЛОНЧУК Н. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 6, с. 21—26.

Показано, что упрощенные методы не обеспечивают надежной точности при определении текущего прироста отдельного древостоя. При массовой таксации текущего прироста насаждений надежные результаты дают методы Е. Герхардта, М. Л. Дворецкого, К. Е. Никитина и таблицы В. В. Антанайтиса. При ориентировочных расчетах объем рубок ухода за лесом можно пользоваться методом Е. Герхардта. Табл. 1. Библиогр. список: 9 назв.

УДК 630*323.4

Возможности повышения производительности раскрывочной установки ЛО-15С при применении следящих систем. ДЕРГУНОВ Н. П.,

ЕРЕМЯН А. С., ЩЕЛКУНОВ А. Г. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 6, с. 27—31.

Рассмотрены требования, предъявляемые к раскрывочной установке, по точности отмера длин сортиментов. Исследованы возможности интенсификации процесса перемещения хлыста под пилу, влияние коэффициента сцепления с траверсами транспортера на процесс перемещения, произведен расчет производительности установки. Ил. 4. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 630*372

К методике расчета несущего каната. СЛЕПКО И. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 6, с. 31—36.

Приведен расчет несущих канатов, закрепленных по концам с податливыми опорами с учетом упругих несовершенств каната и концевых опор. Получено уравнение общего состояния несущего каната многопролетной подвесной установки, нагруженной произвольным числом грузом в пролетах. Ил. 1. Библиогр. список: 10 назв.

УДК 539.3

Расчетная схема упругого манипулятора. КОНДАКОВ М. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 6, с. 36—41.

Предложена универсальная расчетная схема и получены уравнения движения манипулятора с учетом упругих деформаций, позволяющих решать на ЭВМ задачи оптимального проектирования в части определения динамического нагружения конструкции. Ил. 2. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 630*323.4

Поиск оптимальной по минимуму времени пространственной траектории переноса груза хлыста в раскрывочной установке поворотным манипулятором. ДОРОХОВ С. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 6, с. 41—46.

С помощью уравнений Лагранжа—Эйлера обоснована оптимальная по минимуму времени пространственная траектория переноса хлыста манипулятором в раскрывочной установке. Ил. 2.

УДК 630*323.13.001.24

К вопросу аналитического определения момента инерции падающего дерева и силы его удара на приемные органы валочной машины. ОЩИПОК И. Н., САВИЦКИЙ Ю. Г. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 6, с. 46—49.

Выведены зависимости для определения момента инерции и силы удара на приемные органы валочной машины в любой точке плоскости падения дерева. Ил. 2. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 681.513.68

Микропроцессорное управление резанием фибровых материалов. ПАВЛОВ Ю. Г., ЯРМУХАММЕТОВ И. Р., ОЗЕРСКИЙ Д. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 6, с. 50—55.

Получены зависимости, определяющие организацию и ведение диалогового управления технологическим процессом. Ил. 2. Табл. 3. Библиогр. список: 1 назв.

УДК 674.093:69.025.351.3

Особенности распиловки тонкомерного березового сырья при выработке заготовок для однослойных щитов паркета. БЕРСТЕНЕВА Г. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 6, с. 55—59.

Даны рекомендации рациональных способов раскряга бревен на заготовки одного сечения, позволяющих повысить эффективность использования низкокачественного березового сырья. Ил. 4. Табл. 2.

УДК 674.053:621.934

К вопросу о согласовании степени проковки (вальцевания) с частотой вращения круглой пилы. СТАХИЕВ Ю. М., ЕРШОВ С. В., МАКАРОВ В. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 6, с. 59—64.

Приведен метод расчета изгибной жесткости вращающейся круглой пилы, имеющей начальные напряжения, рассмотрено решение прямой и обратной задачи согласования напряженного состояния пилы с частотой ее вращения. Ил. 3. Табл. 2. Библиогр. список: 10 назв.

УДК 674.048.3

Испытания антисептиков на основе отходов алюминиевого производства. ЧЕРНЫШЕВА Н. К., МАСЛОВА Л. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 6, с. 64—67.

Приведены результаты полигонных испытаний стойкости к загниванию древесины, защищенной антисептиками, а также определено падение прочности при статическом поперечном изгибе в первой фазе разрушения, изучен родовой состав грибов-разрушителей. Табл. 1. Библиогр. список: 10 назв.

УДК 674.815-41

Влияние показателей ремонтного цикла на параметр потока отказов линии прессования древесностружечных плит. ШОСТАК В. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 6, с. 67—70.

Исследован характер влияния времени, отработанного линией, порядкового номера межремонтного периода и вида ремонта на параметр потока отказов. Получены уравнения регрессии в нормализованном и явном виде. Табл. 3.

УДК 676.16.014.84:543.422.4

Исследование целлюлозы методом ИК Фурье-спектроскопии с математическим улучшением разрешения. МАСЛОВ С. Ю., СУХОВ Д. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 6, с. 71—76.

Предложен метод оценки молекулярной упорядоченности целлюлозы на основе измерения интегральных интенсивностей полос в деконволюированных спектрах. Ил. 3. Табл. 2. Библиогр. список: 11 назв.

УДК 630*864.001.76

Молекулярно-массовая характеристика лигносульфонатов бисульфитной варки, подвергнутых окислительному модифицированию. ПРИМАЧЕВА Л. Г., АДРИАНОВА Т. Н., ХОЛЬКИН Ю. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 6, с. 76—81.

