

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

---

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ  
ЗАВЕДЕНИЙ

---

*Лесной журнал*

5

1987

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

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Акад. ВАСХНИЛ И. С. Мелехов (гл. редактор), д-р экон. наук 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. Войчаль, проф. И. В. Воронин, проф. И. И. Гусев, проф. Ю. Я. Дмитриев, доц. Г. Л. Драншников, проф. Р. Е. Калитеевский, проф. В. Г. Кочегаров, проф. Э. Д. Левин, проф. П. Н. Львов, 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» № 5

Ст. редактор Н. П. Бойкова. Редактор З. Ф. Кекишева. Корректор Э. Н. Власова.

Сдано в набор 17.07.87. Подписано в печать 23.09.87. Ст. 00526.  
Форм. бум. 70 × 108<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Гарнитура литературная. Печать высокая.  
Усл. печ. л. 12,95. Уч.-изд. л. 15,31. Тираж 1670 экз. Заказ 5894. 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.

*Великой Октябрьской социалистической революции —  
70 лет*

## ВЕЛИКИЙ ОКТЯБРЬ И ФОРМИРОВАНИЕ СОВЕТСКОЙ ЛЕСНОЙ ПОЛИТИКИ

В процессе утверждения завоеваний социализма накоплен многогранный опыт революционных преобразований в самых различных сферах человеческой деятельности. Ведущую роль в этом историческом социальном опыте играет наша страна. В. И. Ленин писал, что «...главное свое воздействие на международную революцию мы оказываем своей хозяйственной политикой» [5, с. 341]. За 70 лет, сравнительно короткий срок в истории человечества, социалистическая система хозяйствования продемонстрировала свои неоспоримые преимущества. Огромная, но отсталая в экономическом отношении страна превратилась в современную индустриальную державу, занимающую ведущее место в мировой экономике. Составной частью этих исторических преобразований стала разработка и осуществление советской лесной политики.

Для капитализма характерно хищническое истребление лесов. Это обстоятельство было аргументированно засвидетельствовано еще К. Марксом в фундаментальном труде «Капитал»: «Развитие культуры и промышленности вообще с давних пор сопровождалось настолько энергичным уничтожением лесов, что по сравнению с этим все, что было сделано ими для поддержания и новых посадок леса, представляет собой совершенно ничтожную величину» [7, с. 275]. В современных условиях зарубежными учеными подсчитано, что к началу 80-х годов лесные массивы вырубались со скоростью 50 га в минуту [8, с. 49].

В России в результате опустошительных рубок уже к концу XIX в. площадь лесов Украины и Белоруссии уменьшилась на 1/4, центральных губерний — Московской, Казанской, Нижегородской, Костромской и Владимирской — на 1/3, лесистость в губерниях Центрально-Черноземного района к 1914 г. составила около 10%. Ко времени Великой Октябрьской социалистической революции леса наиболее развитых в экономическом отношении районов страны были или вырублены, или сильно разрежены [12, с. 125].

Исторически возникла необходимость изъятия лесного дела из частного предпринимательства. Это понимали лучшие представители русской лесной науки. Буквально накануне революции, в сентябре 1917 г., на Втором съезде лесоводов организатор лесного хозяйства, известный русский ученый Г. Ф. Морозов говорил: «Лес должен принадлежать государству, и последнее должно быть хозяином в лесу. Не только принципиальная сторона дела, но и уроки и факты истории доказали право государства вести лесное хозяйство... Государственность — это общность интересов; лес, принадлежа государству, принадлежит тем самым всем, и только государство может целесообразно распоряжаться им в интересах всенародных. Наша задача поэтому укрепить в сознании народа этот важнейший принцип, эту первую для нас аксиому» [9, с. 15].

Национализация лесов стала возможной лишь с победой Великой Октябрьской социалистической революции. В числе первых декретов Советской власти, принятых на II съезде Советов 8 ноября 1917 г., был декрет о земле, где отменялась частная собственность на леса, и они

провозглашались общенародным достоянием. В предписании Совета Народных Комиссаров от 5 апреля 1918 г. за подписью В. И. Ленина отмечалось, «...что все леса не составляют собственности ни сел, ни уездов, ни губерний, ни областей, представляют собою общенародный фонд и ни в коем случае не могут подлежать какому-либо разделу и распределению ни между гражданами, ни между хозяйствами» [11, с. 23]. Сам по себе этот факт становился событием, не имеющим аналогов в мировой практике. В указанном предписании также подчеркивалось, «...что все леса нужно привести в известность, описать и организовать в них хозяйство» [11, с. 23]. Перед молодым социалистическим государством в ряду проблем революционного переустройства общества возникла задача разработать лесную политику, которая отвечала бы интересам широких народных масс и имела ясную перспективу развития.

Под непосредственным руководством В. И. Ленина Коммунистическая партия и Советское правительство начали осуществлять мероприятия, способствующие становлению нового этапа в развитии лесного хозяйства. Возникшие вначале как меры практического действия, например в борьбе с топливным кризисом в стране, они затем все более приобретали типичные черты лесной политики первого в мире социалистического государства.

Диалектический, революционный характер ее формирования находился, прежде всего, в прямой зависимости от создания новых экономических отношений. «Это — самая трудная задача, — писал В. И. Ленин, — ибо дело идет об организации по-новому самых глубоких, экономических, основ жизни десятков и десятков миллионов людей» [4, с. 173]. С отрицанием старых принципов и форм возникла проблема создания лесного хозяйства нового типа на базе социалистических производственных отношений. Становление советской лесной политики находилось также в прямой зависимости от социально-политических факторов осуществления революционных преобразований, качественного обновления всей системы общественных отношений, развертывания творческой активности масс.

Отражение этого диалектического процесса мы находим в первых партийных документах и законодательных актах. Только за период с 1917 г. по 1921 г. вышло более двухсот декретов, постановлений и других документов Всероссийских съездов Советов, ВЦИК, Совнаркома, Совета Оборона и Совета Труда и Оборона по вопросам организации дроволесозаготовок, механизации вывозки древесины, сплава леса, экспорта лесоматериалов, деревообработки, а также лесного хозяйства. Значительная часть этих документов разработана по инициативе или при непосредственном участии В. И. Ленина, подписана им лично. В. И. Ленин не только уделял много времени вопросам организации и становления государственной лесной промышленности и лесного хозяйства, но и осуществлял практический контроль за проводимыми работами.

Первым основополагающим документом Советской власти, определившим экономическую организацию лесного хозяйства на базе национализации лесов, стал «Основной закон о лесах, принятый ВЦИК» (от 27 мая 1918 г.), где в разделе «Общие положения» отмечалось: «1. Всякая собственность на лес в пределах Российской Социалистической Федеративной Советской Республики отменяется навсегда» [11, с. 24]. Впоследствии законы о лесах были приняты в союзных и автономных республиках. С января 1918 г. было создано Центральное управление лесами, а для руководства лесной промышленностью в декабре 1918 г. организован Главный лесной комитет. Следующим важным шагом стало утверждение в 1923 г. «Лесного кодекса РСФСР», на

основе которого создана единая система лесного хозяйства. Выделены леса общегосударственного, местного и особого назначения, установлены также основные положения для ведения в них хозяйства. В законодательной форме определены общие технические основы ведения лесного хозяйства, руководство технической постановкой, поднятие уровня лесохозяйственных и лесных знаний путем создания лесных учебных заведений. Местным органам предписывалось «а) устраивать леса и заботиться об их возобновлении; б) всеми мерами увеличивать площадь лесов на территории их ведения, где это необходимо для достижения норм лесистости» [11, с. 34].

В. И. Ленин видел задачу Советского государства не только в том, чтобы организовать охрану и восстановление лесов, но и в том, чтобы поставить леса на службу народа, т. е. планомерно, научно обоснованно использовать лесные богатства для удовлетворения нужд народного хозяйства и населения в древесине и других полезностях леса. Он ставил вопрос о развитии экспорта лесоматериалов, совершенствовании лесозаготовок, механизации лесной промышленности.

Исходя из особенностей нового подхода, задач развития лесного хозяйства, В. И. Ленин разработал методологию и общие принципы социалистической лесной политики. Их основу определяет диалектический метод. В этой связи В. И. Ленин указал на необходимость диалектического познания законов природы, потому что в таком познании заключена возможность «...планомерно заставлять законы природы действовать для определенных целей» [2, с. 195]. Вместе с тем он отмечал уникальность сил природы: «Заместить силы природы человеческим трудом, вообще говоря, так же невозможно, как нельзя заместить аршины пудами. И в индустрии и в земледелии человек может только пользоваться действием сил природы, если он познал их действие, и облегчать себе это пользование посредством машин, орудий и т. п.» [1, с. 103]. В соответствии с методологическими установками формулируется важнейший принцип — требование глубокого научного подхода к проблемам, связанным с природопользованием, в том числе и в области лесного хозяйства.

Ленинский принцип научности пронизывает систему мер, связанных с тщательным учетом лесных запасов, проведением лесовосстановительных работ, рациональным использованием леса и его полезных компонентов. Так, в предписании Совнаркома от 5 апреля 1918 г. указывалось: «...наследие несчастной войны оставило громадные площади оголенных мест, которые необходимо в интересах народа немедленно засадить и засеять лесом» [11, с. 23]. Научность определяла и комплексный подход к проблемам лесопользования. Реализация этого принципа позволяла охватывать вопросы экономической эффективности ведения лесного хозяйства, природовосстановительные факторы, социальные проблемы, развитие лесной науки и другие моменты.

Комплексный подход отражал содержание другого всеобщего принципа — политического, который, собственно, и определял суть социалистической лесной политики. Этот принцип позволял учитывать общегосударственные, народные интересы, интересы трудовых коллективов лесохозяйственных предприятий, давал возможность разрабатывать стратегические направления и перспективные задачи развития отрасли.

Политический подход, принцип партийности наиболее полно реализуется в системе подготовки, подбора и расстановки кадров, решении социальных проблем отрасли. Важным моментом в данном случае выступает учет специфики отрасли. Сошлемся по этому поводу еще раз на предписание Совнаркома, где отмечалось, «что лесных специалистов нельзя заменить другими без ущерба для леса и тем самым — для всего народа: лесное хозяйство требует специальных технических зна-

ний» [11, с. 23]. Партийный подход к кадрам лесного хозяйства способствовал формированию системы подготовки специалистов, подбору кадров по деловым и организаторским качествам для руководства отраслью и ее звеньями, повышению роли партийных организаций и каждого коммуниста, осуществлению контроля за правильным проведением в жизнь лесной политики.

Национализация лесов, установление общенародной собственности создали возможность проводить единую государственную политику. Основу этой политики составил ленинский принцип демократического централизма, который органически сочетает в себе плановое централизованное руководство экономикой со стороны государства и его органов, а также социалистический демократизм, опирающийся на инициативу и творческую активность масс. «...Централизм, понятый в действительно демократическом смысле,— указывал В. И. Ленин,— предполагает в первый раз историей созданную возможность полного и беспрепятственного развития не только местных особенностей, но и местного почва, местной инициативы, разнообразия путей, приемов и средств движения к общей цели» [3, с. 152]. В соответствии с указанным принципом создавалась единая система лесного хозяйства, формировались центральные органы управления. В 1924 г. был разработан первый перспективный план по отрасли.

Общие ленинские принципы конкретизировались в специфических, отражающих особенности развития лесного хозяйства. Так происходил процесс становления лесной политики нового типа, которая за годы Советской власти превратила некогда отсталое лесное хозяйство России в развитую отрасль социалистической экономики. Ныне в СССР земли государственного лесного фонда занимают площадь 1 257 млн га, или около 55 % территории страны, в том числе покрытая лесами площадь — 63 %. Лесные ресурсы нашей страны составляют около 1/4 общих мировых запасов древесины, в том числе ценных в хозяйственном отношении хвойных пород — более 1/2.

В соответствии с ленинскими принципами лесной политики советское лесное хозяйство ведется планомерно, осуществляется научно обоснованное комплексное использование лесов и их эффективная охрана в интересах всего общества. Вместе с тем процесс становления и развития лесной политики не исключал негативных моментов и противоречий, которые хотя и не имели в своей основе антагонизма, но были достаточно остры и не всегда разрешались без ущерба для отрасли. Такие противоречия предвидел В. И. Ленин, отмечая, что «антагонизм и противоречие не одно и то же. Первое исчезнет, второе останется при социализме» [6, с. 357]. Основное из таких противоречий в последние десятилетия заключалось в том, что осуществление демократических, революционных по своей сути принципов лесной политики тормозилось консервативными формами и методами, бюрократической системой управления. Не всегда на высоте современных требований была наука.

Среди проблем, стоящих перед советским лесным хозяйством, в самом общем виде можно выделить проблемы глобального и специфического характера. К глобальным проблемам следует отнести тенденции и противоречия в развитии лесного хозяйства на исходе XX в. На них, в частности, указывает акад. ВАСХНИЛ И. С. Мелехов [10]. Так, главная из этих проблем заключена в противоречивом характере действия двух взаимосвязанных тенденций: с одной стороны, интенсификация лесозаготовки на базе совершенствования лесозаготовок, что приводит к нарушению природной лесной среды, с другой,— растущая необходимость неистощительного использования и сохранения леса. По мере развития общественного производства невиданно возрастает

значение леса, его разностороннего использования и одновременно происходит процесс его истощения, появляется опасность необратимости структурных изменений. Таким образом возникает проблема органического соединения экологии, техники и технологии, поиска новых научных решений в лесном производстве.

К проблемам специфического характера следует отнести преодоление негативных и застойных явлений, приведших к серьезной деформации лесной политики. Прежде всего, в значительной степени утрачено чувство единого хозяина, поскольку управление лесами осуществляется на практике, помимо органов лесного хозяйства, десятками министерств и ведомств, за которыми закреплены леса, что приводит к межведомственной неразберихе. Лесохозяйственная практика изобилует также инструкциями, наставлениями и правилами, носящими противоречивый характер, а порой и утративших свою актуальность.

Немало искажений в плановой лесной политике. Нередко планы лесовосстановления не соответствуют рекомендациям лесоустройства и науки, что приводит к распылению трудовых, финансовых, технических ресурсов, ухудшает качество работ. В погоне за планом любой ценой подрывается принцип неистощимости леса. Нарушение этого принципа на практике усугубляется формализмом и безответственностью. Заформализованы также внедрения некоторых научных разработок. Противоречивый характер, например, имеет практика внедрения лесных комплексов. Имеется немало социальных проблем отрасли и т. д.

Негативные и застойные явления вызвали необходимость качественного, революционного обновления лесной политики на нынешнем переломном этапе развития страны. Методологические и практические вопросы решения назревших проблем нашли отражение в курсе партии на ускорение социально-экономического развития советского общества, разработанном апрельским (1985 г.) Пленумом ЦК КПСС, XXVII съездом партии, январским (1986 г.) Пленумом ЦК КПСС. Руководствуясь концепцией ускорения, труженики лесного хозяйства начали уверенно перестраивать свою деятельность во всех сферах отрасли, продолжая воплощать в жизнь ленинские принципы лесной политики с учетом назревших проблем современности.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ленин В. И. Аграрный вопрос и «критики Маркса» // Полн. собр. соч.— Т. 5.— С. 95—268. [2]. Ленин В. И. Материализм и эмпириокритицизм // Полн. собр. соч.— Т. 18.— С. 7—384. [3]. Ленин В. И. Первоначальный вариант статьи «Очередные задачи Советской власти» // Полн. собр. соч.— Т. 36.— С. 127—164. [4]. Ленин В. И. Очередные задачи Советской власти // Полн. собр. соч.— Т. 36.— С. 165—208. [5]. Ленин В. И. X Всероссийская конференция РКП(б) 26—28 мая 1921 г. // Полн. собр. соч.— Т. 43.— С. 295—341. [6]. Ленин В. И. Замечания на книгу Н. И. Бухарина // Ленинский сб.— М.: Л., 1929.— Т. 11.— С. 357. [7]. Маркс К. Капитал // Маркс К., Энгельс Ф. Соч.— 2-е изд.— Т. 24.— С. 29—596. [8]. Костин А. И., Царев В. М. Глобальная продовольственная проблема и борьбы двух идеологий // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 12, Теория науч. коммунизма.— 1984.— № 3.— С. 48—55. [9]. Лесное хозяйство за 50 лет (1917—1967 гг.) / Гослесхоз СССР.— М.: Лесн. пром-сть, 1967.— 312 с. [10]. Мелехов И. С. Лесоводство в преддверии XX века // Лесн. хоз-во.— 1986.— № 8.— С. 3—5. [11]. Сборник декретов и документов о становлении лесной промышленности 1917—1921 гг. // Сост. А. С. Авдеев. Под общ. ред. Н. В. Тимофеева.— М.: МЛТИ, 1978.— 352 с. [12]. Цветков М. А. Изменение лесности Европейской России с конца XVII столетия по 1914 г.— М.: АН СССР, 1957.— 211 с.

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 630\*587

## О ЛАЗЕРНОЙ ТАКСАЦИИ ЛЕСА

Д. П. СТОЛЯРОВ, В. И. СОЛОДУХИН

ЛенНИИЛХ

Автоматизация процесса таксации лесов в настоящее время охватывает небольшую часть работы, касающуюся в основном обработки на ЭВМ карточек с таксационными описаниями выделов для получения сводных данных по кварталам, хозяйствам, лесничествам и т. п.

Существенный технический прогресс может быть достигнут, когда будут созданы устройства, позволяющие автоматизировать весь процесс сбора и обработки таксационной информации. Определенные перспективы открываются при применении нового способа таксации с использованием лазерного профилографа. Записанные на магнитную ленту с борта самолета профилограммы можно сразу или после внесения дополнительной информации вводить в ЭВМ, которая, используя определенные процедуры и алгоритмы, вычисляет и выдает на печать таксационные показатели. Более того, на современном уровне развития средств связи возможна передача профилограмм по радиоканалу прямо с борта самолета на устройство ввода информации в ЭВМ. Таким образом процесс сбора и обработки информации можно полностью автоматизировать.

Лабораторией лесоустройства и аэрометодов ЛенНИИЛХа совместно с Государственным оптическим институтом были проведены поисковые, теоретические, экспериментальные и опытно-конструкторские работы, цель которых — разработка технических требований на опытный образец лесного лазерного авиапрофилографа и технологии применения профилографа для таксации лесного фонда.

В результате выполненных работ были сформулированы основные положения технологии таксации с применением лазерного авиапрофилографа — нового метода таксации, который дает возможность в наибольшей степени автоматизировать процесс измерения, сбора и обработки таксационных показателей. Новый метод представляет собой сочетание автоматической съемки и обработки профилограмм с наземной таксацией и дешифрированием аэрофотоснимков [3].

В настоящее время наиболее перспективны для авиационного применения в профилографах полупроводниковые лазеры, работающие при охлаждении, с накачкой электрическим током.

В результате проведенных НИР и ОКР был создан экспериментальный образец однопрофильного лазерного авиапрофилографа, с помощью которого с самолета были сняты лазерные профилограммы различных насаждений сосны, ели, осины и аэрофильмы фотопривязки на малоформатной аэропленке, а также разработана методика подготовки профилограмм для ввода в ЭВМ и их автоматической обработки.

Применение лазерного авиапрофилографа исключает субъективные оценки человеком основных таксационных показателей, в частности высоты древостоя и сомкнутости полога, как наиболее важных для определения запаса. В результате существенно снижается систематическая ошибка определения запаса, что в конечном счете обеспечивает большой народнохозяйственный эффект [4].



Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности применения однопрофильной съемки для инвентаризации лесов, особенно если учесть возможность записи профилограмм на магнитную ленту в процессе лазерной съемки с последующей автоматизацией их обработки на ЭВМ.

Система лазерного авиaproфилографа для таксации лесов должна состоять из следующих основных частей: собственно лазерного профилографа, сопряженного с барометрическим датчиком и имеющего цифровой и аналоговый выходы; малоформатного аэрофотоаппарата, установленного на общей с профилографом аэрофотоустановке; магнитного записывающего устройства и схемы нанесения единых меток времени на ленты записывающих устройств и аэрофильмы.

Как показали результаты исследования, такая система обеспечивает измерение высоты насаждения с точностью  $\pm(4 \dots 5 \%)$ , среднего диаметра кроны с точностью  $\pm(8 \dots 9 \%)$  и запаса насаждения со случайной ошибкой  $\pm 25 \%$  (IV класс), а систематической — выше I класса точности ( $-2 \%$ ).

Учитывая класс точности определения запаса отдельных насаждений и то обстоятельство, что по лазерным профилограммам хорошо измеряются показатели верхнего полога насаждения, следует признать целесообразным применение новой технологии на первом этапе только для таксации простых по составу и строению лесов Севера, Сибири и Дальнего Востока при лесоустройстве их по III разряду. Наивыгоднейшее расстояние между маршрутами съемки 2 км, а площадь, охватываемая точными лазерными измерениями, составляет 60 % от площади объекта лесоустройства. На той части площади, которая таксировалась в натуре, исключаются наземные инструментальные измерения таксационных показателей (за исключением измерения возраста буравом), а на части площади, попадающей в межпросечные пространства, исключается измерительное дешифрирование под стереоскопом. Наземная таксация проводится, в основном, по просекам, а на остальной площади путем камерального дешифрирования аэрофотоснимков. В результате такого сочетания производительность труда при камеральных таксационных работах повышается на 23 %.

Вместе с тем исследованиями установлено, что новая технология при высоте лазерной аэросъемки 300 м, наряду с повышением производительности труда таксаторов и значительным народнохозяйственным эффектом от снижения систематической ошибки определения запаса, увеличивает затраты на лесоустройство от 4 до 8 к. на 1 га.

Один из путей снижения затрат на лесоустройство по новой технологии таксации леса — изыскание способов повышения потолка съемки с таким расчетом, чтобы стала возможной одновременная стандартная лесная аэрофотосъемка и лазерная аэросъемка с одного и того же самолета.

Ниже рассматриваются некоторые принципиальные теоретические подходы к использованию лазерного авиaproфилографа для измерения высот и других таксационных показателей древостоев, вопросы точности определения этих показателей по авиaproфилограммам в зависимости от объема профильной выборки.

Лазерный самолетный профилограф — это непрерывно работающий высотомер, который автоматически измеряет расстояния по вертикали от самолета до местных предметов и записывает на магнитную ленту. Его действие основано на измерении времени распространения (или фазы) света от самолета до точек отражения и обратно. Точками отражения являются кроны деревьев и земная поверхность. В результате работы профилографа на магнитной ленте записывается непрерывная профилограмма местности вдоль линии полета.

Основная отличительная черта лазерного измерения высот заключается в том, что луч лазера может быть сделан очень узким и мощным. Поэтому он не только хорошо отражается от кроны, но и проникает в узкие просветы между кронами до самой земной поверхности, давая отсчет расстояний и до кроны, и до земли в просветах между кронами [5]. Следовательно, при полете самолета одновременно записывается и профиль лесного полога, и профиль земной поверхности, находящейся под пологом. Натурные замеры показали [1], что в высокосомкнутых древостоях имеется достаточное количество сквозных (до земли) просветов в пологе, через которые возможно лазерное зондирование земной поверхности. Средние расстояния между такими просветами колеблются от 4,5 до 14,9 м. При таких расстояниях возможные ошибки определения рельефа земной поверхности под пологом определяются микрорельефами рельефа, которые могут быть легко учтены при автоматическом вычислении высот полога.

Профилограммы вводятся в ЭВМ, которая автоматически вычисляет высоту точек полога через каждые 20...30 см пути вдоль линии маршрута. Ни один из существующих или возможных в ближайшей перспективе способов не может обеспечить автоматическое определение высот точек лесного полога в условиях его высокой сомкнутости и сложного рельефа земной поверхности.

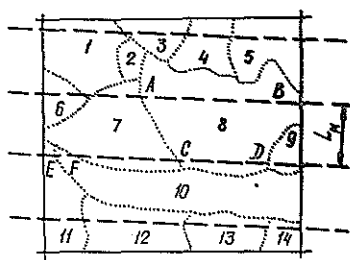


Рис. 1. Секущая длина маршрутов в различных выделах

Для осуществления лазерной таксации самолет с работающим профилографом летает по параллельным маршрутам, как изображено на рис. 1, где схематично показаны границы одного из кварталов, границы выделов и пересекающие квартал линии маршрутов (показаны пунктиром). Линии маршрутов удобно фиксировать на местности путем получения фотоизображения следа лазерного луча в щелевом аэрофотоаппарате с шириной пленки 35...70 мм.

Точность определения таксационных показателей по авиaproфилограмме зависит от объема профильной выборки на выделе, т. е. от длины маршрутов полета, пересекающих выдел. Вследствие различий в площади, конфигурации и ориентации выделов относительно маршрутов полета секущая длина маршрутов у разных выделов неодинакова, и, следовательно, неодинакова точность таксации. На рис. 1 суммарная секущая длина маршрутов в выделе 8 оказалась достаточно большой, равной сумме отрезков  $AB + CD$ . В то же время выдел 10 будет протаксирован с явно недостаточной точностью, так как секущая длина в нем равна маленькому отрезку  $EF$ . Небольшие выделы могут попасть в межмаршрутные пространства (см., например, выдел 2 на рис. 1). По этим причинам площадь, таксируемая с заданной точностью, оказывается меньше площади объекта, охваченного профильной съемкой. Чем больше требуемая точность и расстояние между маршрутами, тем меньше таксируемая площадь. Кроме того, она зависит от разряда лесостроительства [2].

Действительные конфигурации и ориентации выделов чрезвычайно многообразны и не поддаются какой-либо формализации, поэтому в общем случае теоретическое определение зависимости длины секущей от площади выдела невозможно. Только в частном случае, когда площадь выдела представляется в виде круга, эту зависимость можно найти теоретическим путем. Однако при этом остаются вне поля зрения слу-

чайные факторы, связанные с конфигурацией и ориентацией выделов. Учитываются только случайное положение круга относительно системы параллельных маршрутов и случайная площадь выдела. Поэтому теоретическое рассмотрение целесообразно дополнить статистическим моделированием на аэрофотоснимках с отграниченными выделами. При моделировании искомая зависимость определяется с учетом влияния всех случайных факторов, а сопоставление результатов моделирования с теоретическими выводами дает возможность отдельно оценить степень влияния конфигурации и ориентации.

Заменим действительную конфигурацию выдела эквивалентным по площади кругом. Диаметр этого круга

$$D_b = 200 \sqrt{S_b/\pi},$$

где  $S_b$  — площадь выдела, га.

На круг случайным образом накладываем систему параллельных линий, изображающих маршруты полета. Линии располагаем на равном расстоянии друг от друга  $L_m$ . Любое положение системы линий можно определить расстоянием  $x$  некоторой начальной линии  $AB$  от центра круга (рис. 2). Поскольку нельзя отдать предпочтение ни одному из положений в пределах периода повторения от  $x = 0$  до  $x = L_m$ , то величину  $x$  надо считать распределенной равномерно в этих пределах. При небольших расстояниях между маршрутами круг будет пересекаться несколькими линиями одновременно и суммарная секущая длина будет состоять из нескольких отрезков.

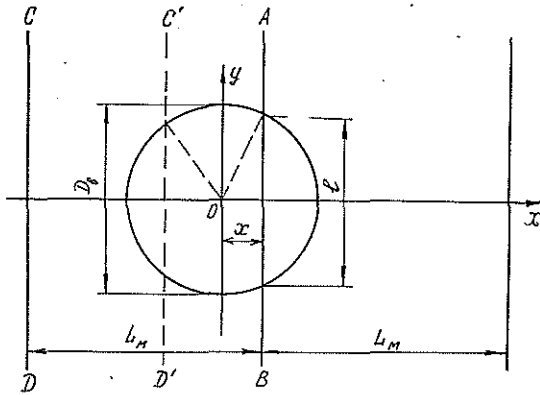


Рис. 2. К расчету длины секущей при  $L_m \geq D_b$

Рис. 2. поясняет методику на примере, когда  $L_m \geq D_b$ . В этом случае круг пересекается только одной линией или не пересекается вовсе. При  $0 \leq x \leq \frac{1}{2} D_b$  он пересекается линией  $AB$ , а при  $L_m - \frac{1}{2} D_b \leq x \leq L_m$  — линией  $CD$ . В остальных положениях пересечения нет (сдвиг системы линий производим в сторону положительного направления оси  $x$  от  $x = 0$  до  $x = L_m$ ). Когда в пересечении участвует линия  $AB$ , то секущая длина  $l$ , как видно из рис. 2:

$$l = 2 \sqrt{\left(\frac{1}{2} D_b\right)^2 - x^2} = \sqrt{D_b^2 - 4x^2}.$$

Умножив и разделив на  $L_m$  и подставив выражение  $D_b$  через  $S_b$ , получим:

$$l = 2L_M \sqrt{\frac{S_B \cdot 10^4}{\pi L_M^2} - \left(\frac{x}{L_M}\right)^2},$$

где  $S_B$  — в гектарах,  $L_M$  и  $x$  — в метрах.

При  $\frac{1}{2}D_B < x < L_M - \frac{1}{2}D_B$  ни одна линия не пересекает круг. Когда в пересечении участвует линия  $CD$ , занимая положение в левой половине круга (см. одно из положений  $C'D'$ ), секущая длина:

$$l = 2 \sqrt{\left(\frac{1}{2}D_B\right)^2 - (L_M - x)^2} = 2L_M \sqrt{\frac{S_B \cdot 10^4}{\pi L_M^2} - \left(1 - \frac{x}{L_M}\right)^2}.$$

Вне своих областей существования величина секущей обращается в мнимое число, поэтому общее выражение для секущей при  $L_M \geq D_B$  запишется в виде:

$$l = 2L_M \operatorname{Re} \left[ \sqrt{\frac{S_B \cdot 10^4}{\pi L_M^2} - \left(\frac{x}{L_M}\right)^2} + \sqrt{\frac{S_B \cdot 10^4}{\pi L_M^2} - \left(1 + \frac{x}{L_M}\right)^2} + \sqrt{\frac{S_B \cdot 10^4}{\pi L_M^2} - \left(1 - \frac{x}{L_M}\right)^2} \right], \quad (1)$$

где знак  $\operatorname{Re}$  означает, что нужно брать только вещественную часть выражения, стоящего в квадратных скобках.

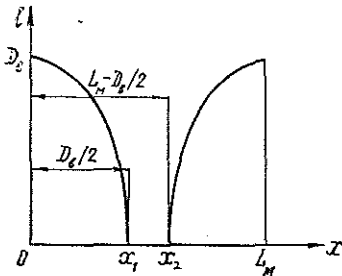


Рис. 3. Зависимость длины секущей от положения системы параллельных линий при  $L_M \geq D_B$

На рис. 3 построен график изменения длины секущей в зависимости от  $x$ . При  $L_M = D_B$  точки  $x_1$  и  $x_2$  совпадают. Наименьшая длина секущей равна нулю.

В данном случае вероятность пересечения круга равна отношению суммы длин  $0x_1 + x_2L_M$  к длине отрезка  $0L_M$ , т. е. меньше единицы. Достоверное пересечение круга секущей заданной длины возможно только при  $L_M < D_B$ .

Рассматривая суммарную секущую при  $0 < L_M < \infty$ , получим следующее выражение:

$$l = 2L_M \operatorname{Re} \left[ \sqrt{\frac{S_B \cdot 10^4}{\pi L_M^2} - \left(\frac{x}{L_M}\right)^2} + \sum_{i=1}^k \sqrt{\frac{S_B \cdot 10^4}{\pi L_M^2} - \left(i \pm \frac{x}{L_M}\right)^2} \right], \quad (2)$$

где  $k$  равно целой части выражения  $\frac{200}{L_M} \sqrt{\frac{S_{BM}}{\pi}}$ , в котором  $S_{BM}$  — максимальная площадь выдела в объекте.

Наименьшая длина суммарной секущей

$$l_n = 2L_M \operatorname{Re} \sum_{i=1}^k \sqrt{i \left( \frac{200}{L_M} \sqrt{\frac{S_B}{\pi}} - i \right)}, \quad (3)$$

где  $k$  определяется так же, как и для формулы (2). Величина  $l_n$  представляет наибольший интерес, потому что она является предельной, самой малой длиной секущей, которая обеспечивается в любом из случайных положений системы линий относительно круга. Вероятность того, что длина секущей равна или больше  $l_n$ , всегда равна единице. Событие

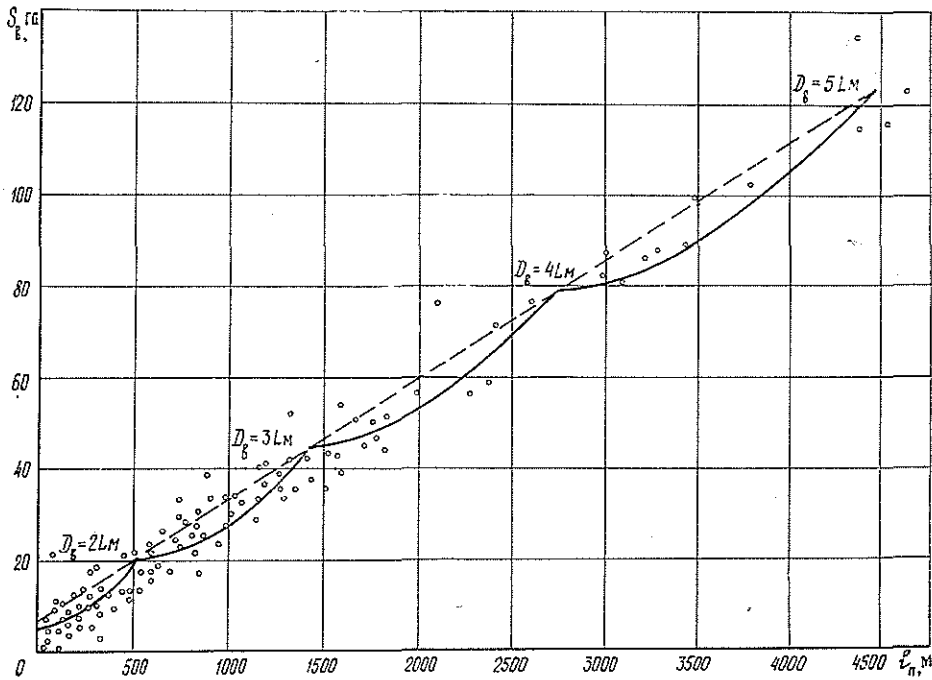


Рис. 4. Площадь выдела в зависимости от  $l_n$  при  $L_M = 250$  м: сплошная линия — теоретическая зависимость для кругового выдела ( $p = 1$ ); о — экспериментальные точки

$l \geq l_n$  достоверно. На рис. 4 сплошной линией показана зависимость  $S_v$  от  $l_n$ , выражаемая формулой (3) в случае  $L_M = 250$  м. Она изображается кривой с гребнями, которые соответствуют случаям, когда диаметр круга равен целому числу  $L_M$ . Гребни лежат практически на прямой линии. Пунктиром показана линия, проведенная через гребни  $D_v = 2L_M$  и  $D_v = 4L_M$ . Уравнение этой линии имеет вид

$$S_v = \frac{1}{10\,000} \left[ \frac{3\pi}{2(2\sqrt{3}+1)} L_M l_n + \frac{2(\sqrt{3}-1)}{2\sqrt{3}+1} \pi L_M^2 \right] \text{ га}, \quad (4)$$

где  $L_M$  и  $l_n$  — в метрах.

На этом же рисунке показаны точки, полученные путем статистического моделирования. Они плотно группируются около теоретической кривой. Разброс точек характеризует влияние различий в конфигурации и ориентации выделов.

Статистическое моделирование выполняли следующим образом. Были взяты спектрально-аэрофотоснимки 20 кварталов в Карельской АССР и Вологодской области с выделами, ограниченными по III разряду лесоустройства. Масштаб снимков 1 : 15 000. Общая площадь 20 кварталов — 8 492 га. Число выделов — 464. Средняя площадь выдела — 19 га. Моделирование производили с помощью четырех прозрачных палеток с нанесенной системой параллельных линий. У первой палетки расстояние между линиями равнялось 250 м в масштабе снимка, у остальных соответственно 500, 750 и 1 000 м. Палетки были несколько больше аэроснимка по размеру. Совместив вторую от края линию первой палетки с одной из границ квартала, измеряли суммарную длину секущей во всех выделах. Сдвинув палетку на  $1/5$  расстояния между линиями, снова определяли суммарные длины секущих. Затем то же самое делали при сдвиге на  $2/5$ ,  $3/5$  и  $4/5$ . Таким образом в каждом выделе получали значения длины секущей в зависимости от положения маршрута полета (для точного определения минимальной длины секущей плавно сдвигали палетку). Из них отбирали наименьшее значение  $l_n$  и наносили его на график в соответствии с площадью выдела, как

показано точками на рис. 4. Аналогичную работу проделывали с палетками для  $L_M = 500, 750$  и  $1\,000$  м.

Рис. 4 ясно показывает, что между площадью выдела и наименьшей предельной длиной секущей  $l_n$  существует прямолинейная корреляция вида

$$S_B = a l_n + b, \text{ или } l_n = a_1 S_B + b_1.$$

В результате расчета получены следующие уравнения линий регрессии:

при  $L_M = 250$  м

$$S_B = 0,0259 l_n + 3,65 \text{ га}; \quad l_n = 36,62 S_B - 102,4 \text{ м};$$

при  $L_M = 500$  м

$$S_B = 0,056 l_n + 5,13 \text{ га}; \quad l_n = 17,56 S_B - 85,9 \text{ м}.$$

Угловые коэффициенты уравнений для  $S_B$  и теоретической зависимости (4) практически совпадают, а свободные члены меньше свободного члена (4), поскольку линии регрессии идут ниже линии, соединяющей гребни теоретической кривой (см. рис. 4). С достаточным для практических расчетов приближением общий вид зависимости  $S_B$  от  $l_n$ , при  $250 \leq L_M \leq 500$  м можно получить из равенства (4), разделив его свободный член на  $\frac{\pi}{2,9 - \frac{L_M}{220}}$ :

$$S_B \approx \frac{1}{10\,000} \left[ \frac{3\pi}{2(2\sqrt{3}+1)} L_M l_n + \frac{2(\sqrt{3}-1)}{2\sqrt{3}+1} L_M^2 \left( 2,9 - \frac{L_M}{220} \right) \right] \text{ га}. \quad (5)$$

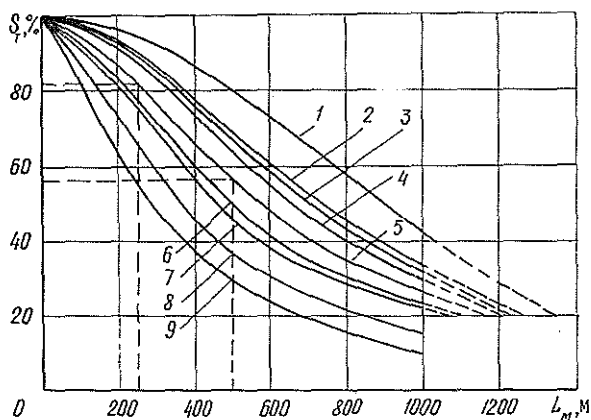


Рис. 5. Таксируемая площадь в зависимости от расстояния между маршрутами полета: 1 —  $l_n = 100$  м; 2 — 200; 3 — 220; 4 — 250; 5 — 350; 6 — 440; 7 — 500; 8 — 750; 9 — 1 000 м.

При статистическом моделировании площадь каждого выдела измеряли с помощью планиметра. Отобрав выделы, в которых предельная длина секущей не меньше наперед заданной величины  $l_n$ , находили сумму их площадей. Отнеся эту сумму к площади всего объекта ( $S = 8\,492$  га), получали ту долю площади объекта, в которой каждый выдел будет таксироваться с точностью не менее заданной. Такие подсчеты были сделаны для значений  $L_M$ , равных 250, 500, 750 и 1 000 м и ряда величин  $l_n$  от 100 до 1 000 м. Естественно, что при  $L_M = 0$  доля таксируемой площади составляет 100 %. По известным пяти точкам для каждого значения  $l_n$  построены плавные зависимости, показанные на рис. 5. Из них легко определяется  $S_T$  — площадь, таксируемая при съемке профилей леса с самолета. Например, если расстояние между мар-

шрутами полета равно 500 м, а для обеспечения заданной точности определения запаса на выделе необходимая длина секущего маршрута полета — 350 м, то таксируемая площадь будет составлять 56 % от площади всего объекта. С уменьшением расстояния между маршрутами таксируемая площадь возрастает: при  $L_M = 250$  м и той же длине секущего маршрута она достигает 82 %. Графики на рис. 5 справедливы только для III разряда лесоустройства. Аналогичным путем могут быть получены графики для других разрядов.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Методы изучения вертикальных сечений древостоев: Методические рекомендации / В. И. Солодухин, А. Я. Жуков, И. Н. Мажугин, В. И. Наркевич.— Л.: ЛенНИИЛХ, 1976.— 57 с. [2]. Распределение деревьев по площади в связи с высотой древостоев, определяемой по лазерной профилограмме / В. И. Солодухин, К. В. Шевченко, И. Н. Мажугин, Т. К. Бокова // Лесоустройство, таксация и аэрометоды: Сб. науч. тр.— Л.: ЛенНИИЛХ, 1985.— С. 75—82. [3]. Столяров Д. П., Желудов А. В., Минаев В. Н. Дистанционные методы в лесном хозяйстве // Там же.— С. 88—92. [4]. Столяров Д. П., Мошкалев А. Г. Задачи лесоустройства по улучшению использования и воспроизводства лесосырьевых ресурсов Северо-Запада РСФСР // Там же.— С. 3—14. [5]. Съемка кроны дерева с помощью лазерного дальномера / В. И. Солодухин, А. Г. Куляков, Б. И. Утенков и др. // Лесн. хоз-во.— 1977.— № 2.— С. 71—73.

Поступила 23 февраля 1987 г.

УДК 630\*61

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ И ВЕДЕНИЯ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА — ФУНДАМЕНТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЛЕСОУСТРОЙСТВА

С. Г. СИНИЦЫН

Союзгипролесхоз

Основные цели лесного хозяйства — воспроизводство лесных ресурсов и лесоразведение. Его плановые показатели — лесовосстановление, посадка и посев леса, уход за молодняками, рубки ухода, охрана и защита лесов, выращивание молодняков ценных пород, разведение пастбищных лесонасаждений, создание защитных лесов, полезащитных полос, ввод в эксплуатацию лесосушительных систем. Все это также земледельческие мероприятия.

Совершенно иные цели промышленной деятельности в лесах — удовлетворение потребностей в продукции целлюлозно-бумажной, лесохимической промышленности, пиломатериалах, древесных плитах и других изделиях из древесины. Это определяет несовместимость функций лесной промышленности и лесного хозяйства. Лесная промышленность осуществляет индустриальные функции, лесное хозяйство — земледельческие, хотя в ограниченных размерах ведет также заготовку древесины по главному пользованию в малолесных районах. Но промышленная деятельность не является профилирующей для лесного хозяйства: это хотя и важная, но дополнительная, побочная работа. В соответствии с Основами лесного законодательства Союза ССР и союзных республик [11] и Положением о Государственном комитете СССР по лесному хозяйству [12], получение продукции из древесины и непосредственное лесопользование не являются основной задачей лесного хозяйства.

В лесном хозяйстве СССР всегда преобладало земледельческое направление, а периоды ликвидации его самостоятельности характерны снижением качественных показателей лесного фонда, ослаблением государственного контроля за лесопользованием. Отрасль создавали по существу заново, что обеспечивало повышение качественных показателей лесов (см. таблицу).