Методом гель-хроматографии установлено, что нитроокислительной модификацией достигается усреднение молекулярно-массового распределения лигносульфонатов комплекса и снижение его полидисперсности. Ил. 4. Табл. 2. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 630*813

Фотоколориметрическое определение антрахинона в щелочной среде. БОГОМОЛОВ Б. Д., ПИВОВАРОВА В. А., ГОРБУНОВА О. Ф. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 6, с. 81—86.

Использование фотоколориметрического метода позволило проследить количественное

распределение антрахинона и антраона между целлюлозной массой и отработанным щелочком в интервале температур варки 140...180° С. Ил. 1. Табл. 5. Библиогр. список: 7 назв.

УДК 630*892.6:668.481

Полимеризация живичного и экстракционно го скипидаров в неподвижном слое катализатора. ЛАМОТКИН А. И., ПРОНЕВИЧ А. Н., ТУРУК Г. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 6, с. 86—89.

Показано, что пропитка алюмосиликатного катализатора АС-36 и силикагеля КСК приводит к усилению их каталитической активности и повышению выхода политерпенов. Ил. 1. Табл. 1. Библиогр. список: 7 назв.

УДК 630*88.003.13

Об измерении экономической эффективности безотходных производств в комплексах лесных предприятиях. ПЕТРОВ А. П., ШАРАПОВА Г. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 6, с. 90—92.

Рассмотрены вопросы определения экономической эффективности безотходных производств с учетом хозрасчетного дохода. Ил. 2. Табл. 1. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 630*33.001.57

Модель рационального использования лесосырьевых запасов. ПРЕШКИН Г. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 6, с. 93—96.

Приведена постановка задачи и технологическая модель специализации леспромпхозов на выпуск ограниченного числа сортиментов с учетом рационального использования лесосечного фонда. Модель использована в практических расчетах на ЭВМ сортиментных планов объединения Башлес. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 658.012.2«403»

Основная модель системы управления производством мебели с применением ЭВМ. ЖУКОВСКИ П. Изв. высш. учеб. заведений. Лес. журн., 1988, № 6, с. 96—101.

Обсуждена модель информационной системы управления производством мебели с использованием ЭВМ на уровне предприятия (объединения). Модель учитывает изменения параметров во времени. Ил. 2. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 630*6

Экономические показатели деятельности лесных питомников в ЧССР. СОБОТКОВА В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 6, с. 102—106.

Исследованы экономические проблемы развития двух крупных лесопитомников: традиционного в Ржечанах и нового в Брандысе «Зелена Воуда». Табл. 4.

УДК 658.512:330.115

Планирование сортиментной программы лесозаготовительным предприятиям при помощи экономико-математических моделей. КАРГОПОЛОВ М. Д. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 6, с. 106—110.

В основу предлагаемой методики планирования сортиментной программы положена концепция комплексного взаимоувязанного планирования на всех уровнях от Госплана до предприятия. Наибольшее внимание в статье уделено звену объединение—предприятие. Разработана экономико-математическая модель распределения государственного сортиментного заказа по предприятиям. Табл. 2. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 630*524.633

Структура ельников Крайнего Севера. ГУСЕВ И. И., ЯРОСЛАВЦЕВ С. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 6, с. 111—113.

Изучена структура еловых древостоев Крайнего Севера по составу, относительной полноте, запасу, классу бонитета, типу леса. Выявлена зависимость этих показателей от рельефа местности. Ил. 1. Табл. 2. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 630*232.32

Эффективность применения капсулированных кремнийорганикой минеральных удобрений при выращивании сеянцев сосны обыкновенной. ЦИЛЮРИК А. В., РУСИН Г. Г., ОХРИМУК Н. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 6, с. 113—115.

Отмечено повышение устойчивости всходов сосны против полегания и стимуляции их роста под воздействием кремнийорганических препаратов. Табл. 1. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 630*531

Фисомасса крон сосны в условиях Иркутской области. МАМОНОВ Д. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 6, с. 115—116.

Приведены методика и результаты определения фитомассы крон сосновых насаждений Иркутской области. Показано, что фитомасса крон зависит как от возраста, так и от запаса и полноты насаждений. Взаимосвязь фитомассы крон с диаметром наиболее объективно отражается уравнениями парабол второго и третьего порядков. Табл. 2. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 630*18

Влияние факторов среды, способов обработки и сроков хранения семян брусники на их прорастание. ТАРГОНСКИЙ П. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 6, с. 117—118.

Изучено влияние температуры, освещения и способов обработки семян брусники на их прорастание. Наивысшая всхожесть семян получена после их стратификации в течение 4 мес. при температуре 4...6°С и под снегом. Лучшему прорастанию семян брусники в природе способствует прохождение их через желудочно-кишечный тракт некоторых видов птиц. Табл. 1. Библиогр. список: 9 назв.

УДК 630*378.7

Определение нагрузки на головную опору реевого бона. АЗАРЕНКОВ В. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 6, с. 118—120.

Проанализировано изменение нагрузки на головную опору реевого бона в зависимости от ширины полосы молевого леса и рабочего угла α между направлением течения потока и реевым бонем. Получены простые за-

висимости для вычисления этой нагрузки. Ил. 1. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 630*36:621.936.6

Определение критических оборотов системы привода бензиномоторных пил. КЕДЛЕР Э. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 6, с. 120—123.

Исследуются крутильные колебания валов системы привода мотопилы МП-5 «Урал-2». Приведена расчетная модель и результаты теоретико-экспериментального определения спектра собственных частот трансмиссии, получена диаграмма для выявления резонансных зон привода. Ил. 2. Табл. 4. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 66.047.1:536.244

Об устойчивом движении древесных частей в вихревой сушильной камере. ЛЕОНТЬЕВ А. К. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 6, с. 123—125.