Показатели качества лесного фонда	Несамостоятельное лесное хозяйство				Самостоятельная система лесного хозяйства			
	1961	1966	Изменения (всего/за год)		1966	1973	Изменения (всего/за год)	
			Всего	Процент к 1961 г.			Всего	Процент к 1966 г.
Покрытая лесом площадь, млн га	686,8	660,5	-26,30 5,26	-3,90 0,78	660,5	671,6	+11,10 1,59	+1,70 0,24
Необлесившиеся лесосеки, пустыри, прогалыны, млн га	27,6	25,7	-1,90 0,38	-6,90 1,38	25,7	18,2	-7,50 1,07	-29,20 4,17
Площадь мягколиственных пород, млн га	106,6	111,8	+5,20 1,04	+4,90 0,98	111,8	111,1	-0,70 0,10	-0,60 0,09
Площадь высокостволь- ных молодняков до 20 лет, млн га	22,6	25,0	+2,40 0,48	+10,60 2,12	25,0	42,0	+17,00 2,43	+68,00 9,71
Лесные культуры в покры- той лесом площади, млн га	4,7	6,1	+1,40 0,28	+29,8 5,96	6,1	10,8	+4,70 0,67	+77,0 11,00
Процент лиственных в спе- лых насаждениях	11,0	11,9	+0,90 0,18	-8,20 1,64	11,9	11,4	-0,50 0,07	-4,20 0,60
Общий средний прирост, млн м <sup>3</sup>	835	844	+9,0 1,8	-1,10 0,22	844	881	+37,0 5,30	+4,40 0,63

Ныне лесное хозяйство превратилось в развитую отрасль народного хозяйства, имеющую серьезное значение в агропромышленном комплексе. Около 126 млн га земель лесного фонда находится в долгосрочном сельхозпользовании. Для производства сельскохозяйственной продукции используется около 2 млн га пашен и усадеб, 11 млн га пастбищ и сенокосов, миллионами гектаров исчисляется резерв для расширения площади угодий. Примерно 20 млн га поле- и почвозащитных лесов предотвращают эрозию земель на 80...100 млн га и повышают урожайность сельскохозяйственных угодий. Ежегодно лес предохраняет не менее 350 тыс. га угодий от выбытия из сельскохозяйственного пользования. В пустынях и полупустынях на площади около 240 тыс. га в год создаются наиболее ценные и продуктивные в этих условиях лесные пастбища. В 1981 г. произведено товаров и изделий для



сельского хозяйства на 229 млн р., а пищевых продуктов леса почти на 132 млн р. Производство их растет на 7...9 % в год. Около 42 млн м<sup>3</sup> древесины от рубок ухода ежегодно идет на сельские нужды; лесное хозяйство строит дороги, необходимые для села. Отрасль заготавливает большое количество сена, производит консервы и хвойно-витаминную муку, занимается рекультивацией и осушением земель, разводит рыбу и дичь. Аграрные функции лесного хозяйства растут много быстрее, чем любые иные. Включение лесхозов в состав РАПО обусловлено неразрывностью их экономической связи с сельским хозяйством. «Интересы общества постоянно требуют дальнейшего развития пищевой, лекарственной и кормовой отраслей лесохозяйственного производства» [4], что является аграрными функциями отрасли.

Несовместимость лесного хозяйства с сельским определяется огромной разницей в продолжительности оборота хозяйства и ограниченной возможностью получения на одной и той же площади одновременно лесосырьевых ресурсов вместе с пищевыми и кормовыми. Однако по технологии и основным средствам производства, а следовательно, и по управленческим функциям, лесное хозяйство несравненно ближе к сельскому, чем к лесной промышленности.

Для лесного хозяйства максимум достоинств в условиях непрерывно расширяющейся потребности во всех видах лесных ресурсов обеспечивается тогда, когда формирующая и воспроизводящая их отрасль не находится в подчинении одного из потребителей ресурсов, иначе неизбежны частные приоритеты, входящие в глубокие противоречия с интересами других отраслей и народного хозяйства в целом. Они будут тем болезненнее, чем выше уровень специализации потребителя и дальше от лесного хозяйства его цели, функции и технология.

Современная структура способствует комплексному использованию всех видов лесных ресурсов, интенсификации их воспроизводства. Она обеспечивает постепенное повышение качества лесов и использования земель лесного фонда, привлечение к лесопользованию организаций и граждан СССР, развитие промышленного лесопользования, создает условия для управления лесами и землями лесного фонда в тесном контакте с органами Советской власти. При таком положении структурное объединение хозяйственной и промышленной деятельности приведет только к усилению приоритетов древесно-сырьевых функций системы, что вызовет ухудшение качества работ по воспроизводству, охране и повышению качества лесных ресурсов, усложнит их комплексное использование, снизит внимание к использованию земель лесного фонда в интересах развития сельскохозяйственного производства, приведет к ослаблению контроля за лесопользованием или потребует создания дополнительной громоздкой фискальной системы, снизит значение земель лесного фонда в агропромышленном комплексе, усилит противоречия с органами Советской власти на местах.

Следовательно, в современных условиях наиболее эффективно и перспективно существование лесного хозяйства как самостоятельной отрасли агропромышленного комплекса. Необходимо уточнить его целевые функции. В их состав должны войти требования Продовольственной программы в форме, соответствующей природе леса. Это потребует изменения принципов организации использования основного средства производства лесного хозяйства — земли. К приоритетному направлению использования земель лесного фонда надлежит отнести их аграрное использование в виде сельскохозяйственных угодий — под пашни, сенокосы, пастбища, пчеловодство, кормовые плантации, подсобные хозяйства и т. д. Ведущим принципом лесного хозяйства должно стать рациональное использование земель лесного фонда с получением максимального экономически обоснованного количества древесины высо-

кого качества, а также пищевого и кормового сырья путем использования естественных лесных ресурсов и создания специальных плантаций и подсобных производств. В связи с этим возникает необходимость предусмотреть в лесоустроительной инструкции организацию хозяйственных секций второго порядка (вторичных), так как территориальное размещение пищевых и кормовых ресурсов не может совпадать с размещением древесных ресурсов, но организация сельскохозяйственного пользования невозможна без пространственного регулирования. Обоснование объемов, размещения перспективного сельскохозяйственного производства на землях лесного фонда должно быть отражено в лесоустроительной документации и на планово-картографических материалах.

Сложности перехода на непрерывное и неистощительное лесопользование определяются природной динамикой запасов спелой древесины и перспективной расчетной лесосекой, которая по всем способам исчисления, кроме равномерного пользования, и по среднему приросту будет уменьшаться от 17 до 4 % за десятилетие. Лесосека равномерного пользования лишь по европейской части страны на 60...63 млн м<sup>3</sup> меньше действующей. Лесосека по среднему приросту не может быть использована, ибо она тем больше, чем меньше спелых насаждений в хозяйстве.

Переход на непрерывное и неистощительное лесопользование требует уточнения методологии лесоустройства и оптимального нормирования размера главного пользования лесом, теория и практика которого разработаны [13], внедряются и дают положительный эффект [2]. Однако до сих пор не утверждена методика определения оптимальных лесосек и перечень исчисляемых, пригодных для оптимизации величины главного пользования, которые следует отнести дополнительно к действующим: лесосеки Ландольта, Анцукевича, Ханцлика, интегральную и равномерного пользования в варианте на формировании возрастного распределения насаждений по верхнему пределу класса возраста рубки.

Запасы должны оцениваться не только по стволу древесине, но и по всей ее массе [1, 5, 8, 10] с распределением на стволую, корни, вершины, сучья, сухостой. Нетрадиционные источники древесного сырья — весьма существенный резерв, составляющий 50...60 % от стволуой ликвидной древесины. Зарубежные исследования роли и значения этого сырья согласуются с нашими [6].

Необходима фундаментальная база, достижение которой следует считать целью воспроизводства лесов и перспективного ведения в них хозяйства. Основоположниками отечественного лесоводства такой фундамент обоснован в форме нормального леса [9], который должен иметь максимальный средний прирост, все классы возраста, представленные одинаковыми площадями, нормально размещенными в пространстве, качество прироста и запаса, обеспечивающее наивысший лесной доход. Существует мнение, что это теоретическое положение лишает лесное хозяйство стимулов развития. Но максимальный прирост и качество запаса требуют именно динамичного развития лесного хозяйства, его глубокого вмешательства в сформированную структуру лесов. Так, по Калининской области таксовая стоимость спелой древесины при увеличении доли хвойной хозяйственной секции с 19 до 80 % возрастает на 16 %. Нормальное распределение насаждений по классам возраста повышает таксовую стоимость среднего прироста на 8 %, а рост продуктивности лесов на 10 % вызывает увеличение ее по спелой древесине на 34 % и т. д. Основным средством достижения нормального леса в условиях расширенного воспроизводства должна быть система непрерывно-производительного леса (НПЛ) [7].

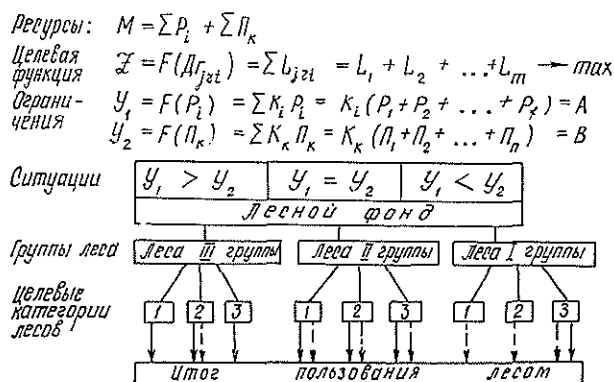


Схема организации многоцелевого лесного хозяйства и комплексного лесопользования. Обозначения:  $P_i$  — различные виды сырьевых ресурсов (древесина главного и промежуточного пользования, ягоды, грибы, лекарственно-техническое и иное сырье);  $\Pi_k$  — различные виды полезных свойств (водоохранные, защитные, оздоровительные и др.);  $D_{jt}$  — ресурсы древесины главного пользования;  $L$  — расчетная лесосека главного пользования;  $j$  — вид хозяйства;  $t$  — режим лесопользования;  $t$  — этапы времени,  $t = \overline{1, m}$ ;  $K_i$  — коэффициент использования сырьевых ресурсов по видам,  $i = \overline{1, f}$ ;  $K_k$  — коэффициент использования несырьевых ресурсов по видам,  $k = \overline{1, n}$ ;  $A, B$  — постоянные. Поток сырьевых ресурсов обозначены сплошной стрелкой, несырьевых — штриховой

Важно определить основную сущность лесохозяйственной деятельности и организации лесопользования, на которые должно быть ориентировано лесоустройство: «Под пользованием понимается возможность извлечения естественных полезных свойств, в частности, доходов и иных выгод»\*. Поэтому лесопользованием следует считать не только извлечение из леса сырья — древесины, лекарственно-технического сырья, ягод и т. п., но и получение любых полезных свойств лесов. Лесопользование никогда не замкнется на одной группе ресурсов, наоборот, разнообразие ресурсов будет расти.

Значение сырьевых лесных ресурсов общеизвестно. Несырьевые относятся к социальной сфере, но они не менее ценны, чем сырьевые.

Коренные различия между двумя группами ресурсов в их приоритетах формируют необходимость деления лесов на группы и категории защитности по целевым направлениям, следствием чего является организация многоцелевого лесного хозяйства при комплексном использовании лесных ресурсов. Для каждой категории защитности лесов в конкретных условиях лесоустройством должна определяться главная цель ведения лесного хозяйства, но следует разрабатывать проект использования возможно более широкого комплекса ресурсов (см. рисунок). Это определяет необходимость установления режимов лесопользования (по сходству основных пространственно-временных и технологических параметров воспроизводства и использования лесных ресурсов ведущего целевого назначения) и организации на этой основе единой для страны системы хозяйственных частей и секций.

\* Комментарий к Основам земельного законодательства.— М.: Юрид. литер., 1974.— 350 с.

Основополагающей закономерностью в перспективе является возрастающий динамизм лесного хозяйства и лесопользования. Соотношение динамики воспроизводства и использования лесных ресурсов в перспективе определяет успех развития лесопользования. Поэтому динамические показатели должны стать методической основой лесоустройства при проектировании всех мероприятий в лесном хозяйстве и при организации лесопользования. Например, при проектировании рубок ухода за лесом должна учитываться динамика запаса насаждений, динамика строительства дорог. Объемы этих рубок следует определять на начало ревизионного периода, начало и конец следующей пятилетки и на конец ревизионного периода [14].

Объективная основа организации лесного хозяйства и лесопользования на перспективу — усиление роли лесоустройства в планировании. Решающую роль может сыграть централизованное планирование лесного хозяйства при более полном использовании материалов лесоустройства, для чего нужна единая система организации лесного фонда, совмещенная с потребностями лесопользования, а также нормативная база развития лесного хозяйства для каждого предприятия, с последующим агрегированием их на более высоком уровне [15]. В практическом приложении важно внедрение лесоустройством таких новейших систем организации лесопользования и воспроизводства лесных ресурсов, как вертолетная вывозка древесины в горах, создание специальных плантаций для ускоренного воспроизводства целевых сортиментов и т. п. На лесоустройство ложится ответственная задача обеспечения организации лесного хозяйства в соответствии с перспективными целями, что требует немедленного обновления лесоустроительной инструкции.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Анучин Н. П. Лесная таксация.— М.: Лесн. пром-сть, 1982.— 552 с. [2]. Бочков И. М., Сеницын С. Г. Определение размера главного пользования лесом с применением линейного программирования и ЕС ЭВМ в лесоустройстве.— М.: ЦБНТИлесхоз, 1978.— 32 с. [3]. Булгаков Н., Масютин М. Второй урожай // Лесная новь.— 1983.— № 9.— С. 15—16. [4]. Кравчинский Д. Лесовозращение / Изд. А. С. Девриена.— СПб., 1903.— 273 с. [5]. Лосицкий К. Б., Чуенков В. С. Эталонные леса.— М.: Лесн. пром-сть, 1980.— 191 с. [6]. Михайлов Г. М., Белоусова Т. Я. Пути увеличения ресурсов древесного сырья за рубежом.— М., ВНИПИЭИлеспром, 1977.— 28 с. [7]. Моисеев Н. А. Теоретические основы долгосрочного прогнозирования лесопользования и воспроизводства лесных ресурсов: Автореф. дис. . . докт. с.-х. наук.— Л., ЛТА, 1974.— 70 с. [8]. Молчанов А. А. Продуктивность органической массы.— М., Наука, 1971.— 275 с. [9]. Орлов М. М. Лесоустройство, Т. 1 // Лесн. хоз-во.— 1927.— 307 с. [10]. Орлов М. М. Лесная вспомогательная книжка.— М.: Гостехиздат, 1930.— 760 с. [11]. Основы лесного законодательства Союза ССР и союзных республик // Сб. нормативных материалов по лесному хозяйству.— М.: Лесн. пром-сть, 1984.— С. 6—29. [12]. Положение о Государственном комитете СССР по лесному хозяйству // Там же.— С. 92—95. [13]. Расчет размера лесопользования / Под общ. ред. С. Г. Сеницына.— М.: Лесн. пром-сть, 1973.— 176 с. [14]. Сеницын С. Г. Охрана природы в лесоустроительном проектировании // Научно-техническое развитие лесоустройства.— М.: Лесн. пром-сть, 1982.— С. 144—176. [15]. Степин В. В., Сеницын С. Г. Лесное хозяйство в системе природопользования.— М.: ЦБНТИлесхоз, 1978.— 44 с.

Поступила 10 ноября 1986 г.

УДК 630\*232 : 674.032.475.542

## ПЕРСПЕКТИВЫ И СПОСОБЫ КУЛЬТУР ЕЛИ ОБЫКНОВЕННОЙ В ПОДЗОНЕ ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ НЕЧЕРНОЗЕМНОГО ЦЕНТРА

*В. В. ОГИЕВСКИЙ, Е. С. КРЕТОВ, А. А. МЕДВЕДЕВА,  
Л. М. СОБОЛЕВА*

Брянский технологический институт

На юге Нечерноземного центра расположены два лесорастительных округа подзоны широколиственных лесов — Центральный и Брянский [4].

В результате смены коренных хвойных и твердолиственных лесов на производные в этом регионе до 50 % лесопокрытой площади окажется занято осиновыми и березовыми насаждениями. Здесь наблюдается устойчивая смена пород и увеличение площади производных насаждений при рубке сосняков и ельников липняковых, лещиновых и дубовых, всегда имеющих в своем составе осину. Рубка производных лиственных насаждений не ведет к уменьшению их площади — они надежно восстанавливаются, но в каждом новом поколении увеличивается участие осины, а производительность и качество древесины ухудшаются.

При выборе главной породы для лесных культур в условиях, характерных для сосновых насаждений (сосняки брусничные, черничные, мшистые и производные от них типы леса), предпочтение отдавалось сосне, в дубравных условиях — дубу. Четкого представления о том, каким породам следует отдавать предпочтение в группе сложных типов леса, пока нет.

Массовое уничтожение культур сосны и дуба дикими животными и внедрение надежного способа посадки ели саженцами привели к тому, что ель стала занимать свыше 70 % площади ежегодных лесных культур и ее стали культивировать даже в борах. Целесообразность такого повсеместного культивирования ели более чем спорна. Еще Г. Ф. Морозов [5], на примере Брянского лесного массива, показал, что ель в подзоне широколиственных лесов распространяется:

в елово-широколиственных насаждениях на достаточно влажных почвах, сформировавшихся на меловом рухляке и продуктах его выветривания, на суглинках и глауконитовых песках с фосфоритами;

в сосново-еловых насаждениях — на песчаных почвах, при близости грунтовых вод и богатых подпочвах;

в виде подлесочного яруса на песчаных почвах с плодородными подпочвами и глубоко залегающими грунтовыми водами.

Перечисленные условия характерны для сложных типов леса, и ель целесообразно вводить в культуры только в этой группе типов леса.

Сложным является вопрос о создании устойчивых еловых насаждений в елово-широколиственной формации (ельники дубовый, липняковый и производные от них типы леса). Во второй половине прошлого столетия наблюдалось массовое усыхание и вывал ели в естественных насаждениях этой формации, явившиеся следствием сильных засух 1831—1840 гг. и массовых рубок на больших площадях. По описаниям [1, 2], елово-широколиственные насаждения имеют в составе около пяти единиц ели и твердолиственных пород и столько же осины и бе-

резы, которым присущ более короткий срок жизни. Вероятно, несовпадение периодов распада элементов леса, составляющих эти насаждения, также является причиной их нестойкости. Искусственные насаждения в этой формации должны быть смешанными по составу, сложными по строению и состоять из 4...5 единиц ели, 3...4 — дуба и не более 1...2 единиц осины и березы. Поэтому необходимо создавать елово-дубовые культуры, либо, при наличии подроста дуба, однопородные культуры ели с выведением дуба в первый ярус рубками ухода.

Имеющиеся [12] и наши данные показывают, что в условиях елово-широколиственной формации вполне можно выращивать искусственные насаждения с запасами более 400...500 м<sup>3</sup>/га.

В условиях сосняков липняковых, лещиновых и производных от них типов леса, при близости грунтовых вод, целесообразны сосново-еловые культуры. Данные об искусственных насаждениях, созданных К. Ф. Тюрмером [10] и В. П. Тимофеевым [6, 7], показывают, что максимальные запасы древесины (более 500 м<sup>3</sup>/га) дают сосново-еловые насаждения, имеющие к возрасту спелости состав первого яруса 7С3Е и второй ярус из ели. Запасы древесины в них примерно на 150 м<sup>3</sup>/га выше, чем в чистых еловых, и на 100 м<sup>3</sup>, чем в чистых сосновых насаждениях.

В условиях сосняков лещиновых и производных от них типов леса, при залегании грунтовых вод глубже 1,5 м, целесообразны сосново-еловые культуры, в которых ель выступает в качестве подгонно-подлесочной породы. В таких естественных насаждениях сосна дает древесину наилучших технических качеств [5]. От чистых сосновых древостоев лучше отказаться (из-за плохой очищаемости от сучьев). Запасы древесины в насаждениях сосны с подгонно-подлесочным ярусом ели достаточно высоки — более 400 м<sup>3</sup>/га.

Таким образом, нельзя признать правильным курс на создание однопородных культур ели. В условиях елово-широколиственной формации эти культуры обеспечивают создание производительных, но недостаточно устойчивых, еловых и елово-мягколиственных насаждений. В остальных случаях однопородные культуры приведут к потере не менее 100 м<sup>3</sup> древесины на 1 га. В сосняках лещиновых и производных от них типах леса главной породой должна быть сосна, а ель — либо второй главной породой в доле 2...3 единиц в первом ярусе и образующей второй ярус насаждения, либо подгонно-подлесочной.

Основной лесокультурный фонд в регионе представлен свежими вырубками, характеризующимися быстрым развитием мощного травяного покрова, обильным зарастанием малоценными листовыми породами и захламленностью. Из-за отсутствия разработанной технологии вырубки в сырых условиях оставляют под «естественное зарастание», а культуры создают на рубках в свежих и влажных условиях местопроизрастания.

Имеющиеся культуры ели созданы по упрощенной агротехнике. Независимо от степени увлажнения и числа пней, проводили борозды и посадку в дно борозд. Необходимые ухода выполняли, в основном, ручными орудиями.

Отрицательные стороны посадки культур в борозды в подзоне широколиственных лесов во влажных условиях местопроизрастания (С<sub>3</sub>) сказываются в меньшей степени, чем отмечено для подзона смешанных лесов и южной тайги [8, 11]. Периоды избыточного увлажнения здесь короче, а под сравнительно бедным слоем почвы на небольшой глубине часто залегает плодородная подпочва (лессовидные или покровные суглинки, меловой рухляк, глауконитовые пески). Приживаемость лесных культур в этих условиях высокая — 90...98 %, но этот показатель слабо характеризует дальнейшее состояние культур. С третьего года

увеличивается отпад слабых и угнетение хорошо развитых саженцев ели естественным молодняком лиственных пород. При средневзвешенной приживаемости более 90 % сохранность 6—7-летних культур равна 75...80 %, а к 10-летнему их возрасту, если не произвести осветления, снижается до 15...20 %. Сохранность резко падает на 1...2 года раньше, чем это отмечено [8] для подзоны смешанных лесов.

В регионе распространена посадка культур ели 4—5-летними (2 + 2, 2 + 3) саженцами. Только в Брянской области с 1968 г. по 1985 г. создано 16 тыс. га таких культур. Применение саженцев позволяет культурам преодолеть конкуренцию травяного покрова без агротехнических уходов, но не освобождает от необходимости осветлений. Наглядным примером служат опытно-производственные культуры ели в Синезерском лесничестве Навлинского лесокombината Брянской области, заложенные на вырубке в типе леса сосняк липняковый. На второй год после посадки они имели приживаемость от 81 до 84 % [3], а сохранность на секциях без осветлений к 10-летнему возрасту культур колебалась от 23 до 44 %. Саженцы ели на этих секциях сохранились куртинами, приуроченными к местам слабого возобновления осины и березы.

Такая картина типична для всей подзоны широколиственных лесов. Преодолеть превращение еловых культур в отдельные куртины возможно только при своевременных осветлениях.

Состав искусственных насаждений, формирующихся из однопородных культур ели, зависит от их первоначальной густоты и направленности рубок ухода. При узких междурядьях (3 м и меньше) чаще всего формируются чистые или с небольшой примесью лиственных пород еловые насаждения, при более широких междурядьях (5...6 м) в составе формирующегося насаждения резко возрастает доля участия мягколиственных пород естественного происхождения. Трудно ожидать, что необходимое количество дуба или сосны появится естественным путем. Поэтому для выращивания насаждений оптимального состава необходимо перейти от однопородных культур ели к елово-дубовым и сосново-еловым культурам.

Есть все основания считать, что применяющиеся в подзоне широколиственных лесов способы создания культур ели мало пригодны для выращивания насаждений оптимального состава и производительности. Здесь, при выращивании леса на рубках, должна найти широкое применение агротехника плантационного лесовыращивания.

Вопросы комплексной механизации технологического цикла лесовыращивания на рубках, интенсивно зарастающих лиственными породами, решены недостаточно. Препятствием для механизации всех видов работ являются пни. Рекомендуемая корчевка пней узкими полосами не дает желаемых результатов [9]. Пришло время отказаться от корчевки и перейти либо на оставление пней минимальной высоты (до 10 см), либо на удаление надземной части пней измельчением. Обработку почвы полосами необходимой ширины целесообразно производить либо тяжелыми дисковыми орудиями (типа тяжелых дисковых борон), разрезающими корни осины и перекатывающимися через пни, либо орудиями рыхлящего типа, разрывающими корни, корчующими мелкие пни и выглубляющимися при переходе через крупные пни. Достаточно глубокая обработка почвы подавит вегетативное возобновление лиственных пород на обработанных полосах, а удаленные или заниженные пни не будут препятствовать последующему «моложению кулис» между полосами механизированными способами.

Имеющийся лесокультурный опыт [6, 7, 10] показывает, что сосново-еловые культуры на обработанных полосах могут создаваться либо чередованием рядов из сосны и ели, либо смешением этих пород

звеньями в рядах; для елово-дубовых культур, вероятно, целесообразно чередование ряда ели с двумя рядами дуба.

Высокая производительность сосново-еловых и елово-широколиственных насаждений в подзоне широколиственных лесов (400...500, а в ряде случаев 700...800 м<sup>3</sup>/га) дает основание считать, что работы по искусственному лесовосстановлению в этой подзоне должны производиться на качественно новой основе.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Гроздов Б. В. Типы леса Брянской, Смоленской и Калужской областей.— Брянск, 1950.— 55 с. [2]. Коновалов Н. А. Очерк типов хвойно-широколиственных лесов в Брянском лесном массиве // Тр. Ленингр. общ-ва естествоиспытателей.— 1936.— Т. 65, вып. 3.— С. 372—401. [3]. Кретов Е. С., Богинский Н. И. Особенности морфогенеза культур ели в зависимости от вида и возраста посадочного материала // Лесная геоботаника и биология древесных растений.— Брянск: Приокское кн. изд-во, Брянск, отд-ние, 1974.— Вып. 2.— С. 58—65. [4]. Курнаев С. Ф. Лесорастительное районирование СССР.— М.: Наука, 1973.— 355 с. [5]. Морозов Г. Ф. Учение о типах насаждений.— М.: Сельхозгиз, 1930.— 421 с. [6]. Обновленский В. М. Повышение продуктивности лесных площадей Брянской и смежных областей методами лесных культур // Пути повышения продуктивности лесного хозяйства.— Брянск, 1961.— С. 44—59. [7]. Помогаева В. А. Особенности роста сосны в чистых и смешанных культурах в сложных суббоях учебно-опытного лесхоза БТИ // Матер. науч.-практ. конф. «Организация многоцелевого хозяйства и рационального лесопользования в бассейне р. Десны».— Брянск, 1985.— С. 84—85. [8]. Родин А. Р. Культуры ели на вырубках.— М.: Лесн. пром-сть, 1977.— 168 с. [9]. Родин А. Р. Теоретические и практические аспекты повышения эффективности и качества искусственного лесовозобновления // Лесн. хоз-во.— 1986.— № 1.— С. 32—37. [10]. Рубцов М. В., Мерзленко М. Д. Лесные культуры К. Ф. Тюрмера: Экспресс-инф. Сер. «Лесные культуры, защитное лесоразведение и лесомелиорация».— М.: ЦБНТИлесхоз, 1975.— Вып. 14.— 41 с. [11]. Смирнов С. П. Создание культур сосны и ели на вырубках подзоны южной тайги с временно переувлажненными почвами // Выращивание сосны и ели в культурах.— Пушкино: ВНИИЛМ, 1975.— С. 17—30. [12]. Тарасенко В. П. Опыт восстановления елово-широколиственных насаждений Брянского опытного лесничества // Реф.-тез. сб. науч.-техн. конф. по результатам исследовательских работ за 1956 г.— Брянск: БЛХИ, 1957.— Вып. 2.— С. 34—36.

Поступила 2 октября 1986 г.

УДК 630\*432.31

### К РАСЧЕТУ СИЛ И СРЕДСТВ НА ОСТАНОВКУ ЛЕСНОГО ПОЖАРА

Э. В. КОНЕВ

ВНИИХлесхоз

Для остановки и локализации лесных пожаров привлекаются значительные трудовые, материальные и финансовые ресурсы. К настоящему времени разработан ряд методик расчета сил и средств на эти цели ([1, 4—6] и др.). Однако контур пожара принимается при этом замкнутым, что не всегда имеет место (например, при крупных лесных пожарах). К тому же в одних методиках не учтено изменение длины кромки пожара в ходе тушения, в других — влияние интенсивности горения на скорость остановки пожара.

Цель нашего исследования — разработать алгоритм, свободный от этих недостатков.

Постановка задачи. Длина горящей кромки лесного пожара  $L$  в ходе его остановки изменяется по двум причинам: а) увеличение периметра пожара со скоростью  $V$  вследствие естественного распространения огня по лесному покрову; б) уменьшение длины горящей кромки пожара со скоростью остановки  $V_0$  в результате борьбы с огнем. Поскольку по второй причине одновременно растет длина остановленной



кромки  $L_0$ , то процесс остановки лесного пожара может быть описан следующей системой дифференциальных уравнений:

$$\frac{dL}{d\tau} = V - V_0 \quad (1)$$

при начальном условии  $L(0) = L_{н}$ ;

$$\frac{dL_0}{d\tau} = V_0 \quad (2)$$

при начальном условии  $L_0(0) = 0$ .

Очевидно, что число людей (механизмов), необходимых для остановки и локализации лесного пожара, при прочих равных условиях должно быть пропорционально длине остановленной кромки. Расчет последней, как функции времени остановки  $\tau_0$ , начальной длины кромки пожара  $L_{н}$  и скорости роста длины контура  $V_{н}$ , сводится к решению уравнений (1), (2) при условии, что длина горящей кромки пожара в момент окончания остановки  $\tau = \tau_0$  обращается в нуль, т. е. что  $L(\tau_0) = 0$ .

Решение уравнений. Контур лесного пожара с заданной степенью точности всегда можно представить в виде  $i$  дуг окружностей радиуса  $R_i$ . В этом случае огонь продвигается вдоль радиуса, при заданном отношении  $\alpha_i = \frac{L_i}{2\pi R_i}$ . Соответственно ее длина должна быть пропорциональна радиусу (в случае развитого пожара он изменяется с постоянной скоростью  $u_i$ ) и описываться соотношением

$$L_i = \alpha_i 2\pi R_i = \frac{L_{ni}}{2\pi R_{ni}} [2\pi (R_{ni} + u_i \tau)], \quad (3)$$

из которого вытекает, что

$$V_i = \frac{dL_i}{d\tau} = \frac{L_{ni}}{R_{ni}} u_i = \frac{L_i u_i}{R_{ni} + u_i \tau}. \quad (4)$$

Здесь  $L_{ni}$  — начальная длина дуги;

$R_{ni}$  — ее начальный радиус.

Для вогнутой дуги  $u_i$  берется со знаком минус.

В процессе остановки длина горящей кромки  $L_i$  изменяется сильно (до нуля), в то время как ее продвижение обычно невелико и удовлетворяет соотношению  $R_{ni} \gg u_i \tau_0$ . Поэтому уравнение (1) с учетом (4) может быть записано как (индекс  $i$  для простоты опускаем)

$$\frac{dL}{d\tau} = \frac{Lu}{R_{н}} - V_0$$

при начальном условии  $L(0) = L_{н}$ .

После разделения переменных

$$\frac{dL}{(Lu/R_{н}) - V_0} = d\tau$$

оно легко интегрируется

$$\ln \left( \frac{Lu}{R_{н}} - V_0 \right) \Big|_{L_{н}}^L = \frac{u}{R_{н}} \tau \Big|_0^{\tau},$$

и при  $\tau = \tau_0$  взаимосвязь между скоростью остановки пожара  $V_0$ , временем его остановки  $\tau_0$  и параметрами отрезка кромки в момент начала остановки имеет вид:

$$V_0 = \frac{L_{н}u}{R_{н}} (1 - e^{-u\tau_0/R_{н}})^{-1}. \quad (5)$$

Поскольку из уравнения (2) при  $V_0 = \text{const}$  следует, что  $L_0(\tau_0) = V_0 \tau_0$ , то из выражений (4), (5) при  $\tau = \tau_0$  вытекает следующее соотношение для длины отрезка остановленной кромки пожара:

$$L_0(\tau_0) = V_0 \tau_0 = V_n \tau_0 (1 - e^{-V_n \tau_0 / L_n})^{-1}. \quad (6)$$

Здесь  $V_n$  — скорость увеличения длины отрезка контура пожара в момент начала его остановки.

В случае, когда  $\tau_0$  мало по сравнению со временем развития пожара  $\tau_p \approx L_n / V_n$ , т. е. при  $\frac{\tau_0}{\tau_p} = \frac{V_n \tau_0}{L_n} \ll 1$ , полученное решение после разложения экспоненты в ряд и простых преобразований может быть представлено также как:

$$L_0(\tau_0) = L_n + \frac{1}{2} V_n \tau_0 - \frac{1}{6} V_n^2 \tau_0^2 / L_n + \dots \quad (7)$$

В таком виде оно показывает, что для отрезка в форме дуги окружности длина остановленной кромки  $L_0(\tau_0)$  может быть принята примерно равной полусумме длин дуг свободно распространяющегося пожара в моменты  $\tau = 0$  и  $\tau = \tau_0$ :

$$L_0(\tau_0) \approx L_n + \frac{1}{2} V_n \tau_0 = \frac{L_n + L(\tau_0)}{2}, \quad (8)$$

а для прямолинейного отрезка ( $R_n = \infty$ ) — его первоначальной длине

$$L_0(\tau_0) = L_n. \quad (9)$$

Очевидно, что общая длина кромки остановленного пожара может быть найдена затем сложением длин составляющих ее отрезков.

Расчет сил и средств для отрезка контура. На практике часто необходимо остановить часть замкнутого контура или отдельно функционирующую кромку пожара. В этом случае число людей или механизмов для остановки и локализации нетрудно рассчитать при известной длине остановленной кромки как

$$n = \frac{L_0(\tau_0)}{L_1} = \frac{V_0 \tau_0}{V_{01} \tau_0} = \frac{V_0}{V_{01}}. \quad (10)$$

Здесь индексом «1» обозначена длина остановленной кромки  $L_1$ , км или скорость остановки (локализации) пожара  $V_{01}$ , км/ч в расчете на одного человека, звено или механизм. Численность звеньев (бригад в случае применения механизмов) и производительность их труда регламентируются действующими нормативами [6].

Указанные нормативы даны для усредненных условий и поэтому могут быть использованы без поправок лишь при косвенных способах остановки пожара, основанных на создании негорючих преград на его пути. При прямом тушении кромки пожара необходимо учитывать дополнительно, что расход агентов должен возрастать, а скорость остановки соответственно убывать в первом приближении пропорционально интенсивности кромки пожара  $I$  [2]:

$$\frac{V_{01}}{V_{01}} = \frac{\bar{I}}{I} = \frac{Q \bar{u} \bar{M}}{Q u M},$$

откуда

$$V_{01} = \bar{V}_{01} \frac{\bar{u} \bar{M}}{u M}. \quad (11)$$

Здесь  $M$  — запас сгорающих лесных горючих материалов (ЛГМ);  
 $Q$  — тепловой эффект их сгорания.

Чертой обозначены значения факторов при стандартизованных, т. е. наиболее удобных для контроля, условиях — штиль, нулевой угол склона, средний класс пожарной опасности, среднестатистические значения параметров ЛГМ.

Примерные значения скорости остановки  $\bar{V}_{01}$  и затрат времени на остановку 1 км кромки пожара  $\tau_1 = \bar{V}_{01}^{-1}$  для различных способов остановки лесного пожара приведены в табл. 1. Они рассчитаны по данным [6] для усредненных условий с учетом того, что некоторое завышение затрат времени по сравнению со стандартизованными условиями практически полностью компенсируется падением производительности труда по мере остановки пожара. При этом данные для косвенных способов остановки могут быть использованы также для расчетов сил и средств на локализацию лесных пожаров.

Таблица 1

Способы остановки пожара	Звено, чел.	$L_0$ , м	$\tau_0$ , мин	$\bar{c}_1$ , звено/км	$\bar{V}_{01}$ , км/(ч × звено)
Прямые					
Захлестывание огня	1	25	4—5	3,0	0,33
Засыпка кромки пожара грунтом	1	10	19,5	32,5	0,03
Тушение кромки пожара химикатом с помощью ранцевой аппаратуры	1	100	3—5	0,7	1,4
Заливка огня водой с помощью мотонасосов	6	100	10	1,7	0,6
Косвенные					
Удаление напочвенного покрова и подстилки граблями	1	100	75	12,5	0,08
Прокладка канавки лопатой	1	100	200	33,3	0,03
Прокладка минерализованных полос:					
тракторным плугом	3	100	2,5—5	0,6	1,7
бульдозером	2	100	12—15	2,25	0,45
шнуровым зарядом	4	100	3—4	0,6	1,7
Создание негорючих химволок с помощью ранцевых опрыскивателей	1	100	8—10	1,5	0,7
Отжиг с помощью зажигательных аппаратов	2	100	2—4	0,5	2,0

Для косвенных способов остановки и локализации соотношение (10) с использованием (8) может быть переписано как

$$n = \frac{L_0(\tau_0)\bar{u}}{\bar{V}_{01}\tau_0\bar{u}} \approx K \left( L_n + \frac{1}{2} V_n \tau_0 \right) \bar{u}, \quad (12)$$

а при непосредственном тушении кромки пожара может быть преобразовано с помощью формул (8), (11) к виду

$$n = \frac{V_0 u M}{\bar{V}_{01} u \bar{M}} = V_0 \tau_0 \frac{u M}{\bar{V}_{01} u \bar{M} \tau_0} \approx K \left( L_n + \frac{1}{2} V_n \tau_0 \right) u (M/\bar{M}), \quad (13)$$

где  $K = (\bar{V}_{01} \tau_0)^{-1}$  — коэффициент эффективности принятого способа остановки, звено/[км(м/мин)].

Полученные выражения могут быть использованы для расчета сил и средств на остановку или локализацию пожара, если задано время остановки  $\tau_0$  или локализации  $\tau_n$ . Они могут быть использованы также для расчета времени прямой остановки пожара

$$\tau_0 = L_n \int \left( \frac{n \bar{M} \bar{V}_{01}}{u M} - \frac{1}{2} V_n \right)$$

или времени его косвенной остановки и локализации

$$\tau_o = \tau_n = \frac{L_o(\tau_o)}{n \bar{V}_{oi}},$$

если заданы силы и средства. Значения  $V_n$ , км/ч и  $L_n$ , км при этом могут быть определены с помощью соотношений (4), (1) как

$$V_n = 0,06 \frac{L_n}{R_n} u \gamma = \beta \gamma \pi u / 3000 \approx 1,1 \beta \gamma u / 1000; \quad (14)$$

$$L_n = L_{об} + V_n \tau_n, \quad (15)$$

где  $\gamma$  — отношение длины реальной кромки пожара к длине заменяющей ее дуги;  
 $\beta$  — угол сектора дуги окружности, град;  
 $L_{об}$  — длина отрезка контура в момент его обнаружения;  
 $\tau_n$  — время доставки людей и техники на пожар.

Параметры  $\gamma$ ,  $\bar{u}$ ,  $\bar{M}$ ,  $\bar{M}$  должны определяться эмпирически. Для ряда ЛГМ значения  $\bar{u}$  и  $\bar{M}$  даны в работе [3]. Там же приведены полуэмпирические формулы для определения скорости продвижения пожара  $u$ .

Таблица 2

$\frac{\Delta L}{L_n} = \frac{V_n \tau_o}{L_n}$	$\frac{n}{n_n} = \frac{\tau_o}{\tau_{он}} = \frac{L_o(\tau_o)}{L_n}$	
	согласно формуле (6)	согласно формуле (8)
0,0	1,0	1,0
0,1	1,05	1,05
0,2	1,10	1,10
0,4	1,21	1,20
0,6	1,33	1,30
0,8	1,45	1,40
1,0	1,58	1,50

В табл. 2 приведены результаты расчетов с помощью соотношений (6) и (8) относительного увеличения  $n$  при заданном  $\tau_o$  или  $\tau_o$  при заданном  $n$  по сравнению с их значениями  $n_n$  и  $\tau_{он}$  при остановке отрезка контура первоначальной длины  $L_n$  как функции отношения  $\frac{\Delta L}{L_n} = \frac{L - L_n}{L_n}$ . При расчетах учтено, что в соответствии с приведенными выше соотношениями значения  $n$  при заданном  $\tau_o$  и  $\tau_o$  при заданном  $n$  возрастают пропорционально длине остановленной кромки пожара.

Как следует из данных табл. 2, действительное время остановки пожара может значительно превышать рассчитанное по начальному контуру, а погрешность расчетов при использовании приближенной формулы (8) составляет менее 5 % вплоть до значений  $\frac{\Delta L}{L_n} = 1$ .

Расчет сил и средств для контура пожара. При определении сил и средств на остановку всего лесного пожара необходимо учитывать, что интенсивность горения вдоль его контура, как правило, переменна и что часто он состоит из отдельно функционирующих частей. Поэтому необходимо сначала разбить начальный контур на отдельные одинаковые по условиям горения отрезки, выполнить для каждого из них расчеты согласно предыдущему разделу, а затем просуммировать полученные данные.

В случае замкнутого контура простой гладкой формы для оценочных расчетов часто достаточно подразделить контур на фронт, фланги и тыл при помощи абриса или аэроснимка пожара. При этом можно воспользоваться рядом правил и придержек.

При выделении тактических частей пожара можно использовать угол  $\varphi$  между направлением ветра и перпендикуляром к касательной контура, приняв, что для фронта пожара  $\varphi \leq 60^\circ$ , а для тыла —  $\varphi \geq 100^\circ$ . Первое значение соответствует точке, в которой скорость продвижения пожара равна средней арифметической скорости движения фронта и

фланга, а второе — точке, начиная с которой скорость продвижения огня становится постоянной.

Для определения характерных углов на абрисе удобно использовать транспортир. Его центр необходимо вести вдоль линии контура, а нулевую линию устанавливать перпендикулярно. С помощью циркуля нетрудно часть контура на абрисе заменить окружностью. Меняя его шаг, необходимо выбрать центр окружности таким образом, чтобы отклонения контура пожара вверх и вниз от искомой дуги были примерно одинаковы.

Для определения угла  $\beta$  достаточно найденный центр соединить прямыми линиями с крайними точками дуги и измерить угол между ними. Зная его, нетрудно вычислить затем  $V_n$  по формуле (14) и длину остановленной кромки по формуле (8). Значение коэффициента  $\gamma$  легко определить с помощью курвиметра как отношение длины кромки пожара к длине заменившей ее дуги окружности.

В случае контура сложной формы для расчета сил и средств на остановку пожара также может быть использован описанный алгоритм. При этом контур пожара необходимо разбивать на большее число отрезков, а для вычислений целесообразно применять ЭВМ, оснащенные устройствами и матобеспечением для обработки графической информации.

Таким образом, формулировка дифференциальных уравнений остановки лесного пожара и их решение на основе замены отрезка контура дугой окружности приводят к простому алгоритму расчета сил и средств на остановку и локализацию пожара, который позволяет в то же время учесть форму контура (в частности, возможность его распада на отдельные функционирующие кромки), а также увеличение длины контура за время остановки и изменение интенсивности горения вдоль контура пожара.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Альбини Ф. А., Коровин Г. Н., Горювая Е. Н. Математический анализ процесса тушения лесного пожара // Лесные пожары и борьба с ними: Сб. науч. тр.— Л.: ЛенНИИЛХ, 1978.— С. 61—78. [2]. Конев Э. В. Физические основы горения растительных материалов.— Новосибирск: Наука, 1977.— 240 с. [3]. Конев Э. В. Анализ процесса распространения лесных пожаров и палов // Теплофизика лесных пожаров.— Новосибирск: ИГФ СО АН СССР, 1984.— С. 99—125. [4]. Методика расчета численности рабочих, вооруженных ранцевой аппаратурой, для тушения лесных низовых пожаров.— Л.: ЛенНИИЛХ, 1971.— 26 с. [5]. Телицын Г. П. Расчет объема работ, скорости и продолжительности локализации лесного пожара // Лесн. хоз-во.— 1965.— № 4.— С. 44—47. [6]. Указания по обнаружению и тушению лесных пожаров.— М.: Гослесхоз СССР, 1976.— 111 с.

Поступила 19 марта 1987 г.

## ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 630\*377.4-115.001.5

О РАБОТОСПОСОБНОСТИ  
МАНИПУЛЯТОРНЫХ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ МАШИН  
НА НЕСПЛОШНЫХ РУБКАХС. П. БОЙКОВ, В. Н. МЕНЬШИКОВ, Ю. А. БИТ,  
С. Н. СОТОНИН, К. К. ДЕМИН

Ленинградская лесотехническая академия, КирНИИЛП

В древостое естественного происхождения деревья расположены в случайных точках, которые в совокупности образуют пуассоновское поле.