Получена формула для расчета минимальной окружной скорости сушильного агента, при которой будет организовано устойчивое круговое движение древесных частей в камере. Ил. 2. Табл. 1.

УДК 674.048.3

Производственные испытания многокомпонентного защитного средства ПБТ. ЛЕБЕДЕВА Л. К., ЧАШКИНА Л. М., КИШКИНА К. И., ВАРФОЛОМЕЕВ Ю. А., ЗЯБЛОВА Е. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 6, с. 126—129.

Даны результаты испытаний комбинированного антисептика ПБТ с компонентами направленного действия на предприятиях, различающихся по технологии производства и расположенных в различных климатических зонах СССР. Табл. 2.

УДК 621.824.6

Фреттинг-усталость длинных полых валов. ЗАЙЦЕВ А. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 6, с. 129—130.

Рассмотрено влияние фреттинг-процессов на прочность длинных полых валов, изготавливаемых из отдельных отрезков труб. Табл. 1. Библиогр. список: 6 назв.

К 250-летию со дня рождения Андрея Тимофеевича Болотова. НЕВОЛИН О. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 6, с. 131—132.

УДК 630*907(049.3)

Книга о хозяйстве в рекреационных лесах. ЧУЕНКОВ В. С., БАРАНОВ А. Ф. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 6, с. 132.

**УКАЗАТЕЛЬ СТАТЕЙ,
ПОМЕЩЕННЫХ В «ЛЕСНОМ ЖУРНАЛЕ»
в 1988 г.**

ПЕРЕДОВЫЕ

- Романов Е. С. Вклад лесной науки в перестройку — каким он будет? № 1—3.
Романов Е. С. От количества к качеству. № 2—3.
Романов Е. С. Совершенствование управления лесным комплексом. № 3—3.
Романов Е. С. Новые планы, новые надежды. № 6—3.
Федотова Е. Д. Курсом XIX партийной конференции. № 5—3.

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

- Аблаев С. М., Дружинин С. В., Пугачев С. И. Влияние стимуляторов роста на развитие семян фисташки настоящей в условиях теплицы. № 5—10.
Азиев Ю. Н., Рихтер И. Э., Сарнацкий В. В. О влиянии растительного покрова на поверхностный сток. № 3—12.
Алексеев В. А. Регуляторы роста древесных растений — галоидные соли гидразиния. № 1—10.
Бабников Б. В. Изменение водопроницаемости торфяников после осушения. № 4—11.
Балабушка В. К. О двух формах гледичии обыкновенной. № 1—14.
Барабин А. И., Пластинин Н. М. Объем заготовки и качество семян хвойных пород в Кировской области. № 4—23.
Герасимов В. А., Дорвер Г. А. Расчет маршрутов авиационного патрулирования лесов как задача оптимального управления. № 5—21.
Гончар М. Т., Сабан Б. А. Опыт выращивания фундука на отвалах открытой добычи серы. № 5—29.
Гусев И. И., Жариков В. М. Динамика формирования годичного слоя ели. № 1—5.
Гусев И. И., Третьяков С. В. Сезонный рост еловых молодяков под пологом сосновых древостоев. № 3—5.
Калинин М. И., Мякуш И. И., Добрынюк Ю. М. Строение корневых систем лесобразующих пород смешанных буково-пихтосеменных насаждений Украинских Карпат. № 3—9.
Калинин М. И., Яцюк О. З. Влияние обрезки корней на рост и развитие семян дуба красного. № 2—5.
Карамышев В. Р., Чинарев В. Я. Динамика перегрузки рабочих органов лесохозяйственных машин с двухпоточной фрикционной предохранительной муфтой. № 2—18.
Ключников Л. Ю. Системный подход к применению гербицидов и арборицидов в лесном хозяйстве. № 4—17.
Котов М. М. Методические основы селекции сосны в Среднем Поволжье. № 3—24.
Лебедев А. В. Характер вершины как показатель состояния и жизнестойкости ели. № 5—17.
Лубова Т. В., Брчаров И. В. Закономерности распределения и варьирования массы ягод клюквы (*Oxycoccus quadripetalus* Gilib). № 2—22.
Мерзленко М. Д. Теоретическая основа общей системы лесокультурного процесса. № 4—7.

- Нгуен Нгок Лунг. Моделирование роста и производительности тропических сосняков. (*Pinus kesiya*). № 6—8.
Петров С. А., Сиволапов А. И. Изменчивость, наследуемость и корреляция полигенных признаков в клоновой популяции сосны обыкновенной. № 1—18.
Подмарьков Н. Ю., Ивашов А. В. Некоторые вопросы биологии и экологии *Cyclogasterella deplanata* Nees. № 2—25.
Полончук Н. С. Оценка некоторых методов определения текущего прироста сосновых насаждений. № 6—21.
Попков М. Ю. Определение предельной густоты и полноты сосновых древостоев. № 6—17.
Разин Г. С. Влияние начальной густоты елового древостоя на его продуктивность. № 6—13.
Рогозин М. В. Защита всходов сосны от полегания при испытаниях потомства деревьев. № 4—15.
Свиридов Л. Т. Аэродинамические свойства лесных семян и их примесей. № 3—21.
Свиридов Л. Т. О некоторых показателях физико-механических свойств лесных семян. № 5—25.
Смирнов С. И. О факторах, определяющих условия произрастания насаждений дуба черешчатого на водораздельных плато в предгорьях Северо-Западного Кавказа. № 3—19.
Теодоронский В. С. Влияние дефолиантов на некоторые физиологические и анатомические показатели древесных растений. № 5—13.
Тетюхин С. В. Объемы стволов лиственницы даурской Магаданской области. № 2—11.
Тихонов А. С., Ромеро Мартинес Х. Х. Рост сосны в городских лесах. № 5—7.
Трещевский Ю. И. Рекреационное лесопользование в Воронежской области. № 1—21.
Тутыгин Г. С. Комплексный химический уход за культурами ели в условиях таежной зоны. № 2—15.
Тышкевич Г. Л. Восстановление буковых лесов в Молдавии. № 4—3.
Цурик Е. И. Особенности организации хозяйства в заповедных лесах Украинских Карпат. № 6—5.
Чураков Б. П. Влияние фитопатогенных грибов на дифференциацию деревьев сосны обыкновенной. № 2—7.
Швиденко А. З., Строчинский А. А., Лакида П. И. Абсолютные полноты и запасы полных искусственных сосновых древостоев Полесья УССР. № 3—15.
Эрская Г. Г. Влияние метеорологических условий на развитие болезней семян сосны в лесных питомниках Марийской АССР. № 1—25.

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

- Азаренков В. М. О расчете реевого лесонаправляющего сооружения. № 3—41.
Анисимов Г. М., Памфилов Д. В., Валяжонков В. Д., Сергеев В. П., Кочнев А. М. Обоснование эксплуатационных режимов колесной трелевочной системы по критерию поперечной динамической устойчивости. № 4—26.
Береговой И. Н. Исследование зависимости напряжений вторичного изгиба от пара-

- метров свивки в несущих канатах подвесных канатных установок. № 1—46.
- Васильев Г. М., Есюнин Е. Г. Условия применения манипуляторов на сортировке сортиментов. № 3—45.
- Вторица З. Д. Теоретическое исследование устойчивости лесопогрузчика башенного типа в случае экстремальной разгрузки грейфера. № 1—41.
- Дварнаускас Э. А., Жуков А. В., Невинь И. К., Раманаускас Р. П., Андрикайтис Б. К., Землис Р. И. Оценка динамической нагруженности манипулятора МТТ-10. № 5—37.
- Дергунов Н. П., Еремья А. С., Шелкунов А. Г. Возможности повышения производительности раскряжевочной установки ЛО-15С при применении следящих систем. № 6—27.
- Дорохов С. П. Оптимизация по быстродействию траектории переноса груза манипулятором в раскряжевочной установке. № 4—48.
- Дорохов С. П. Поиск оптимальной по минимальному времени пространственной траектории переноса груза-хлыста в раскряжевочной установке поворотным манипулятором. № 6—41.
- Жуков А. В., Кирильчик А. И. Оценка параметров крестообразной сцепки лесовозного автопоезда с учетом деформации тросов. № 4—29.
- Кондаков М. В. Расчетная схема упругого манипулятора. № 6—36.
- Кононов Ю. П. К оценке потоков отказов деталей для парка машин. № 5—50.
- Коровкин Р. Л. О расчете оснований колесных покрытий из железобетонных плит. № 2—37.
- Корпачев С. П., Большаков А. С. Моделирование на ЭВМ роста подтопленного штабеля. № 5—42.
- Мазуркин П. М., Кретинин В. И., Соловьев В. Н., Загайнов В. И., Бобров В. Г. Моделирование показателей выпуска машины ЛП-19. № 3—31.
- Меньшиков В. Н., Сотонин С. И. Влияние вылета манипулятора на производительность ВГМ при рубках промежуточного пользования. № 1—33.
- Митрофанов А. А. Определение держащей силы складных якорей. № 3—38.
- Морозов С. И. О точности определения температурно-напряженного состояния рельсовых плетей. № 1—29.
- Морозов С. И. О методике определения удерживающей силы противоугольных средств. № 2—28.
- Ощипок И. Н., Савицкий Ю. Г. К вопросу аналитического определения момента инерции падающего дерева и силы его удара на приемные органы валочной машины. № 6—46.
- Пелениов А. И. Теоретическое обоснование режима технического обслуживания трелевочного трактора. № 1—36.
- Пикушов А. Н. Пути совершенствования технологии и техники для подготовки волоков и лесовозных дорог в горах. № 1—51.
- Питухин А. В. Влияние трещин на работоспособность элементов конструкций лесозаготовительных машин. № 5—33.
- Питухин А. В., Малинин П. А., Шилковский В. Н., Анасьев В. А. Исследование надежности балансиров лесных машин. № 2—34.
- Сленко И. И. К методике расчета несущего каната. № 6—31.
- Сленко И. И., Береговой И. Н. Напряжения изгиба в несущем канате в зоне опорного башмака. № 4—34.
- Суриков В. Т. Экономико-математическая модель оптимальных схем лесотранспорта. № 3—27.
- Торопов А. С. К определению параметров процесса раскряжевки цепной пилой с вращательным движением подачи. № 4—43.
- Федоренчик А. С., Турлай И. В. Исследование лесоскладских систем со специализацией потоков по видам перерабатываемого сырья. № 4—38.
- Харитонов В. Я. Расчет лежня поперечной записи с учетом сосредоточенных нагрузок. № 5—45.
- Харитонов В. Я., Посыпанов С. В. Обоснование геометрических параметров разномочных машин пропускного типа. № 2—47.
- Хегай В. К. Об одной задаче определения ударно-динамических нагрузок при пактировании деревьев на машину. № 2—43.
- Храмцов Г. Ф., Храмцова О. Л. О взаимосвязи колебаний звеньев лесовозного автомобильного поезда. № 2—52.
- Худонов В. В. Оценка гидродинамического «качества» реьевого бона. № 3—34.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