Оценим работоспособность лесозаготовительной машины манипуляторного типа при разработке древостоя несплошными рубками. Вероятность  $P_{e1}(t=0)$  того, что при движении манипулятора с захватно-срезающим устройством (ЗСУ) к очередному дереву на пути не встретится ни одного другого дерева, не подлежащего рубке, равна

$$P_{e1}(t=0) = \exp[-b^m xz], \quad (1)$$

где  $b^m$  — ширина поперечного сечения манипулятора, м;

$x$  — расстояние до дерева, м;

$z$  — среднее число деревьев на  $1 \text{ м}^2$  после срезания деревьев на ближних от волока расстояниях.

При срезании деревьев с площадки  $F$  произвольной конфигурации вероятность того, что все намеченные в рубку деревья будут удалены, равна

$$P_F = \int_0^l \exp[-b^m xz] p(x) dx. \quad (2)$$

Здесь  $p(x)$  — плотность распределения случайной величины (расстояния от края машины (волока) или от оси поворота манипулятора до оси дерева);

$l$  — расстояние до наиболее удаленного дерева, м.

Рассмотрим несколько схем удаления деревьев с площадок  $F$ .

Пусть машина разрабатывает ленту шириной  $\Delta$  (рис. 1, а). При этом  $l = \Delta$ , деревья берут только при положении манипулятора перпендикулярно движению машины. В этой схеме случайная величина  $x$  имеет равномерное распределение (рис. 1, б)

$$p(x) = 1/l. \quad (3)$$

Тогда математическое ожидание (среднее значение) расстояния до дерева

$$M(x) = \int_{-\infty}^{\infty} xp(x) dx = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{x}{l} dx = \int_0^l \frac{x}{l} dx = 0,5l. \quad (4)$$

Если машина разрабатывает площадку  $F$  с одной стоянки (рис. 1, в), то намеченные деревья берут в зоне действия манипулятора с ЗСУ. Тогда получим

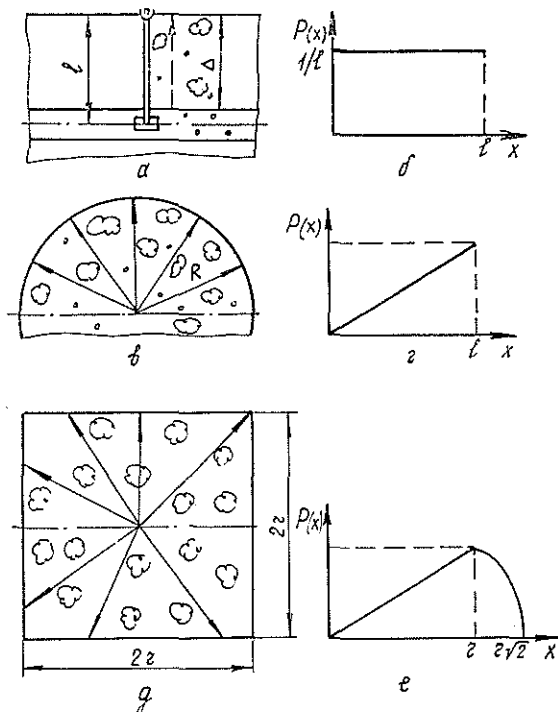


Рис. 1. Схемы удаления деревьев с разрабатываемых площадок

$$p[x < X < x + dx] = \frac{2\pi x dx}{\pi l^2} = \frac{2x}{l^2} dx. \quad (5)$$

Случайная величина  $x$  имеет распределение (рис. 1, а)

$$p(x) = 2x/l^2. \quad (6)$$

Среднее расстояние до дерева

$$M(x) = \int_0^l \frac{2x^2}{l^2} dx = \frac{2}{3} l = 0,666l. \quad (7)$$

Здесь  $l = R$  (где  $R$  — максимальный вылет манипулятора).

Пусть машина разрабатывает с одной стоянки площадку в виде квадрата со стороной  $r$  (рис. 1, б). Тогда случайная величина  $x$  имеет распределение (рис. 1, в)

$$p(x) = \begin{cases} \frac{\pi x}{2r^2} & \text{при } 0 < x < r \\ \frac{2x \left( \arcsin \frac{r}{x} - \frac{\pi}{4} \right)}{r^2} & \text{при } r < x < r\sqrt{2}. \end{cases} \quad (8)$$

Среднее расстояние до дерева

$$\begin{aligned} M(x) &= \frac{\pi}{2r^2} \int_0^r x^2 dx + \frac{2}{r^2} \int_r^{r\sqrt{2}} x^2 \left( \arcsin \frac{r}{x} - \frac{\pi}{4} \right) dx = \\ &= \frac{r}{3} [V\bar{2} + \ln(1 + V\bar{2})] \approx 0,765r. \end{aligned} \quad (9)$$

С учетом изложенного, вероятность того, что все намеченные в рубку деревья будут удалены, определим из выражений:

для схемы на рис. 1, а после подстановки (3) в (2) и соответствующего решения.

$$P_F = \frac{1}{l} \int_0^l \exp[-b^m xz] dx = \frac{1}{lb^m z} \{1 - \exp[-lb^m z]\}; \quad (10)$$

для схемы на рис. 1, в после подстановки (6) в (2)

$$P_F = \frac{1}{l^2} \int_0^l 2x \exp[-b^m xz] dx = \frac{2}{b^m l^2 z} \left\{ \frac{1}{b^m z} - \left( l + \frac{1}{b^m z} \right) \exp[-b^m lz] \right\}; \quad (11)$$

для схемы на рис. 1, д

$$\begin{aligned} P_F &= \int_0^r \frac{\pi x}{2r^2} \exp[-b^m xz] dx + \int_r^{r\sqrt{2}} \frac{2x}{r^2} \left( \arcsin \frac{r}{x} - \frac{\pi}{4} \right) \exp[-b^m xz] dx = \\ &= \frac{\pi}{2b^m z r^2} \left\{ \frac{1}{b^m z} - \left( r + \frac{1}{b^m z} \right) \exp[-b^m r z] \right\} + \frac{\pi}{2b^m z r^2} \left\{ (r\sqrt{2} + \right. \\ &\quad \left. + \frac{1}{b^m z}) \exp[-\sqrt{2} b^m r z] - \left( r - \frac{1}{b^m z} \right) \exp[-b^m r z] \right\} + \\ &\quad + \frac{2}{r^2} \int_r^{r\sqrt{2}} x \arcsin \frac{r}{x} \exp[-b^m xz] dx. \end{aligned} \quad (12)$$

(В уравнении (12) первое слагаемое дает вероятность удаления намеченных деревьев из круга радиусом  $r$ , остальные — из углов площадки).

В приведенных уравнениях было сделано допущение, что диаметр стоящих деревьев не влияет на движение манипулятора к намеченному дереву. Такое допущение справедливо, когда диаметр деревьев значительно меньше ширины поперечного сечения манипулятора. В остальных случаях перемещению манипулятора к намеченному дереву препятствуют не только те деревья, оси которых попадают в зону, очерченную габаритами манипулятора, но и те деревья, оси которых не попадают в эту зону, но поперечные сечения пересекают границы зоны. Поскольку эти события независимы, в этих случаях вероятность удаления

$$P_e = P_{e1} P_{e2}, \quad (13)$$

где  $P_{e2}$  — вероятность того, что ни одно дерево, ось которого размещается за габаритами манипулятора, не пересечет границ зоны движения его своим поперечным сечением.

$$P_{e2} = \prod_{k=0}^{\infty} \exp[-xz_k D_k]. \quad (14)$$

Здесь  $z_k$  — среднее число деревьев диаметром  $D_k$  на  $1 \text{ м}^2$ .

При нормальном распределении случайной величины  $D_k$  имеем

$$z_k = zp(D_k) dD, \quad (15)$$

где  $p(D_k) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(D-m)^2}{2\sigma^2}\right]$  — плотность распределения случайной величины  $D$ ;  
 $m$  — математическое ожидание случайной величины



$D$  (средний диаметр дерева);  
 $\sigma$  — среднее квадратичное отклонение случайной величины  $D$ .

Выражение (14) имеет вид

$$P_{e2} = \prod_{k=0}^{\infty} \exp[-xzD_k p(D_k) dD] = \exp\left[-xz \int_{-\infty}^{\infty} Dp(D) dD\right] = \exp[-xzm]. \quad (16)$$

Подставив (1) и (16) в (13), получим

$$P_e = \exp[-xzb^M] \exp[-xzm] = \exp[-xz(b^M + m)] = \exp[-xz(b^M + D_{cp})]. \quad (17)$$

С учетом (17) в уравнении (10) ... (12) вместо значения  $b^M$  подставим  $b^M + D_{cp}$ . Тогда получим:

для схемы на рис. 1, а

$$P_F = \frac{1}{lz(b^M + D_{cp})} \{1 - \exp[-lz(b^M + D_{cp})]\}; \quad (18)$$

для схемы на рис. 1, в

$$P_F = \frac{2}{l^2z(b^M + D_{cp})} \left\{ \frac{1}{z(b^M + D_{cp})} - \left[ l + \frac{1}{z(b^M + D_{cp})} \right] \times \exp[-lz(b^M + D_{cp})] \right\}; \quad (19)$$

для схемы на рис. 1, д

$$P_F = \frac{\pi}{2r^2z(b^M + D_{cp})} \left\{ \frac{1}{z(b^M + D_{cp})} - \left( r + \frac{1}{z(b^M + D_{cp})} \right) \exp[-rz(b^M + D_{cp})] \right\} + \frac{\pi}{2r^2z(b^M + D_{cp})} \left\{ \left( r\sqrt{2} + \frac{1}{z(b^M + D_{cp})} \right) \exp[-rz\sqrt{2}(b^M + D_{cp})] - \left( r + \frac{1}{z(b^M + D_{cp})} \right) \exp[-rz(b^M + D_{cp})] \right\} + \frac{2}{r^2} \int_r^{r\sqrt{2}} x \arcsin \frac{r}{x} \exp[-xz(b^M + D_{cp})] dx. \quad (20)$$

По уравнениям (1), (18), (19), (20) были выполнены расчеты при следующих исходных данных, которые приведены в таблице.

Возраст древостоя, лет	20	30	40	50	60	70	80
Число деревьев на 1 м <sup>2</sup>	0,50	0,40	0,30	0,20	0,15	0,10	0,08
Средний диаметр, см	6,6	7,6	10,2	12,7	16,0	20,3	22,8
$b^M + D_{cp}$ , м	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4
Вылет манипулятора, м	4	6	8	10	12	—	—

Таксационные показатели были взяты из таблицы хода роста Варгаса де Бедемара для сосняка II класса бонитета применительно к Ленинградской обл.

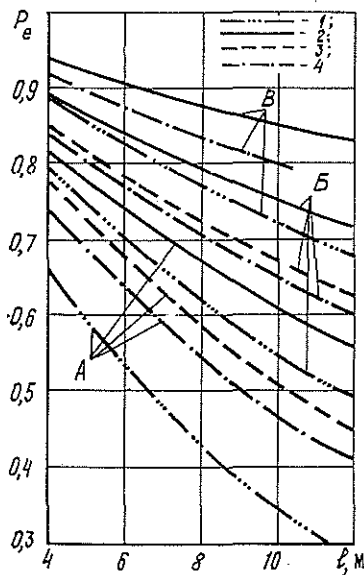


Рис. 2. Изменение вероятности удаления намеченных к рубке деревьев в зависимости от вылета манипулятора при однократной обработке площадок в древостоях возраста: А — 20 лет; Б — 50 лет; В — 80 лет; 1 — по уравнению (1); 2 — (18); 3 — (19); 4 — по уравнению (20)

Результаты расчетов представлены на рис. 2.

Расчеты по уравнению (1) дают величины вероятности на максимальном вылете, т. е. минимальные значения. При вычислениях по остальным уравнениям получаются средние величины вероятности при обработке всей площадки  $F$ .

Причем все полученные данные по существу характеризуют работоспособность лесозаготовительной машины манипуляторного типа при

однократной обработке площадок  $F$  (при разовом движении манипулятора с ЗСУ по одному направлению). Установлено, что одноразовая обработка дает неудовлетворительные с лесоводственной стороны результаты.

Возможное положительное решение — двукратная и большая обработка площадок  $F$  с разных стоянок машины.

Поступила 17 апреля 1985 г.

УДК 630\*383

## НОВЫЙ СПОСОБ РАЗМЕЩЕНИЯ ЛЕСОВОЗНЫХ ПУТЕЙ В СЫРЬЕВЫХ БАЗАХ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Б. А. ИЛЬИН

Ленинградская лесотехническая академия

Ранее [1—5] были изложены предпосылки для разработки оптимизационного метода размещения в лесу лесовозных путей. В его основу положен весьма экономичный принцип использования дорожных конструкций с переменной единичной стоимостью строительства технологических путей (веток и усов), теоретически рассмотренный в [4] и обеспечивающий снижение единовременных затрат на постройку дорог до 40 %, а приведенных затрат — до 15 %.

Практический опыт показал, что принятое в теории непрерывное уменьшение единичной стоимости строительства ветки от пункта примыкания к магистрали в глубь массива целесообразно заменить ступенчатым с использованием на каждой ветке летнего действия нескольких видов дорожных конструкций — наиболее прочной и дорогой на головном участке, менее прочной и более дешевой на промежуточных и наиболее дешевых на глубинном участке (рис. 1).

При использовании «глубинной» схемы освоения лесного массива, при которой магистраль строится сразу на всю длину [4], применение

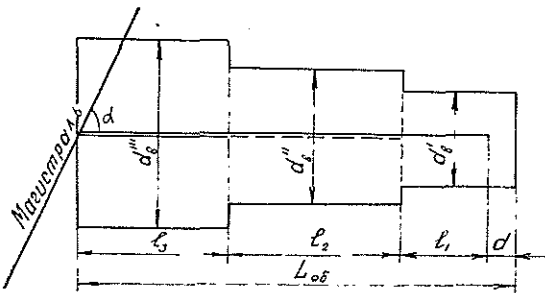


Рис. 1. Расчетная схема зоны тяготения лесных грузов к ветке, имеющей три различные дорожные конструкции

переменных по единичной стоимости дорожных конструкций на магистралях также дает весьма большой экономический эффект.

Работу по размещению лесовозных путей нужно начинать с выбора типа транспорта и дорожных конструкций для магистрали и веток. При длине веток более 10 км для них необходимо отобрать не менее трех видов конструкций с определением для каждой стоимости строительства 1 км пути и 1 м<sup>3</sup> · км полезной грузовой работы на вывозке леса (учитываются только переменные затраты, зависящие от расстояния вывозки). Часть сырьевой базы лесозаготовительного предприятия должна быть выделена для освоения в зимнее время. При этом, как правило, на ветках сезонного зимнего действия, отличающихся низкой стоимостью строительства, нецелесообразно использовать различные дорожные конструкции.

Следующий этап работы — выбор системы размещения лесовозных путей (СРЛП) в зависимости от основных размеров лесного массива:  $S_{об}$  — общей лесной площади, км<sup>2</sup>;  $A$  — длины массива, измеренной по направлению лесного грузопотока, км;  $\gamma_0$  — концентрации запасов лесного сырья на единице площади массива (с учетом прироста спелого и приспевающего леса за срок эксплуатации массива). При этом важную роль играет коэффициент формы массива, определяемый отношением:

$$m = \frac{S_{об}}{A^2}. \quad (1)$$

Выполненный в [2] анализ показал, что при  $m \leq 0,4 \dots 0,5$  и ограниченной величине  $S_{об}$  лучшей будет вильчатая система путей. Для СРЛП в елочку (или комбинированной) и с двумя расходящимися магистралями значения принятого в [2] основного оценочного параметра — средневзвешенного расстояния вывозки леса в точку выхода лесного грузопотока из лесного массива — при  $m = 1,0 \dots 2,5$  оказались весьма близкими.

Нами были выполнены расчеты приведенных затрат для вариантов применения СРЛП в елочку и с двумя магистралями, показавшие, что при  $0,5 < m \leq 1,5 \dots 1,8$ , как правило, выгоднее применять СРЛП в елочку, при большем значении  $m$  — с двумя магистралями. Использование последней СРЛП становится выгодным уже при  $m = 1,2 \dots 1,4$ , если одна из магистралей является дорогой зимнего действия.

После выбора СРЛП следует перейти к определению наимыгоднейшего местоположения («экономической» трассы) магистрального пути. Этот вопрос достаточно подробно рассмотрен в [5].

Размещение веток намечают на карте лесного массива, где показано наличие лесосырьевых ресурсов с различной концентрацией на единице площади (достаточно разбивка их на три градации — с небольшой, средней и высокой концентрацией) и нанесено местоположение магистрального пути. Для выполнения этого завершающего этапа работы необходимо, прежде всего, определить следующие расчетные параметры: оптимальную ширину зон тяготения запасов леса к глубинным  $d'_в$ , промежуточным  $d''_в$  и головным участкам веток —  $d'''_в$ , оптимальную длину глубинных  $l_1$ , промежуточных  $l_2$  и головных участков  $l_3$  и оптимальные углы примыкания веток к магистрали  $\alpha$ .

Расстояние  $d$  от конца веток до границы массива (см. рис. 1) можно принять равным либо половине расстояния между усами, либо  $0,5d'_в$  (в этом случае на участке  $d$  необходимо строить ус).

Значения  $d_в$  (с индексами) следует определять по несколько уточненной формуле из [4]

$$d_в = \sqrt{\frac{[(C_в + 0,67B_вr_в)\beta - (C_{ус} + k_{ус}B_{ус})]k_{с.п} - 2C_{тр.в} - 2\frac{K_{п.п}}{l_{п.п}}}{30\gamma_{лb_{ус}}}}, \quad (2)$$

где  $C_в$ ,  $C_{ус}$ ,  $C_{тр.в}$  — стоимость постройки 1 км ветки, уса, магистрального трелевочного волокна (при его прокладке параллельно усу);

$B_в$ ,  $B_{ус}$  — расходы на содержание и ремонт веток, усов;

$r_в$  — срок действия участка ветки (до 8...12 лет, в зависимости от общей длины ветки);

$\beta$  — коэффициент, учитывающий частичную прокладку веток по неэксплуатационным площадям;

$k_{с.п}$  — коэффициент, учитывающий увеличение длины строящихся технологических путей при разветвлениях и ответвлениях (1,1...1,15);

$k_{ус}$  — коэффициент, учитывающий расходы на содержание усов при их повторном использовании для освоения смежных лесосек (1,33...1,67);

$K_{п.п}$  — затраты на устройство одного погрузочного пункта;

$l_{п.п}$  — среднее расстояние между погрузочными пунктами (0,1...0,2 км);

$b_{ус}$  — стоимость вывозки леса по усу, р./( $m^3 \cdot км$ );

$\gamma_{л}$  — ликвидный запас леса на 1 га зоны тяготения к данной ветке,  $m^3/га$ ;

0,67 — коэффициент, учитывающий отдаленность затрат на содержание и ремонт участка ветки.

При использовании на лесосеках систем диагонально расположенных магистральных трелевочных волокон с укрупненными погрузочными пунктами величиной  $2C_{тр.в} + \frac{2K_{п.п}}{l_{п.п}}$  можно пренебречь.

Значения оптимального угла примыкания веток к магистрали следует определять по формуле (9) в [2].

Оптимальную длину глубинного участка ветки определяют из условий равенства удельных расходов на постройку участка и вывозку леса по нему при использовании двух вариантов дорожной конструкции, выбранных для применения на промежуточном и глубинных участках (см. рис. 1):

$$\frac{C_1 l_1 + 50 \gamma_{\text{л}} d'_B l_1 (l_1 + d) b_1}{100 \gamma_{\text{л}} d'_B (l_1 + d)} = \frac{C_2 l_1 + 50 \gamma_{\text{л}} d''_B l_1 (l_1 + d) b_2}{100 \gamma_{\text{л}} d''_B (l_1 + d)},$$

откуда

$$l_1 = \frac{C_2 : d''_B - C_1 : d'_B}{50 \gamma_{\text{л}} (b_1 - b_2)} - d, \quad (3)$$

где  $C_1$ ,  $C_2$  — стоимость постройки 1 км дорожной конструкции, выбранной для применения на глубинном и промежуточном участках;

$b_1$ ,  $b_2$  — стоимость 1 м<sup>3</sup> · км полезной грузовой работы при вывозке леса для дорожных конструкций, выбранных для глубинного и промежуточного участков;

$d$  — расстояние от конца ветки до границы массива, км.

Таким же способом можно определить и оптимальную длину промежуточного участка, сравнив применение на нем вариантов дорожных конструкций, выбранных для промежуточного и головного участков, и учитывая при этом, что по этому участку будет вывозиться и лес, тяготеющий к глубинному участку в объеме:

$$M = 100 \gamma_{\text{л}} d'_B (l_1 + d).$$

При этом

$$\frac{C_2 l_2 + (50 \gamma_{\text{л}} d''_B l_2^2 + M l_2) b_2}{100 \gamma_{\text{л}} d''_B l_2 + M} = \frac{C_3 l_2 + (50 \gamma_{\text{л}} d'''_B l_2^2 + M l_2) b_3}{100 \gamma_{\text{л}} d'''_B l_2 + M},$$

откуда

$$l_2 = \frac{-q + \sqrt{q^2 - 4ac}}{2a}, \quad (4)$$

где

$$a = 50 000 \gamma_{\text{л}}^2 d''_B d'''_B (b_2 - b_3); \quad (5)$$

$$q = 100 \gamma_{\text{л}} [d''_B C_2 - d'_B C_3 + M (d''_B b_2 - d'_B b_3) + 0,5 (d''_B b_2 - d'''_B b_3)]; \quad (6)$$

$$c = M [(b_2 - b_3) M + C_2 - C_3]; \quad (7)$$

$C_3$  — стоимость постройки 1 км головного участка;

$b_3$  — стоимость пробега леса (т. е. его вывозки) по головному участку, р./ (м<sup>3</sup> · км).

Характер зависимостей  $d_B$ ,  $l_1$  и  $l_2$  от  $\gamma_{\text{л}}$  показан на рис. 2. Влияние параметра  $\gamma_{\text{л}}$  очень значительно, и поэтому при размещении веток следует пользоваться величинами  $d_B$ ,  $l_1$  и  $l_2$ , вычисленными для трех указанных выше значений концентрации запасов спелого леса на единице площади.

Согласно рис. 1, длину головных участков веток  $l_3$  находят из выражения:

$$l_3 = L_{06} - (l_1 + l_2 + d), \quad (8)$$

где  $L_{06}$  — расстояние от намечаемого пункта примыкания ветки к магистрали до фактической границы массива, измеренной по прямой, проведенной под оптимальным углом  $\alpha$ .