- Амалицкий В. В. Тепловая модель процесса приклеивания при облицовывании кромок мебельных щитов с помощью клеев-расплавов. № 1—57.
- Берстенева Г. Н. Особенности распиловки тонкомерного березового сырья при выработке заготовок для однослойных щитов паркета. № 6—55.
- Васильев В. В., Рошмаков Б. В., Комарова Е. Е., Никанорова Л. Н., Тихомиров А. Г. Влияние технологических факторов на выделение газообразных продуктов при прессовании древесностружечных плит. № 5—55.
- Веселков В. И., Веселкова Б. А., Селезнев А. Ф. Влияние разворота верхней пильного шкива ленточнопильного станка на работоспособность пил. № 4—61.
- Веселкова Б. А., Веселков В. И., Селезнев А. Ф. Влияние горизонтального смещения пильных шкивов на устойчивость работы ленточных пил. № 2—63.
- Выдегжанин Ю. Б. О некоторых допущениях при расчете соединений на стальных стержнях, вклеенных в древесину. № 1—67.
- Гороховский А. Г. Склерометрический метод контроля степени отверждения клеевой пленки. № 5—60.
- Дубинина Т. А., Климов А. Н., Стрижев Ю. Н. Планирование экспериментов по исследованию работы лущильного станка. № 2—71.
- Калитевский Р. Е. Технологические основы автоматизации процессов подготовки сырья к распиловке. № 4—54.
- Кармадонов А. Н., Онтикова Н. М., Поздняков С. В. Оптический метод дефектоскопии пиленых лесоматериалов. № 1—71.
- Кириллов А. Н., Ковальчук С. Л. Изучение процесса запрессовки и разрушения зубчатых соединений методом акустической эмиссии. № 2—59.
- Кишкурно Т. В. Оценка режимных параметров стадий процесса при решении задачи оптимального управления качеством плит. № 3—59.
- Ковальчук Л. М., Варфоломеев Ю. А., Рюмина Е. Б. Нормативная прочность пилематериалов с зубчатыми клевыми соединениями при изгибе и растяжении. № 3—69.
- Ковзун Н. И. Метод расчета толщины межпильной прокладки и взаимосвязанных с ней параметров. № 5—63.
- Кошуяев Б. И. Моделирование интенсивного использования сырья в лесопилении. № 2—75.
- Кувтыш В. Б., Юркин И. Б. Исследование энергетической эффективности малорядных шахматных пучков из оребренных труб. № 2—67.
- Ломазов В. Л., Казачинская Н. В., Бордонос А. А. Исследование кинетики сушки коры ели по плану ПФЭ 2¹. № 5—75.
- Луцкы Р. В., Ломазов В. Л. Определение теплоты испарения влаги при сушке коры ели электрокалориметрическим методом. № 1—74.
- Обливин А. Н., Сагалъ С. З., Короткий В. В., Пожиток А. И. Гидродинамическое со-

- противление композиционных материалов из древесно-клеевой прессмассы. № 4—67.
- Павлов Ю. Г., Ярмухамметов И. Р., Озерский Д. М. Микропроцессорное управление резанием фибровых материалов. № 6—50.
- Плюсин В. Н., Готлиб Ц. А., Шейнов А. И., Дымочкин В. А. Теоретические исследования напряженного состояния круглых пил новой конструкции. № 1—62.
- Стахнев Ю. М., Ершов С. В., Макаров В. В. О согласовании степени проковки (вальцевания) с частотой вращения круглой пилы. № 6—59.
- Суровцева Л. С., Окулова М. А. О возможности повышения выхода пиллопродукции. № 3—63.
- Хрулев В. М., Кондрашов С. М., Бекболов Ж. В., Горстий В. В. Технология склеивания древесины, пропитанной серой. № 4—57.
- Хрулев В. М., Токтогажаев М. А. Химическая стойкость натуральной и модифицированной древесины. № 2—56.
- Чернышева Н. К., Маслова Л. А. Испытания антисептиков на основе отходов алюминиевого производства. № 6—64.
- Шабалин Л. А., Виноградов В. Ф., Смирнов В. И., Рябухин Н. Ф. Эффективность упрочнения боквин поперечин пильной рамки токами высокой частоты. № 3—56.
- Шалаев В. С. Определение интегрального показателя объема выхода обрезных пиломатериалов. № 4—74.
- Шамаев В. А. Об эффективности некоторых способов получения прессованной древесины. № 5—71.
- Шостак В. В. Влияние показателей ремонтного цикла на параметр потока отказов линии прессования древесностружечных плит. № 6—67.
- Шубин Г. С. Обобщенная система уравнений теплопереноса при переменных условиях среды и ее реализация на ЭВМ для расчета процессов сушки древесины. № 3—49.

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

- Боголицын К. Г., Гусаков Л. В., Парфенова Л. Н., Орлова О. П. Механизм автоокисления в водных растворах сульфита и пиросульфита натрия. № 2—84.
- Богомолов Б. Д., Пивоварова В. А., Горбунова О. Ф. Фотоколориметрическое определение антрахиона в щелочной среде. № 6—81.
- Валендо П. Ф. Проклейка бумаги парафиновыми дисперсиями в нейтрально-щелочной среде. № 2—88.
- Валендо П. Ф. Исследование факторов процесса удержания катионной парафиновой дисперсии бумажной массой. № 5—88.
- Варес Т. К., Эльберт А. А. Физико-химические свойства карбаминоформальдегидной смолы, модифицированной алкилрезорцинами. № 5—92.
- Гельфанд Е. Д. К классификации способов получения фурфурола из растительного сырья. № 1—91.
- Гельфанд Е. Д. Определение легкогидролизуемых полисахаридов и пентозанов в растительном сырье. № 5—86.
- Десятько А. С., Шресха Р. М., Леонович А. А. Жирные кислоты в экстрактивных веществах *Daphne blouai* L. № 5—84.
- Дейнеко И. П., Никандров А. Б. Влияние температуры на скорость деглицификации древесины в присутствии антрахиона. № 1—84.
- Канарский А. Б., Платицына Н. В., Фляте Д. М. Влияние вида целлюлозы на свойства картона для предварительной фильтрации жидкостей. № 3—84.
- Клюев Ю. П., Ламоткин А. И., Петрашнев И. В. Каталитические превращения терпеновых углеводородов в присутствии апротонных кислот. № 4—93.
- Ламоткин А. И., Проневич А. Н., Турук Г. С. Полимеризация живичного и экстракционного скипидаров в неподвижном слое катализатора. № 6—86.

- Маслов С. Ю., Сухов Д. А. Исследование целлюлозы методом ИК Фурье-спектроскопии с математическим улучшением разрешения. № 6—71.
- Мацкевич Д. Д., Вьюков Б. Е. О роли изменчивости размеров технологической щепы в ЦБП. № 1—87.
- Непени В. Н., Плотников И. А., Симонов В. С., Валеев Р. Ф. Характеристика прочности волокнистых полуфабрикатов с помощью их структурно-физических параметров. № 2—94.
- Пожидаева Л. Ф., Зильберглейт М. А., Лазуренко Н. В., Шумейко В. К., Боровская Л. А. Применение перуксусной целлюлозы в специальных видах бумаги. № 2—91.
- Попова Л. Г., Юринова А. А., Полянская И. В., Прохорчук Т. И., Киприанов А. И. Изучение рострегулирующей активности основных групп органических соединений черного щелока от сульфатной варки лиственной древесины. № 1—78.
- Примачева Л. Г., Андрианова Т. Н., Холькин Ю. И. Молекулярно-массовая характеристика лигносульфонатов бисульфитной варки, подвергнутых окислительному модифицированию. № 6—76.
- Сметанина С. С., Пономарев Д. А. Новое направление использования поверхностно-активных веществ на основе лесохимических фенолов. № 3—88.
- Снопков В. Б., Снопкова Т. А., Сухая Т. В. Осаждение сапронелевых частиц на древесных волокнах при проклейке. № 5—79.
- Соболев В. И., Кебич М. С., Морозов В. Ф., Федорова О. И. Сравнительный анализ зависимостей для определения критической скорости пара в процессе получения фурфурола. № 4—89.
- Соболев В. И., Морозов В. Ф., Кебич М. С. О моделировании процесса прямого получения фурфурола. № 3—73.
- Сухая Т. В. Повышение качества древесноволокнистых плит легким гидролизом древесноволокнистой массы. № 3—80.
- Сухая Т. В. Применение надуксусной кислоты в производстве древесноволокнистых плит. № 4—81.
- Туманова Т. А., Часовенная В. А. Разделение и идентификация кислой фракции отработанных отбельных растворов. № 2—81.
- Туманова Т. А., Часовенная В. А. Идентификация оксикислот, выделенных из отработанного отбельного раствора. № 4—78.
- Чижов Г. И., Елкина Е. П., Пузырев С. С., Запорожец Е. В., Комаров В. И. Изменение свойств древесных волокон в процессе производства термомеханической массы. № 4—84.
- Эльберт А. А., Дорохова О. В., Сингуринди А. М., Крюкова Л. И. Изучение влияния древесины на выделение формальдегида из древесностружечных плит. № 3—76.

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

- Анцукевич О. Н. Хозрасчет и лесовыращивание. № 4—97.
- Баранова Л. Е., Люблин В. С., Колонова В. В. Оценка технико-экономического уровня производства технологической щепы из отходов лесопиления и деревообработки. № 3—97.
- Бахтина С. П. Прямая хлыстовая и сортиментная вывозка в условиях территориальных лесных комплексов. № 3—91.
- Бахтина С. П. Об измерении эффективности технологий лесозаготовок с прямой вывозкой. № 5—105.
- Белоусов А. С., Жиров В. С., Поздеев В. Л. Основные этапы формирования регионального лесного комплекса (на примере Марийской АССР). № 1—102.
- Бычков В. П., Заложных В. М. Совершенствование состава автопарка на лесных предприятиях. № 1—109.
- Жуковский П. Модель использования технологического оборудования для оператив-