Из формулы (8) видно, что при  $L_{06} \leq l_1 + l_2 + d$  отпадает необходимость в применении дорожной конструкции, предназначенной для головных участков.

Следующая стадия работы — размещение на карте лесного массива оптимальных зон тяготения к различным участкам веток, имеющих

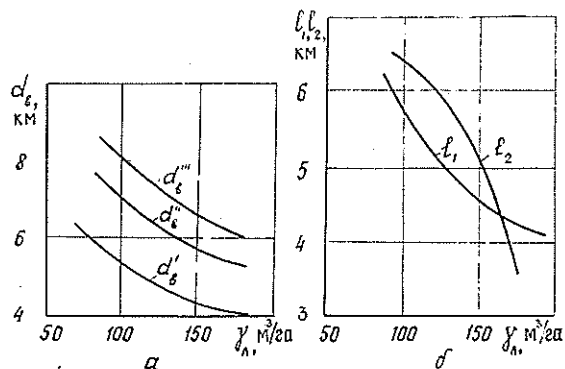


Рис. 2. Графики зависимостей: а — оптимальной ширины зоны тяготения к глубинному ( $d_s''$ ), промежуточному ( $d_s'''$ ) и головному ( $d_s'$ ) участкам, имеющим дорожные конструкции со стоимостью строительства 1 км соответственно 12, 18 и 24 тыс. р., от запаса товарного леса на 1 га; б — оптимальной длины участков — глубинного ( $l_1$ ) и промежуточного ( $l_2$ ) при стоимости их строительства 12 и 18 тыс. р./км от запаса леса на 1 га зоны тяготения

вид прямоугольников размерами  $d_s' l_1$ ,  $d_s'' l_2$  и  $d_s''' l_3$ . Сначала следует разместить вдоль магистрали с обеих ее сторон прямоугольники  $d_s''' l_3$  под углом  $\alpha$  с непосредственным их примыканием друг к другу (рис. 3). Протяжение  $l_3$  при этом определяют по формуле (8), а значения  $d_s'''$  вычисляют по формуле (2) или принимают по графику (рис. 2, а), подготовленному для данного лесного массива.

После этого следует разместить вдоль границ массива зоны тяготения к глубинным участкам веток, т. е. прямоугольники  $d_s' l_1$ , также располагая их под углом  $\alpha$ . В промежутках между зонами тяготения леса к головным и глубинным участкам нужно разместить зоны тяготения промежуточных участков веток. Неэксплуатационные участки массива при размещении зон тяготения следует обходить так, чтобы они оставались за пределами этих зон.

На рис. 3 видно, что при размещении зон тяготения на карте отдельные небольшие эксплуатационные площади (на рис. 3 они заштрихованы) могут оказаться за пределами зон. Их следует присоединять к ближайшей зоне.

Закончив размещение зон тяготения, в пределах каждой из них прокладывают посередине экономические трассы веток, намечая разветвления и ответвления путей, необходимые для соединения глубинных участков с промежуточными и промежуточных с головными.

Усы следует размещать в пределах отводимых в рубку лесосек, по мере необходимости и с учетом санитарного состояния леса, в процессе эксплуатации лесного массива.

Изложенный метод размещения лесовозных путей в сырьевых базах леспромхозов обычного типа, разработанный на кафедре сухопутного транспорта леса ЛТА, отличается высокой экономичностью и позволяет учитывать местные условия и особенности транспортного освоения, в частности фактическое наличие ресурсов сырья с различной концентрацией на единице площади, неэксплуатационных и труднодоступных площадей и др., а также обоснованно назначать и устанавливать минимальное число развилок и ответвлений. Он пригоден не только

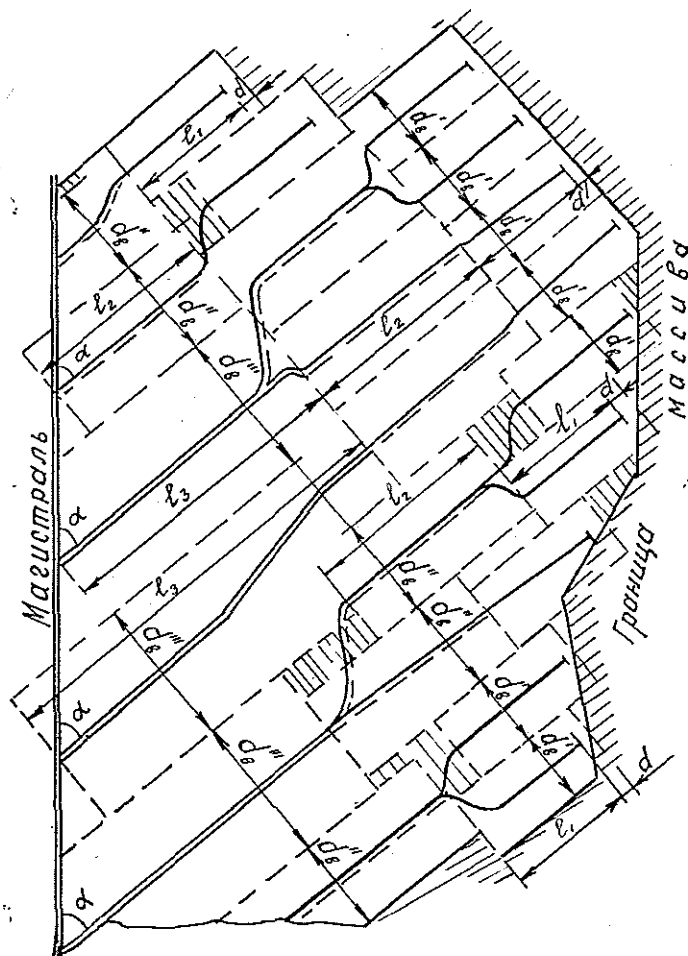


Рис. 3. Пример размещения зон тяготения к веткам в участке лесного массива (система путей в елочку). В пределах зон двойной линией показаны экономические трассы головных участков веток, линией с пунктиром — промежуточных, одиночной линией — глубинных и соединения участков веток различных рангов в единую систему

для размещения лесовозных путей во вновь осваиваемых лесных массивах, но и при проектировании отдельных веток и удлинении магистралей в действующих предприятиях. Метод позволяет широко использовать ЭВМ, в частности в диалоговом режиме, и в то же время доступен при ручном счете.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ильин Б. А. О размещении сети лесовозных дорог в лесных массивах // Лесн. журн.— 1981.— С. 55—61.— (Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Ильин Б. А. Развитие и выбор систем размещения лесовозных путей в лесных массивах // Там же.— 1983.— № 5.— С. 43—49. [3]. Ильин Б. А. Выбор и размещение дорожных конструкций на технологических путях лесовозных дорог // Там же.— 1985.— № 4.— С. 41—46. [4]. Ильин Б. А., Кувалдин Б. И., Проектирование, строительство и эксплуатация лесовозных дорог.— М.: Лесн. пром-сть, 1982.— 384 с. [5]. Ильин Б. А., Никифоров А. Г. Обоснование направления магистрального пути лесовозной дороги // Лесн. журн.— 1986.— № 4.— С. 34—38.— (Изв. высш. учеб. заведений).

УДК 629.114.45

### ПРЕИМУЩЕСТВА ИМПУЛЬСНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ДВИЖЕНИИ ПО БЕЗДОРОЖЬЮ

В. Д. ЕСАФОВ, З. Я. ЕСАФОВА, А. М. ЖИГАЛОВ

Архангельский лесотехнический институт

Для перевозки грузов в настоящее время применяют колесные, гусеничные или смешанные поезда, включающие в себя тяговые и прицепные единицы. Недостатком традиционных транспортных систем является ограничение установочной мощности двигателя по сцеплению двигателя тяговой машины с дорогой.

Возможна ли транспортная система, которая не имела бы ограничений мощности по сцеплению и с одинаковым успехом двигалась по дорогам и по бездорожью? Наше внимание привлекла импульсная транспортная система. Пример такой системы дает нам живая природа: обычная гусеница перемещает свое тело толчками-импульсами сочлененных элементов.

Рассмотрим общую динамику традиционной и импульсной транспортных систем.

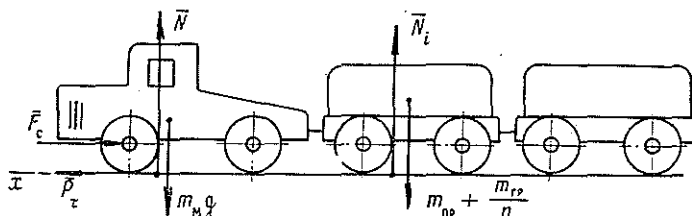


Рис. 1. Принципиальная схема транспортной системы в общем виде

Пусть традиционная транспортная система состоит из одной тяговой и  $n$  прицепных единиц (рис. 1). При движении по горизонтальному участку дороги сила тяги по сцеплению  $P_\varphi$  равна

$$P_\varphi = m_m g \varphi, \quad (1)$$

где  $m_m$  — масса машины;

$g$  — ускорение свободного падения;

$\varphi$  — коэффициент сцепления двигателя тяговой машины с дорогой.

По известной формуле механики касательная сила тяги по мощности двигателя

$$P_\tau = \frac{9550 N_e u_{тр}}{R n_{дв}} \eta_{тр}, \quad (2)$$

где  $N_e$  — эффективная мощность двигателя;

$u_{тр}$  — передаточное число силовой передачи;

$\eta_{тр}$  — КПД силовой передачи;



$R$  — радиус ведущего колеса;

$n_{дв}$  — номинальная частота вращения вала двигателя.

Для реализации силы тяги по мощности двигателя необходимо выполнить условие  $P_{\varphi} \geq P_c$ , или

$$m_m \geq \frac{9550 N_e u_{тр}}{R n_{дв} g \varphi} \eta_{тр}. \quad (3)$$

Как видно из формулы (3), для реализации силы тяги по мощности двигателя иногда приходится искусственно завышать массу тяговой единицы, что приводит к неоправданному увеличению металлоемкости конструкции и снижению коэффициента снаряженной массы транспортной системы в целом. Так, при  $\varphi \rightarrow 0$   $m_m \rightarrow \infty$ .

При движении транспортной системы по бездорожью коэффициент  $\varphi$  варьирует в широком диапазоне, поэтому высока вероятность буксования движителя машины на отдельных участках трассы. Вместе с тем, наряду с увеличением массы тягача, значительно возрастает сила сопротивления перемещению транспортной системы:

$$F_c = [m_m + m_{гр} (1 + k)] g f, \quad (4)$$

где  $k = \frac{m_{пр} n}{m_{гр}}$  — коэффициент тары;

$m_{пр}$  — масса одного прицепа;

$m_{гр}$  — масса груза, транспортируемого всей системой;

$f$  — коэффициент сопротивления перемещению транспортной системы.

При равномерном прямолинейном движении по горизонтальному участку трассы  $P_{\varphi} = F_c$ . Условие ускоренного движения системы, в частности при трогании с места,  $P_{\varphi} > F_c$ , или:

$$m_m \geq \frac{(1 + k) f}{\varphi - f} m_{гр}. \quad (5)$$

Формула (5) еще раз подтверждает необходимость вынужденного увеличения массы тяговой машины при повышении полезной нагрузки и изменении коэффициента  $\varphi$ . Так, при движении системы по болотистой местности или снежной целине, при  $\varphi = f$ ,  $m_m = \infty$ , т. е. тягач не только не сможет перемещать прицепы, но и сам утратит проходимость.

Решая совместно уравнения (3) и (5), получим:

$$m_{гр} \leq \frac{9550 N_e u_{тр} (\varphi - f)}{R n_{дв} g \varphi f (1 + k)} \eta_{тр}, \quad (6)$$

откуда видно, что при  $\varphi = f$  мощность привода главного движения вообще не будет реализована, так как  $m_{гр} = 0$  при любом значении  $N_e$ .

Изложенное показывает, что для увеличения грузоподъемности транспортной системы необходимо исключить ее зависимость от коэффициента сцепления движителя тягача с дорогой и снизить коэффициент сопротивления перемещению системы по бездорожью.

Выводы эти не новы — на протяжении веков ведется борьба с трением скольжения и качения: это и снижение удельного давления на грунт, и увеличение диаметра колес, и совершенствование геометрии опорных лыж, и применение воздушной и магнитной подушек.

В этих же целях создаются и новые виды движителя: воздушные винты, реактивные двигатели и др.

Рассмотрим одно из возможных принципиальных решений компоновки импульсной транспортной системы (рис. 2). Система состоит

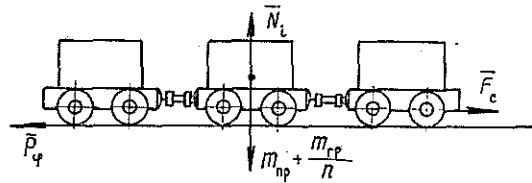


Рис. 2. Принципиальная схема импульсной транспортной системы в общем виде

из  $n$  пассивных тележек, все колеса которых ведомые. Между тележками установлены гидроцилиндры, которые последовательно воздействуют на тележки, создавая волну импульсов, перемещающую транспортную систему. Исполнительные органы между тележками могут быть не только гидравлическими, но и пневматическими, механическими и электромагнитными. Источники энергии размещены на всех или на одной из тележек.

В любой момент времени при прерывистом (дискретном) движении системы

$$P_{\varphi} = m_{гр} g \varphi (1 + k) \frac{n-1}{n}; \quad (7)$$

$$F_c = m_{гр} g f (1 + k) \frac{1}{n}. \quad (8)$$

Как видно из формул (7) и (8), сила тяги по сцеплению  $P_{\varphi}$  всегда значительно больше силы сопротивления перекатыванию одной тележки  $F_c$ :

$$P_{\varphi} = F_c (n-1) \frac{\varphi}{f}. \quad (9)$$

В случае  $\varphi = f$  система не утратит подвижности  $P_{\varphi} = F_c (n-1)$ . Например, при  $n \rightarrow \infty$ :

$$P_{\varphi} \rightarrow m_{гр} g \varphi (1 + k); \quad F_c \rightarrow 0.$$

Более того, при дискретном перемещении системы в случае равномерного движения ее центра масс, т. е. при  $P_{\varphi} = F_c$ , движение возможно и при  $\varphi < f$ . Согласно совместному решению уравнений (7) и (8),  $\varphi = \frac{1}{n-1} f$ . При  $\varphi = f$  получим  $n = 2$ , при ускоренном движении  $n > 2$ .

При одной и той же полезной нагрузке необходимая мощность привода обратно пропорциональна числу тележек и, самое главное, не ограничена по сцеплению. В этом легко убедиться, анализируя уравнение (10), полученное по общеизвестным законам механики:

$$N_e \geq m_{гр} g V_c f \frac{1+k}{10^3 \eta_{гр}}, \quad (10)$$

где  $V_c$  — скорость центра масс системы.

Так как при дискретном движении каждый раз разгоняется только одна тележка, необходимая мощность привода незначительна.

При непрерывном движении транспортной системы сила сопротивления и, соответственно, мощность привода увеличиваются в  $n$  раз при одинаковых значениях остальных параметров.

Для определения кинематических параметров воспользуемся теоремой о движении центра масс системы

$$m_{гр} (1 + k) a_c = P_\varphi - F_c,$$

где  $a_c$  — ускорение центра масс системы.

После подстановки и преобразований:  
для дискретного движения

$$a_c = [\varphi(n-1) - f] \frac{g}{n}; \quad (11)$$

для непрерывного движения

$$a_c = [\varphi(n-1) - nf] \frac{g}{n}. \quad (12)$$

По известным формулам механики для равноускоренного движения

$$V_c = a_c t; \quad S = \frac{a_c t^2}{2},$$

где  $S$  — расстояние, пройденное транспортной системой;

$t$  — время движения системы.

Приведенные формулы показывают, что кинематические параметры системы не зависят от массы груза и тележек. Теоретически они могут принимать любые значения, так как мощность привода не ограничена силой тяги по сцеплению (10).

Условие непрерывного движения транспортной системы с ускорением  $a_c > 0$

$$\varphi > f \frac{n}{n-1}. \quad (13)$$

Это условие легко выполнимо, так как обычно  $\varphi > f$ . При необходимости такое условие можно создать, устанавливая обгонные муфты или храповые устройства на колесах и подбирая лыжи и понтоны соответствующей геометрической формы.

С помощью импульсной транспортной системы легко осуществить на практике золотое правило механики: «Проиграл в скорости — выиграл в силе». В нашем случае необходимо увеличить внутренний диаметр гидроцилиндра.

Из графиков (рис. 3) видна зависимость грузоподъемности транспортной системы от скорости движения и числа тележек, входящих в систему. Графики построены при  $N_e = 150$  кВт,  $f = 0,25$ ,  $k = 0,5$ ,  $\eta_{гр} = 0,8$ .

Таким образом, аналитические исследования подтверждают целесообразность применения импульсной транспортной системы в условиях бездорожья. Отсутствие активного движителя позволяет использовать в качестве дорог с малым коэффициентом сопротивления снежную целину и ледяное покрытие рек, озер и морей. Скорость движения регулируется автоматически в зависимости от качества опор-

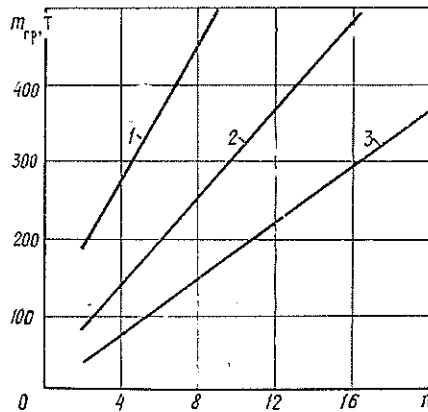


Рис. 3. Графики  $m_{гр} = f(n, V)$ : 1 —  $V = 0,5$  м/с; 2 —  $V = 1$  м/с; 3 —  $V = 2$  м/с

ной поверхности трассы. При движении по снежной целине колеса могут быть заменены санными полозьями, по болотистой местности — понтонами.

Поступила 15 сентября 1986 г.

УДК 630\*32/37

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВАЛОЧНО-ТРЕЛЕВОЧНЫХ МАШИН ЛП-17 МЕТОДОМ АКТИВНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ В УСЛОВИЯХ КОМИ АССР

В. В. САБОВ, В. И. КУЧЕРЯВЫЙ, В. Л. ТОРЛОПОВ

Ухтинский индустриальный институт

Производительность лесосечных машин ЛП-17 зависит от многих эксплуатационных факторов, которые носят случайный характер, поэтому производительность валочно-трелевочных машин и условия их применения могут быть эффективно оценены методом активных экспериментов. Он позволяет установить значимость выбранных эксплуатационных факторов, влияющих на результаты работы, при ограниченном числе наблюдений.

Задача нашего исследования — получить математическую модель часовой производительности ВТМ ЛП-17 в зависимости от эксплуатационных показателей: среднего объема хлыста, объема трелеваемой пачки и расстояния трелевки при работе машин в производственных условиях Коми АССР, т. е.  $P_ч = f(V_{хл}, Q, L_{тр})$ .

Экспериментальные исследования проводили в летний период в Сосногорском леспромхозе ВЛПО Комилеспром в соответствии с математической теорией планирования эксперимента и рекомендациями проф. В. Н. Андреева [1].

В качестве первого приближения выбрано планирование первого порядка, реализованное в виде полного факторного эксперимента (ПФЭ).

Эксплуатационные показатели: средний объем хлыста —  $V_{хл}$ , м<sup>3</sup>, объем трелеваемой пачки —  $Q$ , м<sup>3</sup>, расстояние трелевки —  $L_{тр}$ , м, примем за факторы  $\tilde{x}_1, \tilde{x}_2, \tilde{x}_3$ . Применим схему ПФЭ<sup>23</sup> (три фактора варьируют на двух уровнях), которая по восьми опытам позволяет получить модель в виде:

$$\hat{Y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3. \quad (1)$$

Области определения каждого фактора, интервалы варьирования, координаты нулевой точки эксперимента и соответствующие им кодированные значения факторов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Фактор	Уровень факторов			Интервал варьирования
	-1	0	+1	
$\tilde{x}_1$	0,05	0,25	0,45	0,20
$\tilde{x}_2$	2,5	3,75	5,0	1,25
$\tilde{x}_3$	50	200	350	150

Таблица 2

Но- мер опы- та	Часовая производи- тельность, м³/ч				$S_u^2\{Y\}$ , (м³/ч)²
	$Y_I$	$Y_{II}$	$Y_{III}$	$Y_u$	
1	4,90	4,40	4,10	4,47	0,16
2	8,00	7,40	8,20	7,87	0,17
3	10,1	10,5	9,40	10,0	0,31
4	10,8	10,4	10,9	10,7	0,07
5	7,20	7,30	6,80	7,10	0,07
6	7,50	7,20	7,70	7,47	0,06
7	14,2	14,3	13,7	14,1	0,10
8	16,6	15,7	16,9	16,4	0,39
$x_1x_2x_3$	+ +   +     +				
$x_2x_3$	+ +         + +				
$x_1x_3$	+   +     +   +				
$x_1x_2$	+     + +     +				
$x_3$	+ + + +				
$x_2$	+ +     + +				
$x_1$	+   +   +   +				
$x_0$	+ + + + + + + +				

Осредненные экспериментальные результаты трех параллельных опытов по каждой строке матрицы и планирования ПФЭ<sup>23</sup> представлены в табл. 2.

Коэффициенты модели (1) вычисляли по формуле

$$b_i = \frac{\sum_{i=1}^N x_{iu} \bar{Y}_u}{N}, \quad i = 0, 1, \dots, m. \quad (2)$$

Уравнение регрессии принимает вид

$$\begin{aligned} \tilde{Y} = & 9,76 - 0,85x_1 + 3,03x_2 + 1,50x_3 - \\ & - 0,09x_1x_2 + 0,94x_2x_3 - 0,18x_1x_3 + \\ & + 0,58x_1x_2x_3. \end{aligned} \quad (3)$$

Однородность дисперсий  $S_u^2\{Y\}$ , соответствующих восьми строкам матрицы (опытам), проверяли с помощью G-критерия. Для этого вначале рассчитывали построчные дисперсии  $S_u^2\{Y\}$  (табл. 2). Среди них выбрано наибольшее значение и определен критерий Кохрена

$$G^3 = \frac{S_u^2 \max\{Y\}}{\sum_{i=1}^N S_u^2\{Y\}} = \frac{0,39}{1,34} = 0,29.$$

Табличное значение G-критерия при  $\alpha = 0,05$  равно

$$G_{f_1=2, f_2=8}^r = 0,51 [1].$$

Так как  $G^3 < G^r$ , то заключаем, что с доверительной вероятностью 0,95 дисперсии  $S_u^2\{Y\}$  однородны.