- ного управления производством мебели. № 3—100.
- Жуковски П. Разработка оптимальной стратегии управления запасами древесных материалов на основе стохастической модели в производстве мебели. № 4—113.
- Жуковски П. Основная модель системы управления производством мебели с применением ЭВМ. № 6—96.
- Залукава Э. В. К переходу предприятий лесной промышленности на порционный метод распределения прибыли. № 3—93.
- Каргополов М. Д. Планирование сортиментной программы лесозаготовительным предприятием при помощи экономико-математических моделей. № 6—106.
- Кожин В. М., Кондратьев В. А. Эффективность ресурсосбережения в лесозаготовительных предприятиях. № 2—105.
- Костенко В. С. Модель сети обмена данными АСУ лесопромышленным объединением. № 2—108.
- Костенко В. С., Присяжнюк С. П. Методика оценки пропускной способности сети обмена данными в АСУ объединением. № 1—112.
- Крицкая В. В., Лобовиков Т. С. «Малое» лесопиление и использование низкосортного сырья. № 1—96.
- Лобовиков Т. С. Лесному хозяйству — реальный хозрасчет. № 4—100.
- Лобовиков Т. С., Чаженгин А. В. К вопросу об экономической оценке отказов лесозаготовительной техники. № 2—97.
- Лопков А. Б., Коробов П. Н. Экономическая эффективность оптимального планирования производственной программы предприятий лесосплавного объединения. № 5—96.
- Михли С. З., Евдокимов В. М. Оценка эффективности внедрения методов учета лесоматериалов. № 1—106.
- Ольшанский И. С., Бутко Г. П. Матричный метод оценки эффективности производства. № 5—107.
- Петров А. П. Формирование экономических отношений в лесном хозяйстве в условиях радикальной реформы. № 4—106.
- Петров А. П., Шаранова Г. В. Об измерении экономической эффективности безотходных производств в комплексных лесных предприятиях. № 6—90.
- Прешкин Г. А. Модель рационального использования лесосырьевых запасов. № 6—93.
- Романов Е. С. Об оптимизации производственных мощностей лесозаготовительных предприятий. № 2—100.
- Соботкова В. Экономические показатели деятельности лесных питомников в ЧССР. № 6—102.
- Харин О. А., Волков В. Д. Принципы непрерывности, неустойчивости и рациональности в теории регулирования лесопользования. № 5—100.
- Ветшева В. Ф., Логинова Г. А. Резервы повышения объемного и ценностного выхода пиломатериалов. № 1—127.
- Войчал П. И., Барабин А. И. Распределение урожая шишек по категориям деревьев в северных ельниках. № 2—115.
- Выродов В. А., Ушкова Е. В., Худанова Г. С. Биоактивные добавки из древесной зелени. № 1—134.
- Голубев А. М., Постников В. В. Об эффективности фильтрования аспирационного воздуха. № 2—131.
- Громцев А. Н. Ретроспективный анализ антропогенной динамики лесов ландшафтов южной Карелии за 1840—1980 гг. № 4—125.
- Гусев И. И., Ярославцев С. В. Структура ельников Крайнего Севера. № 6—111.
- Дао Тьен Ван. Потери в лесном хозяйстве Вьетнама в результате военных действий. № 4—131.
- Дебринок Ю. М., Мякуш И. И. Особенности пространственной структуры корневых систем деревьев. № 4—123.
- Денеш Н. Д., Славик Ю. Ю. Сравнительное исследование прочности и жесткости сухого и увлажненного пиломатериала при изгибе и сжатии. № 2—121.
- Днепровский Н. П. Влияние технических характеристик тягового моста на величину защитной зоны в автоматизированных лесных питомниках. № 3—113.
- Зайцев А. И. Фреттинг-усталость длинных полей валов. № 6—129.
- Закамский В. А. Продолжительность активного роста сосущих корней сосны в культурах Марийской АССР. № 5—112.
- Зыонг-Ба-Зунг, Маршак А. Б., Бутко Ю. Г. Влияние основных факторов на сульфатную варку коры растения «Же». № 1—133.
- Иванов Ю. М., Славик Ю. Ю. Кратковременная прочность древесины при концентрации напряжений. № 5—119.
- Каныгина Н. Е. Грибы, поражающие листья, побеги, ветви и хвою древесно-кустарниковых пород Яламинского лесхоза Азербайджанской ССР. № 2—117.
- Карлуни Ф. Н., Метельков В. И. Характер распределения пиломатериалов для деревянных стандартных домов по длинам. № 3—118.
- Келлер Э. А. Определение критических оборотов системы привода бензиномоторных пил. № 6—120.
- Ковязин В. Ф., Коноваленко В. М., Анникин А. С. Рост еловых древостоев после механизированных рубок ухода. № 4—119.
- Котляк С. Б., Лобухина Т. В., Русакова С. В., Фучкина Е. А., Кузнецова Н. В., Седельникова Е. А., Койтов А. И. Контроль загрязнения воздуха деревоперерабатывающих производств. № 3—123.
- Кузнецов А. Н., Старостин В. А. О выходе бессучковой древесины в связи с обрезкой ветвей в культурах. № 4—128.
- Кунтыш В. Б., Мелехов В. И., Рябокобыленко И. Г. Теплообмен малорядных пучков из труб с поперечными ребрами. № 5—115.
- Кучин А. В., Воронцов Ю. Ф. Методика расчета объема партии пиломатериалов ведущего сечения. № 1—131.
- Лебедева Л. К., Чашина Л. М., Кишкина К. И., Варфоломеев Ю. А., Зяблова Я. М. Производственные испытания многокомпонентного защитного средства ПВТ. № 6—126.
- Леонтьев А. К. Об устойчивом движении древесных частиц в вихревой сушильной камере. № 6—123.
- Львов Н. И.**, Засухин Д. П. Некоторые качественные показатели свежесрубленной и выдержанной древесины сосны. № 3—107.
- Мальцев Г. И., Агеев А. Я., Усвяцова А. Г., Трифонова Л. А., Крылатов Ю. А., Ступак В. П. Применение нефелинового коагулянта. № 5—125.
- Мамаев Ю. Б. Комплексы стволых насекомых лиственничников Тувы в древесине различной хозяйственной пригодности. № 1—119.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