При однородных дисперсиях в точках плана  $S_u^2\{Y\}$  дисперсию эксперимента определяли по формуле

$$\begin{aligned} S_u^2\{Y\} &= \frac{\sum_{u=1}^N \sum_{q=1}^n (Y_{uq} - \bar{Y}_u)^2}{N(n-1)} = \\ &= \frac{107,48}{8(3-1)} = 6,72. \end{aligned}$$

В связи с наличием повторных опытов ( $n = 3$ ) вычисляли дисперсию среднего значения

$$S^2\{\bar{Y}\} = \frac{S_u^2\{Y\}}{3} = \frac{6,72}{3} = 2,24.$$

Дисперсия коэффициентов регрессии

$$S^2\{b_i\} = \frac{S^2\{\bar{Y}\}}{N} = \frac{2,24}{8} = 0,28,$$

средняя квадратичная ошибка

$$S\{b_i\} = \sqrt{S^2\{b_i\}} = \sqrt{0,28} = 0,53.$$

Доверительный интервал для коэффициентов регрессии при  $\alpha = 0,05$

$$\Delta b_i = \pm t_{\alpha, f_Y} S\{b_i\} = 2,12 \cdot 0,53 = 1,12.$$

Критерий Стьюдента при  $\alpha = 0,05$  и числе степеней свободы  $f_Y = N(n-1) = 8(3-1) = 16$  равен 2,12 [1].

Значимость коэффициентов регрессии проверяли по условию

$$|b_i| \geq \Delta b_i.$$

После исключения незначимых коэффициентов получено уравнение вида

$$\hat{Y}_i = 9,76 + 3,03x_2 + 1,5x_3. \quad (4)$$

Из уравнения (3) следует, что наиболее существенными факторами, влияющими на производительность валочно-трелювочной машины, работающей в режиме валки — трелювки, являются объем трелюемой пачки ( $x_2$ ) и расстояние трелювки ( $x_3$ ). Полученная модель (4) не противоречит математической сущности описываемого процесса [1].

Для проверки адекватности уравнения (4) рассчитана дисперсия адекватности, которую при параллельных опытах определяли по формуле:

$$S_{ад}^2 = \frac{n \sum_{i=1}^N (\bar{Y}_n - \hat{Y}_i)^2}{f_{ад}}$$

Число степеней свободы  $f_{ад} = N - L = 8 - 3 = 5$ , так как число значимых коэффициентов модели равно трем:

$$S_{ад}^2 = \frac{n \sum_{i=1}^N (\bar{Y}_n - \hat{Y}_i)^2}{N - L} = \frac{47,7}{5} = 9,54.$$

Значение F-критерия (Фишера)

$$F^3 = \frac{S_{ад}^2}{S^2\{Y\}} = \frac{9,54}{6,72} = 1,42.$$

При  $\alpha = 0,05$ ,  $f_1 = f_{ад} = 5$ ,  $f_2 = f_Y = 16$  критерий Фишера  $F^T = 2,85$  [1].

Так как  $F^3 < F^T$  ( $1,42 < 2,85$ ), то с доверительной вероятностью 0,95 модель (4) адекватно описывает явление. Подставляя соотношения

$$\frac{x_2 - 3,75}{1,25} = 1; \quad \frac{x_3 - 200}{150} = 1$$

в (4), переходим от кодированных значений переменных к натуральным:

$$L_4 = -1,33 + 2,43Q + 0,01L_{тр}. \quad (5)$$

Из модели (5) следует, что главным фактором, определяющим технологическую производительность ВТМ ЛП-17, является объем трелюемой пачки. С учетом (5), действительная производительность ЛП-17 за определенное время эксплуатации ( $t_3$ ) может быть оценена по формуле:

$$L_4 = (-1,33 + 2,43Q + 0,01L_{тр}) t_3 k_{т.о} k_{орг} \frac{\mu}{\lambda + \mu}, \quad (6)$$

где  $k_{т.о}$ ,  $k_{орг}$  — коэффициенты, учитывающие простои в техническом обслуживании и по организационным причинам;  
 $\mu$ ,  $\lambda$  — интенсивность восстановления и отказов.

Выражение (6) позволяет оценить производительность ВТМ ЛП-17, работающей в режиме валка — трелевка с учетом природно-производственных условий и характеристик надежности машин за определенный период эксплуатации. Производительность будет возрастать при увеличении объема трелюемой пачки леса, что возможно на лесосеках с высокой несущей способностью грунтов и при трелевке по магистральному волоку.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Андреев В. Н. Математическое планирование экспериментов. — Л.: ЛТА, 1982. — 40 с.

Поступила 23 июля 1986 г.

УДК 658.5.012.1

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТОКОВ ХЛЫСТОВ И ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ИХ ОБСЛУЖИВАНИЯ

Л. Е. ЧИВИКСИН, В. М. ДЕРБИН

Архангельский лесотехнический институт

При анализе и оптимизации технологических процессов, работы машин все большее распространение находят экономико-математические методы, в частности методы теории массового обслуживания. Однако показатели работы машины аналитически можно определять и анализировать лишь при наличии достаточной исходной информации о потоках древесины. Связь между отдельными операциями и фазами лесозаготовительного производства осуществляется через потоки хлыстов, параметры которых во многом определяют эффективность всего лесозаготовительного производства.

В лесозаготовительном производстве наиболее важны потоки хлыстов на лесопогрузочные пункты лесосек, на нижние и промежуточные склады, поступление (поток) пачек хлыстов на раскряжевку и т. д. Основные параметры названных потоков — интенсивность и регулярность их в определенные промежутки времени. Нерегулярность и различная интенсивность потоков вызывает необходимость создания запасов хлыстов в различных точках технологического процесса лесозаготовок, различную степень загрузки машин, потребное количество их и т. д. Нерегулярность потоков в свою очередь в значительной мере определяется различной во времени продолжительностью выполнения отдельных технологических операций (различной продолжительностью обслуживания потоков).

На кафедре механизации лесоразработок АЛТИ, с целью установления характера и интенсивности потоков хлыстов, в течение ряда лет изучали закономерности поступления трелюемых пачек хлыстов лесовозных автопоездов на лесопогрузочные пункты лесосек, поступление лесовозных автопоездов на нижние и промежуточные склады, продолжительность погрузки-разгрузки лесовозных автопоездов различными подъемно-транспортными механизмами, длительность раскряжевки пачек хлыстов и другие характеристики потоков древесины и закономерности их обслуживания.

Поскольку в первичных документах лесозаготовительных предприятий нет необходимых данных для установления параметров потоков, то в процессе исследований непосредственно наблюдали за работой отдельных машин. В процессе наблюдений

Поток или операция	Но- мер пото- ка или опе- ра- ции	Тип механизма	Показатели						$\lambda, \frac{\text{маш}}{\text{ч}}$
			$n$	$m_x$	$\sigma_x$	$v, \%$	$\chi^2_{\text{расч}}$	$\chi^2_{\text{табл}}$	
Поток пачек хлыстов (трелевочных тракторов) на лесопогрузочный пункт	1	ТДТ-55А	194	19,7	15,9	80,9	13,8	14,1	3,02
	2	»	122	25,5	21,9	86,2	7,7	18,3	2,35
	3	»	232	20,7	18,1	87,6	14,3	21,0	2,88
Поток лесовозных автопоездов на лесопогрузочные пункты лесосек	4	»	180	19,4	13,4	89,2	9,6	15,5	3,09
	1	МАЗ-509	83	54,9	49,6	90,4	13,5	15,5	1,06
Поток сцепов УЖД на лесопогрузочные пункты	2	»	38	60,3	57,4	96,6	6,05	12,6	1,00
	1	ДВЗ	82	48,7	84,0	172,0	8,26	11,6	1,23
Поток хлыстов (лесовозных автопоездов) на нижние склады	1	МАЗ-509	112	85,7	60,2	70,7	8,72	12,6	0,71
	2	»	89	59,8	59,3	99,8	7,99	16,9	1,01
	3	»	38	64,2	54,1	84,2	7,22	18,3	0,94
Поток лесовозных автопоездов на промежуточные склады запасов хлыстов	1	МАЗ-509	57	62,5	49,8	89,8	5,67	14,1	0,96
	1	ДВЗ	87	61,2	79,4	129,8	7,38	12,6	0,98
Погрузка хлыстов на нижние склады	1	ПЛ-2	54	29,1	11,4	39,2	2,13	12,6	2,06
	2	»	96	37,7	9,6	26,6	0,19	14,1	1,62
Простой лесовозных автопоездов в ожидании погрузки хлыстов	1	МАЗ-509	96	5,1	6,1	119,8	16,39	17,5	—
	2	»	60	25,0	20,6	82,1	11,80	26,3	—
Погрузка хлыстов на сцепы УЖД	1	ПЛ-2	58	21,0	4,5	21,6	7,68	14,1	2,85
	2	»	46	30,5	3,3	109,4	13,20	15,5	1,96
Разгрузка лесовозных автопоездов на нижних складах	1	РРУ-10М	146	4,0	1,2	31,4	27,70	30,1	15,00
	2	ТДТ-55А	51	2,5	1,2	48,4	1,70	14,1	24,00
	3	РРУ-10М	98	10,0	11,6	116,8	15,00	15,5	6,00
Разгрузка сцепов УЖД на нижних складах	1	РРУ-10М	59	3,7	1,7	44,2	24,00	37,7	16,40
	2	»	46	3,8	0,6	17,0	5,80	11,1	15,80
Простой лесовозных автопоездов в ожидании разгрузки на нижних складах	1	МАЗ-509	57	6,2	11,0	178,8	16,51	14,1	—
	2	»	96	32,4	44,1	136,6	14,89	15,5	—
	3	»	134	12,8	16,8	131,0	12,58	15,5	—

фиксировали тип и число работающих машин, время прибытия и отправления трелевочных тракторов и лесовозных автопоездов к местам погрузки-разгрузки, время нахождения их под грузовыми операциями, продолжительность раскрывки пачек хлыстов на нижнем складе и т. п.

Наблюдения проводили в Савинском, Красновском, Приозерном и Иксинском лесопрохозах объединения «Архангельсклеспром». Объемы трелеваемых пачек изменялись от 4 до 6 м<sup>3</sup>, загрузки на лесовозные автопоезда — от 15 до 30 м<sup>3</sup>, на сцепы УЖД — от 15 до 23 м<sup>3</sup>.

Статистическую обработку данных наблюдений проводили по методике, изложенной в работе А. К. Митропольского [2]. При числе наблюдений  $n$  вычисляли математическое ожидание  $m_x$  среднеквадратическое отклонение  $\sigma_x$  дисперсию  $D_x$  ошибку  $m$ , коэффициент вариации  $v$ , коэффициент точности опыта  $p_t$  и другие необходимые показатели. Окончательно тип распределения изучаемого признака устанавливали по критерию Пирсона  $\chi^2$  [1]. Все вычисления проводили на ЭВМ «Минск-32» по программе Карельского филиала АН СССР.



Продолжение таблицы

Поток или операция	Но- мер пото- ка или опе- ра- ции	Тип механизма	Показатели						
			n	m <sub>x</sub>	σ <sub>x</sub>	v, %	χ <sup>2</sup> <sub>расч</sub>	χ <sup>2</sup> <sub>табл</sub>	λ, маш/ч
Простой сцепов УЖД в ожидании раз- грузки на нижних складах	1	ДВЗ	53	79,9	52,2	65,4	1,99	14,1	—
	2		39	87,8	51,9	59,9	0,81	12,6	—
Погрузка хлыстов на лесовозные авто- поезда на промежуточном складе	1	ПЛ-2	71	38,6	10,3	26,7	4,60	14,1	1,55
Простой лесовозных автопоездов на про- межуточном складе в ожидании погрузки	1	МАЗ-509	70	48,0	49,3	103,3	12,61	14,1	—
Раскряжевка пачек хлыстов	1	ЛО-15С ЭГЧ-3 «Урал-2» ПЛХ-ЗАС	39	73,9	29,1	39,9	0,06	35,2	0,81
	2		35	42,1	8,1	19,5	0,30	14,1	1,42
	3		37	53,4	19,5	36,6	3,69	12,6	1,12
	4		46	52,1	8,6	16,6	4,67	12,6	1,15

Характеристика потоков и времени их обслуживания при- ведена в таблице.

В результате исследований выявлено, что потоки хлыстов на лесопогрузочные пункты лесосек, на промежуточные и нижние склады, поступление пачек хлы- стов на раскряжевочные линии, потоки порожних транспортных средств (лесовозных автопоездов и сцепов УЖД) к местам по- грузки носят вероятностный (случайный) характер. Оценка статистических распределений продолжительности интервалов поступления смежных единиц потоков, приведенных в таблице, по критерию Пирсона при уров- не значимости  $p = 0,05$  показала хорошее соответствие их теоре- тическому экспоненциальному (показательному) распределению (во всех случаях значение критерия  $\chi^2_{табл} > \chi^2_{расч}$ ). Плотность вероятности этого распределения математически выражается урав- нением

$$f(x) = \lambda e^{-\lambda x}, \quad (1)$$

где  $x$  — интервал поступления смежных пачек хлы- стов (машин), мин;  
 $\lambda$  — интенсивность потока, определяемая по фор- муле

$$\lambda = \frac{1}{m_x}. \quad (2)$$

Следовательно, рассматри- ваемые потоки хлыстов и транс- портных средств к местам по- грузки-разгрузки можно считать простейшими (пуассоновскими).

Продолжительность обслуживания потоков — также случайная ве- личина. Оценка статистических распределений времени обслуживания исследованных потоков по критерию Пирсона при уровне значимости  $p = 0,05$  показала соответствие их теоретическому нормальному распре- делению.

Плотность вероятности этого распределения аналитически выража- ется уравнением

$$f(x) = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x - m_x)^2}{2\sigma_x^2}} dx, \quad (3)$$

где  $x$  — продолжительность обслуживания, мин.

Интенсивность обслуживания потоков  $\mu$  определяли так же как и  $\lambda$  по формуле (2).

Следовательно, можно считать, что время обслуживания потоков — продолжительность погрузки хлыстов на транспортные средства челюстными лесопогрузчиками, рейсов трелевочных тракторов и лесовозных автопоездов, разгрузки хлыстов на промежуточных и нижних складах, раскряжевки хлыстов независимо от типа обслуживаемых механизмов — подчиняется нормальному закону распределения. (По данным А. К. Редькина [3] продолжительность раскряжевки пачек хлыстов электропилами описывается усеченным нормальным распределением).

Продолжительность простоя транспортных средств в местах погрузки-разгрузки хлыстов и раскряжевочных линий аппроксимируется показательным законом распределения (1). В процессе исследований выявлено, что практически непроизводительные простои лесовозных автопоездов на верхних складах из-за отсутствия подтрелеванных хлыстов составляют 10 %, простои автопоездов на нижних складах в ожидании разгрузки из-за недостаточной емкости приемных площадок раскряжевочных линий и отсутствия резервных запасов хлыстов составляют 13 % от продолжительности рейса, простои раскряжевочных линий из-за отсутствия хлыстов на приемных площадках и на резервных складах достигают 15...20 % от длительности смены.

Из всего сказанного следует, что анализ работы лесозаготовительных предприятий, определение основных показателей использования машин необходимо производить с учетом случайного характера потоков хлыстов и закономерностей их обслуживания. Результаты исследования могут быть использованы при расчете размеров запасов хлыстов, потребного количества транспортных, погрузочно-разгрузочных средств, раскряжевочных линий, их производительности, степени загрузки и т. п.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Гмурман В. С. Теория вероятностей и математическая статистика.— М.: Высшая школа, 1972.— 480 с. [2]. Митропольский А. К. Техника статистических вычислений.— М.: Наука, 1971.— 576 с. [3]. Редькин А. К. Управление операциями на нижних складах.— М.: Леси. пром-сть, 1980.— 208 с.

Поступила 10 июня 1985 г.

УДК 629.114.2.004.15

### АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ВАРИАНТОВ КОМПОНОВКИ ТРЕЛЕВОЧНОГО ТРАКТОРА НА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЕГО РАБОТЫ

*Н. И. БИБЛЮК, О. А. СТЫРАНИВСКИЙ*

Львовский лесотехнический институт

Основными предпосылками повышения производительности труда на транспортных работах являются увеличение скорости движения, повышение рейсовой нагрузки и сокращение времени погрузочно-разгрузочных работ.

Применение на грунтах с достаточной несущей способностью при первичной транспортировке (трелевке) леса колесных тракторов, по сравнению с гусеничными, позволяет увеличить скорость движения, а установка гидроманипуляторов — устранить ручной труд чокеровщика и сократить время погрузочно-разгрузочных работ. Агрегатирование трактора с роспуском [4] для транспортировки древесины в полностью

погруженном состоянии дает возможность существенно повысить рейсовую нагрузку и увеличить скорость движения.

Наблюдения за работой колесных трелевочных тракторов показали, что скорость трактора, а следовательно, и производительность, в преобладающем большинстве случаев ограничиваются не мощностью двигателя, а плавностью хода агрегата [3, 8].

Задача данной работы — выявить влияние вариантов компоновки на плавность хода, скорость движения и технико-экономические показатели работы колесного трелевочного трактора.

Исследования проводили для трех вариантов компоновки колесного трактора: I — трелевочный агрегат (чокерное технологическое оборудование); II — трелевочный агрегат (гидроманипулятор и захват-коник); III — транспортный агрегат (гидроманипулятор, захват-коник и роспуск). Использована плоская расчетная модель, учитывающая как колебательные свойства машины, так и гибкость упругого груза (рис. 1).

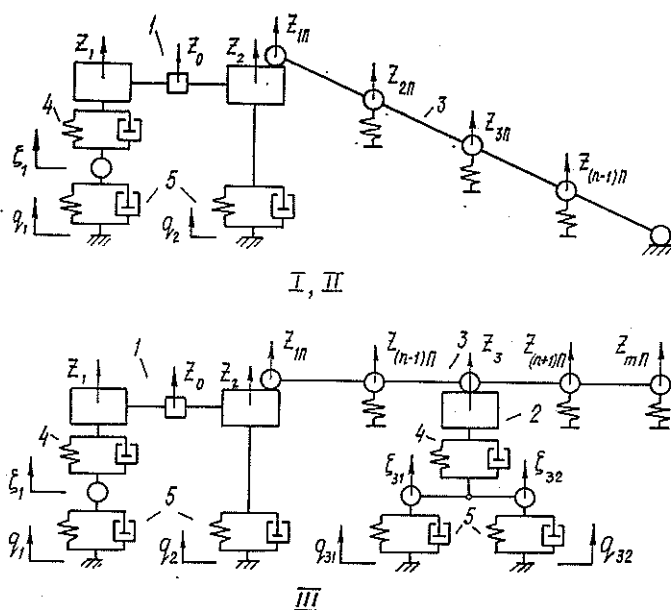


Рис. 1. Расчетная схема вертикальных колебаний колесного трелевочного трактора при различных вариантах компоновки: I, II, III — варианты компоновки; 1 — тягач; 2 — роспуск; 3 — пакет древесины; 4 — подвеска; 5 — шина;  $z_{iП}$  — перемещение  $i$ -й массы пакета

Пакет древесины моделировали в виде невесомого стержня с сосредоточенными массами и приведенными к ним жесткостями. Число, величину и размещение дискретных масс определяли в соответствии с рекомендациями [2], а коэффициенты приведенных жесткостей и затухания — по методике, изложенной в работе [1].

В качестве функции воздействия принята корреляционная функция вида

$$R(l) = (69,14 \dots 27,76) e^{-(0,23 \dots 0,36) |l|} \cos(0,36 \dots 0,57) l,$$

определенная путем обобщения параметров продольных микропрофилей (33 шт.) трелевочных волоков, замеренных авторами и другими исследователями в различных районах страны.

Математическая модель вертикальных колебаний трелевочного трактора при различных вариантах компоновки описана линейной системой обыкновенных дифференциальных уравнений

$$\sum_{i=1}^3 \lambda_{ki} \ddot{z}_i + \sum_{i=2}^{n-1} \lambda'_{ki} \ddot{\Delta}_i + \sum_{i=n+1}^m \lambda'_{ki} \ddot{\Delta}_i + s_k \dot{z}_k + t_k z_k - s_k \dot{\zeta}_k - t_k \zeta_k = 0;$$

$$(k = 1, 2, 3; \zeta_2 = q_2);$$

при

$$k = i \quad \lambda_{ki} = 1; \quad \zeta_3 = (\zeta_4 + \zeta_5)/2;$$

$$\ddot{\Delta}_k + \sum_{i=1}^3 \delta_{ki} \ddot{z}_i + \sum_{i=2}^{n-1} \mu_{ki} \Delta_i + \sum_{i=n+1}^m \mu_{ki} \Delta_i = 0; \quad (1)$$

$$(k = 2, 3, \dots, (n-1), (n+1), \dots, (m-1), m);$$

$$\ddot{\zeta}_k + (s_{kp} + s_{kw}) \dot{\zeta}_k + (t_{kp} + t_{kw}) \zeta_k - s_{kp} \dot{z}_k - s_{kw} \dot{q}_k - t_{kp} z_k - t_{kw} q_k = 0;$$

$$(k = 1, 4, 5; z_4 = z_5 = 2z_3),$$

где  $z_i$  и  $\zeta_i$  — вертикальные перемещения  $i$ -х подрессоренной и неподдресоренной масс;

$\Delta_i$  — вертикальное перемещение  $i$ -й массы пакета древесины, вызванное его гибкостью;

$q_i$  — амплитуда микропрофиля дорожной поверхности под  $i$ -й осью агрегата.

Коэффициенты при переменных ( $\lambda_{ki}$ ,  $\lambda'_{ki}$ ,  $\delta_{ki}$ ,  $\mu_{ki}$ ,  $s_k$ ,  $t_k$ ,  $s_{kp}$ ,  $t_{kp}$ ,  $s_{kw}$ ,  $t_{kw}$ ) зависят от величины и размещения дискретных масс агрегата и груза, значений жесткостей и коэффициентов затухания рессор, шин и пакета древесины.