- Абакумов Н. В., Быков В. П., Потехин В. Н., Починков В. В. Алмазное выглаживание нержавеющей стали. № 2—129.
- Азаренков В. М. Определение нагрузки на головную опору реевого бона. № 6—118.
- Балакин В. М., Глухих В. В., Коршунова Н. И., Горбунова Ю. Ю., Сокольников З. А. Корреляция между методами определения формальдегида, выделяющегося из древесностружечных плит. № 2—123.
- Берстенева Г. Н. Графоаналитический метод составления и расчета поставок на заготовки для однослойных щитов паркета. № 2—127.
- Боголюбов К. Г., Хортлинг Б., Линдберг И. Исследование молекулярных комплексов в системе п-ванилин — оксисоединение серы методом ЯМР ¹H высокого разрешения. № 3—124.
- Васильев С. Н., Пономарев Д. А., Лукашенко И. М., Калинин Г. А. Образование летучих продуктов при термической деградации целлюлозы, обработанной галатами натрия. № 3—127.

- Мамонов Д. Н.** Фитомасса крон сосны в условиях Иркутской области. № 6—115.
- Меркушев И. М.** Оценка эффективности нетрадиционных способов сушки пиломатериалов по стоимости энергозатрат. № 3—120.
- Новоселов Ю. В., Шнырев В. Т.** Автоматический контроль объема расхода измельченной древесины фотозлектрическим методом. № 3—116.
- Писанов В. С.** Изменение прироста как индикатор влияния подтопления на древостой сосны в разных типах леса. № 3—105.
- Поляков В. Ю.** Математическая модель точности обработки на форматных деревообрабатывающих станках. № 1—128.
- Пономарев Д. А., Шергина С. В., Лукашенко И. М., Калинин Г. А.** Карбонизация лигнина в процессе программируемого нагрева. № 2—126.
- Прокопьев М. Н., Рогозин М. В.** Создание культур сосны биогруппами из двух растений. № 2—114.
- Рябконов А. П.** Лесоводственная оценка структуры древостоев и факторы риска при различных способах рубок ухода в культурах сосны. № 1—122.
- Свалов С. Н.** Метод определения дополнительного прироста насаждений. № 4—121.
- Таргонский П. Н.** Влияние факторов среды, способов обработки и сроков хранения семян брусники на их прорастание. № 6—117.
- Термена Б. К., Гаврилюк В. А., Бацура А. В., Мецак В. В.** Устойчивость некоторых восточноазиатских древесных интродуцентов в условиях Предкарпатья. № 3—108.
- Тетюхин С. В.** О признаках дешифрирования космических фотоснимков. № 3—111.
- Хабаров Ю. Г., Комарова Г. В., Машьянова Е. А.** Фотометрическое определение железа в технических лигнинах и их производных. № 5—124.
- Цилорик А. В., Русин Г. Г., Охримук Н. И.** Эффективность применения капсулированных кремнийорганикой минеральных удобрений при выращивании семян сосны обыкновенной. № 6—113.
- Чарина М. В., Исаева О. Ф.** Исследование диэлектрической релаксации в древесных фенолоформальдегидных композициях. № 5—122.
- Чемоданов А. Н.** Снижение фронта сортировки при специализации основных потоков нижнего склада. № 1—125.
- Шавнин А. Г.** Плотность древостоев. № 1—117.

ЗА РУБЕЖОМ

- Мерзленко М. Д.** О лесокультурном деле в Словакии. № 1—136.

ИСТОРИЯ НАУКИ

- Какурин А. А., Бутко Ю. Г.** Организатор подготовки советских инженерных кадров для целлюлозно-бумажной промышленности. (К 110-летию со дня рождения С. А. Фотнева). № 4—134.
- Мерзленко М. Д.** Хроника деятельности комиссии по истории лесоводства при Московском обществе испытателей природы (1977—1987). № 5—130.
- Неволин О. А.** К 250-летию со дня рождения Андрея Тимофеевича Болотова. № 6—131.
- Остроумова Н. К.** Шестые Сукачевские чтения. № 2—134.
- Остроумова Н. К.** Седьмые Сукачевские чтения. № 5—127.

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

- Криницкий Г. Т.** Нужное учебное пособие по физиологии растений. № 4—135.
- Миркин Б. М., Федоров Н. И.** Сборник по проблемам рекреационного использования леса. № 5—137.
- Мулкиджаниян Я. И.** «Дендрофлора Кавказа». № 3—131.
- Синадский Ю. В.** Учебник по охране природы. № 1—138.
- Чуенков В. С., Баранов А. Ф.** Книга о хозяйстве в рекреационных лесах. № 6—132.

ЮБИЛЕИ

- Портной В. Н.** Профессор Борис Иосифович Логгинов. (К 90-летию со дня рождения). № 5—135.

ИЗ ЖИЗНИ ВУЗОВ

- Редько Г. И.** 185 лет Ленинградской ордена Ленина лесотехнической академии им. С. М. Кирова. № 5—132.

НЕКРОЛОГИ

- Кобак К. И., Барчукова М. В., Лайранд Н. И.** Потери науки. Андрей Алексеевич Яценко-Хмелевский (1909—1987 гг.). № 3—134.
- Попов В. К., Бугаев В. А., Раскатов П. Б.** Профессор Иван Васильевич Воронин. № 4—137.
- Соколов О. М., Малаховец П. М., Пляхов А. А., Ипатов Л. Ф.** Памяти Питирима Николаевича Львова. № 3—137.