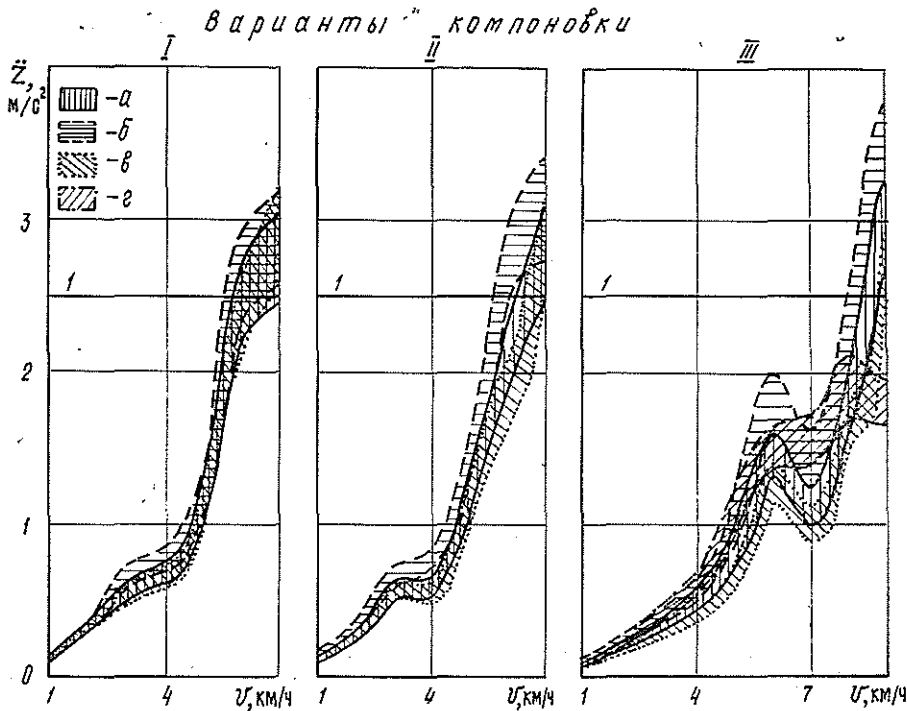


Рис. 2. Зависимости средних квадратичных значений вертикальных ускорений колесного трактора с пачкой деревьев от скорости движения:  $a$  — ускорение на полу кабины (под сидением водителя);  $b$  — заднего моста тягача;  $v$  — переднего моста тягача;  $z$  — подрессоренной части роспуска;  $I$  — допустимое значение

Плавность хода исследуемых агрегатов оценивали по величине средних квадратичных вертикальных ускорений, которые определяли решением системы уравнений (1) на ЭВМ ЕС-1022 с использованием методов статистической динамики [6].

На рис. 2 приведены зависимости средних квадратичных значений вертикальных ускорений подрессоренных масс агрегатов от скорости движения. Кривые, характеризующие колебания транспортного агрегата (вариант компоновки III), в отличие от кривых, определяющих колебания трелевочных тракторов (варианты компоновки I, II), имеют максимум, который проявляется при скорости  $v = 6$  км/ч, являющейся резонансной. Из рис. 2 видно, что при агрегатировании трелевочного тягача с роспуском (вариант компоновки III) средние квадратичные вертикальные ускорения подрессоренных масс машины существенно уменьшаются по сравнению с показателями трелевочных тракторов (варианты компоновки I, II).

В соответствии с рекомендуемым в работе [5] значением предела допускаемой интенсивности колебаний подрессоренной части машины под сидением водителя, были определены критические скорости движения исследуемых агрегатов (табл. 1).

Таблица 1

Весовое состояние	Критические скорости движения трактора, км/ч, для вариантов компоновки		
	I	II	III
Без груза	6,22 (5,98)	6,41 (6,03)	6,41 (6,03)
С пакетом древесины (объемом 7,76 м <sup>3</sup> )	5,77 (5,72)	6,23 (5,92)	8,35* (7,76*)

Примечание. В скобках — данные для тягача с серийной передней подвеской трактора Т-150К (жесткость 56 кН/м).

\* Объем транспортируемой пачки — 14,84 м<sup>3</sup>.

Анализ полученных результатов показывает, что из двух трелевочных агрегатов (варианты компоновки I, II) большей скоростью (на 3...8%) обладает трактор с гидроманипулятором, у которого лучше скомпоновано технологическое оборудование. При агрегатировании этого тягача с роспуском (вариант компоновки III) скорость движения возрастает на 34% с увеличением объема транспортируемой пачки древесины в 1,9 раза.

Установка на переднюю ось тягача подвески, жесткостью  $c = 56$  кН/м, незначительно ухудшает плавность хода всех агрегатов (критическая скорость уменьшается на 1...7%), что обусловлено высокой податливостью шин тягача. Оборудование роспуска серийными рессорами автомобиля ЗИЛ-130, жесткостью  $c = 42,4$  кН/м, практически не влияет на плавность хода транспортного агрегата в целом, но уменьшает (в 2...2,5 раза) средние квадратичные значения вертикальных ускорений подрессоренной массы роспуска в диапазоне скоростей  $v = 1...9$  км/ч.

Для подтверждения достоверности математической модели вертикальных колебаний трелевочного трактора при различных вариантах компоновки в сентябре-октябре 1983 г. нами были проведены экспериментальные исследования плавности хода трелевочного агрегата (вариант компоновки I).

Вертикальные колебания записывали с помощью комплекта измерительной аппаратуры, в который входили: пьезоэлектрические датчики ускорений (акселерометры), установленные на переднем, заднем мостах трактора и на полу кабины (под сидением водителя), усилители, фильтры и осциллограф Н-004 с блоком питания. Полученные данные обрабатывали известными методами математической статистики [7].

Таблица 2

Весовое состояние	Скорость движения, км/ч	Средние квадратичные вертикальные ускорения, м/с <sup>2</sup>		
		под сидением водителя	заднего моста	переднего моста
С пачкой деревьев (объемом 4 м <sup>3</sup> )	7,26	0,984 (-3,7)	1,035 (+1,9)	0,988 (+3,0)
	9,68	1,679 (+1,0)	1,927 (+5,1)	1,627 (-4,3)
	12,90	1,688 (+0,9)	1,677 (+4,5)	1,920 (+4,2)
Без груза	7,25	0,914 (+5,0)	1,059 (+3,4)	1,095 (-5,7)
	9,88	1,744 (-5,4)	2,00 (3,1)	1,498 (+3,0)
	13,13	1,728 (+3,7)	2,186 (-5,0)	1,938 (+4,9)
	17,82	2,448 (+3,9)	3,268 (+3,4)	2,098 (+1,5)

Примечание. В скобках расхождение экспериментальных и теоретических данных, %.

Результаты экспериментов (табл. 2) хорошо согласуются с данными теоретических исследований плавности хода трелевочного агрегата: расхождение не превышает 6 %.

На основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований плавности хода трелевочного трактора при различных вариантах компоновки можно сделать вывод, что лучшей плавностью хода обладает транспортный агрегат (вариант компоновки III). Применение в качестве передней подвески тягача серийных рессор трактора Т-150К не дает положительного эффекта, а подрессоривание роспуска существенно уменьшает вертикальные ускорения его подрессоренной массы.

На рис. 3 приведены зависимости сменной производительности исследуемых агрегатов от расстояния транспортировки, вычисленные

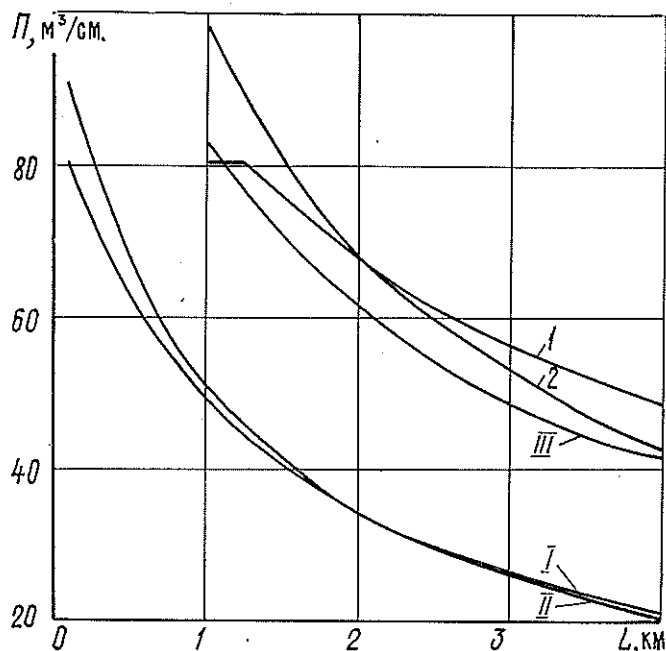


Рис. 3. Зависимость сменной производительности различных агрегатов и транспортных пороков на их базе от расстояния транспортировки: I, II, III — варианты компоновки; 1, 2 — номер транспортного потока

с учетом определенных выше (табл. 1), из условия обеспечения плавности хода, критических скоростей движения.

Трелевочные агрегаты (варианты компоновки I, II) незначительно различаются по сменной производительности и только при расстоянии транспортировки  $L < 1$  км трактор с гидроманипулятором оказывается более производительным (на 4...12 %), чем трактор с чокерным оборудованием. При агрегатировании трелевочного трактора с роспуском (вариант компоновки III) сменная производительность резко возрастает (на 70...95 % при  $L = 1...4$  км) по сравнению с вариантами компоновки I, II.

На рис. 3 представлены также зависимости сменной производительности от расстояния транспортировки для двух транспортных потоков: 1 — транспортная машина + трелевочный трактор; 2 — два трелевочных трактора.

Анализ приведенных зависимостей позволяет сделать вывод, что при расстоянии транспортировки  $L > 2,1$  км целесообразно применение транспортного агрегата (вариант компоновки III).

Эксплуатационные затраты на транспортировку 1 м<sup>3</sup> древесины на расстояние  $L = 2,1$  км для исследуемых вариантов компоновки трелевочного трактора в процентном соотношении равны: I — 100 %, II — 113,6 %, III — 66,4 %, что подтверждает эффективность применения транспортного агрегата (трелевочный трактор с гидроманипулятором, захват-коником и роспуском) на первичной транспортировке древесины.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Бабаков И. М. Теория колебаний — М.: Наука, 1968. — 560 с. [2]. Билюк Н. И. Метод расчета величины и размещения дискретных масс пакета хлыстов // Лесн. журн. — 1984. — № 3. — С. 35—39. — (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Горбачевский В. А. Колесные трелевочно-транспортные машины. — М.: Лесн. пром-сть, 1968. — 256 с. [4]. Паньчев А. П., Провоторов Ю. И., Калаганов В. А. Погрузка деревьев машиной ЛП-18А в комплекте с роспуском // Лесоэксплуатация и лесослав: Науч.-техн. реф. сб. / ВНИПИЭИлеспром. — 1982. — Вып. 13. — С. 8—9. [5]. Ротенберг Р. В. Подвеска автомобиля и его плавность хода. — М.: Машиностроение, 1972. — 392. [6]. Силаев А. А. Спектральная теория поддресоривания транспортных машин. — М.: Машиностроение, 1972. — 192 с. [7]. Смирнов Н. В., Дунин-Барковский И. В. Курс теории вероятностей и математической статистики для технических приложений. — М.: Наука, 1969. — 511 с. [8]. Татаринцов В. П. Лесозаготовки (Состояние и проблемы повышения эффективности). — М.: Лесн. пром-сть, 1979. — 224 с.

Поступила 15 июля 1985 г.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ  
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 531.3.001.57 : 674.05

ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ  
СТАНИН ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ СТАНКОВ

О. П. АФАНАСЬЕВ, Г. С. ЧУКОВ

Московский лесотехнический институт

Стремление снизить металлоемкость станин станков и повысить технологичность их изготовления привело к идее создания станин из гнутых или штампованных листовых материалов. В связи с этим необходимо определить динамические свойства станин, в том числе их жесткость и резонансные частоты. Для решения данной задачи разрабатывают методики расчета с применением ЭВМ. При этом возникают значительные трудности, обусловленные нелинейностью соответствующих задач теории упругости.

Настоящая статья посвящена обоснованию и обсуждению возможных реализаций экспериментального исследования станин с использованием физического моделирования.

Исходный в теории упругости закон Гука [3] устанавливает связь между компонентами тензора напряжений и тензора деформаций. Эту связь с достаточной для практики точностью можно принять линейной и представить в следующем виде [2]:

$$\begin{aligned} \sigma_x &= C_{11}\epsilon_x + C_{12}\epsilon_y + C_{13}\epsilon_z + C_{14}\gamma_{yz} + C_{15}\gamma_{xz} + C_{16}\gamma_{xy}; \\ \sigma_y &= C_{21}\epsilon_x + C_{22}\epsilon_y + C_{23}\epsilon_z + C_{24}\gamma_{yz} + C_{25}\gamma_{xz} + C_{26}\gamma_{xy}; \\ &\dots \\ \tau_{xy} &= C_{61}\epsilon_x + C_{62}\epsilon_y + \dots + C_{66}\gamma_{xy}, \end{aligned} \tag{1}$$

где  $\sigma_x \dots \tau_{xy}$  — компоненты тензора напряжений;  
 $\epsilon_x \dots \gamma_{xy}$  — компоненты тензора деформаций;  
 $C_{11} \dots C_{66}$  — коэффициенты упругости.

Зависимости (1) справедливы для любых упругих тел, в том числе для анизотропных. Применение анизотропных, в частности, волокнистых материалов для изготовления станин или их элементов возможно, поэтому имело смысл записать закон Гука в приведенной выше обобщенной форме.

Чтобы перейти к дифференциальным уравнениям движения (или равновесия) упругой среды, необходимо использовать связь между компонентами тензора деформаций и вектора перемещений. Эта связь имеет следующий вид [2]:

$$\begin{aligned} \epsilon_x &= \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{1}{2} \left[ \left( \frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial v}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 \right]; \\ \epsilon_y &= \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{1}{2} \left[ \left( \frac{\partial u}{\partial y} \right)^2 + \left( \frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 + \left( \frac{\partial w}{\partial z} \right)^2 \right]; \\ &\dots \\ \gamma_{xy} &= \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} + \left[ \frac{\partial u}{\partial x} \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial x} \frac{\partial w}{\partial y} \right]. \end{aligned} \tag{2}$$



Здесь  $u, v, w$  — составляющие вектора перемещений.

Зависимости (2) нелинейны, что вызывает трудности при численном решении. Лишь для малых деформаций нелинейные члены в формулах (2) можно отбросить. Соответствующие дифференциальные уравнения движения также становятся линейными и принимают форму уравнений Ламе [2, 3]. Вывод критериев подобия для процессов, описываемых уравнением Ламе, приведен в работе [1]. В настоящей работе мы получим критерии подобия для нелинейных зависимостей (2).

При записи уравнений движения используем тензорную символику

$$\frac{\partial \sigma_{ij}}{\partial x_i} + \rho \left( F_i - \frac{\partial^2 u_j}{\partial t^2} \right) = 0, \quad (3)$$

где  $\sigma_{ij}$  — компоненты тензора напряжений, определяемые формулами (1);  
 $x_i$  — декартовы координаты ( $i = 1, 2, 3$ );  
 $\rho$  — плотность упругой среды;  
 $F_i$  — компоненты вектора массовых сил;  
 $u_j$  — компоненты вектора перемещений;  
 $t$  — время.

Частные производные по координате от тензора деформаций, с учетом соотношений (1), имеют вид:

$$\frac{\partial \sigma_{ij}}{\partial x_i} = C_{ijrk} \frac{\partial \varepsilon_{rk}}{\partial x_i}. \quad (4)$$

Здесь  $C_{ijrk}$  — тензорная форма коэффициентов упругости в соотношениях (1);

$\varepsilon_{rk}$  — компоненты тензора деформаций (2).

В тензорной форме компоненты тензора деформаций

$$\varepsilon_{rk} = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u_r}{\partial x_k} + \frac{\partial u_k}{\partial x_r} + \frac{\partial u_\alpha}{\partial x_k} \frac{\partial u_\alpha}{\partial x_r} \right). \quad (5)$$

Подставляя (5) в (4) и затем в (3), получим уравнения движения в следующей форме:

$$\frac{1}{2} C_{ijrk} \frac{\partial}{\partial x_i} \left( \frac{\partial u_r}{\partial x_k} + \frac{\partial u_k}{\partial x_r} + \frac{\partial u_\alpha}{\partial x_k} \frac{\partial u_\alpha}{\partial x_r} \right) + \rho \left( F_j - \frac{\partial^2 u_j}{\partial t^2} \right) = 0. \quad (6)$$

Для составления критериев подобия приводим это уравнение к безразмерной форме [1]. С использованием обозначений

$$C_{ijrk} = C_0 C_{ijrk}^0; \quad x_i = l_0 x_{i0}; \quad u_r = l_0 u_{r0}; \quad \rho = \rho_0 \rho_0; \quad F_i = F_0 F_{i0} \quad t = t_0 t_0$$

уравнение (6) имеет вид

$$\frac{1}{2} \frac{C_0}{l_0} C_{ijrk}^0 \frac{\partial}{\partial x_{i0}} \left( \frac{\partial u_{r0}}{\partial x_{k0}} + \frac{\partial u_{k0}}{\partial x_{r0}} + \frac{\partial u_{\alpha 0}}{\partial x_{k0}} \frac{\partial u_{\alpha 0}}{\partial x_{r0}} \right) + \rho_0 F_0 \rho_0 F_{j0} - \rho_0 \frac{l_0}{t_0^2} \frac{\partial^2 u_{j0}}{\partial t_0^2} = 0. \quad (7)$$

Уравнения (7) дают два критерия подобия

$$C_1 = \frac{C_0}{\rho_0 F_0 l_0}; \quad C_2 = \frac{C_0 t_0^2}{\rho_0 l_0^2}. \quad (8)$$

Для нелинейной задачи теории упругости критерии подобия (8) оказались такими же, как и для линейной, рассмотренной в работе [1]. А значит, приведенная в работе [1] методика моделирования справедлива не только в области малых деформаций, но и всюду в упругой области,

где справедлив закон Гука. Из критерия  $C_1$  следует, что при изменении размеров необходимо либо изменять массовую силу (в частности, ускорение силы тяжести), либо на модели применять другой материал с другим значением упругих коэффициентов. Например, с некоторыми оговорками можно использовать для металлических конструкций модели, изготовленные из оргстекла. При решении задачи же о колебаниях станины без больших погрешностей можно пренебречь ее собственной массой, поскольку потенциальная энергия системы из-за вертикальных перемещений элементов станины в процессе колебаний изменяется незначительно по сравнению с энергией упругой деформации. В этом случае для подобия колебаний станины и ее модели необходимо выдержать только критерий  $C_2$ , разумеется, с обязательным соблюдением геометрического подобия. Из этого критерия следует, что при использовании одинакового материала на модели и натуре с уменьшением размеров сокращается характерное время, а значит растут частоты колебаний станины и частоты возмущающих сил от имитаторов оборудования, расположенного на станине.

Рассмотренную методику моделирования предполагается использовать в процессе разработки станины продольно-фрезерного станка С25-4. Данный станок предназначен для плоскостной или профильной обработки прямолинейных заготовок шириной до 250 мм с четырех сторон по сечению за один проход. В технологическом потоке станок работает индивидуально или встраивается в поточную линию. Он может дополнительно комплектоваться калевочным суппортом.

Функциональная схема станка С25-4 представлена на рис. 1.

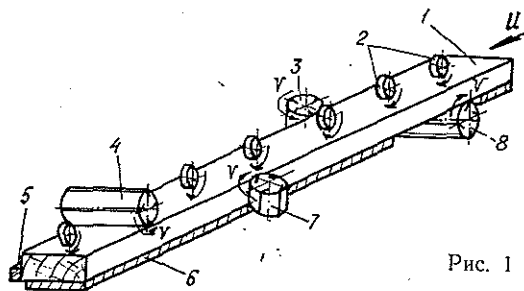


Рис. 1

Заготовка 1 базируется на стол 6 и направляющую линейку 5. Вальцы 2 подают заготовку к зоне обработки. Нижний фуговальный ножевой вал (фреза) 8 формирует нижнюю пластъ будущей детали, правая вертикальная ножевая головка (фреза) 3 — правую кромку детали, левая вертикальная ножевая головка (фреза) 7 — левую кромку детали, верхний горизонтальный рейсмусующий ножевой вал (фреза) 4 — верхнюю пластъ. Все механизмы резания консольного типа имеют индивидуальный привод от электродвигателя через клиноременную передачу. Если станок комплектуют калевочным суппортом, то его устанавливают за верхним горизонтальным ножевым валом (по направлению подачи) и предназначают для действительных или фасонных операций (на рис. 1 он не показан).

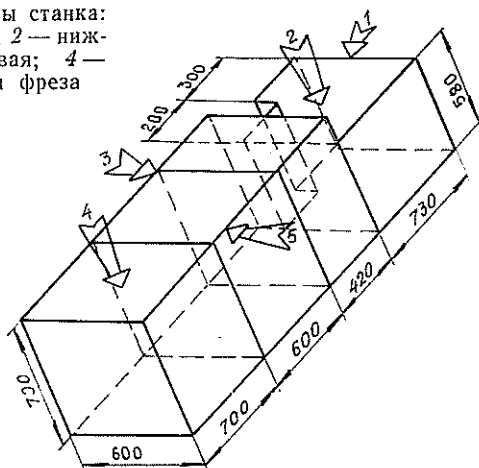
Механизм подачи с приводом монтируют на единой траверсе, которая перемещается от отдельного электродвигателя в вертикальной плоскости для настройки на толщину обрабатываемых заготовок.

Горизонтальные механизмы резания имеют осевое и вертикальное перемещение для настройки на размер, вертикальные механизмы резания — осевое и горизонтальное перемещение. Настроечные перемещения выполняют вручную.

Привод механизма подачи осуществляется от мотор-вариатор-редуктора и имеет плавное регулирование скорости подачи. Частота вращения режущих инструментов постоянна и составляет  $5000 \text{ мин}^{-1}$ .

Все механизмы резания, подающие и базирующие устройства смонтированы на станине коробчатой формы. Внутри станины находятся эксгаустерные устройства, передаточные и настроечные механизмы.

Рис. 2. Схема станины станка:  
1 — механизм подачи; 2 — нижняя фреза; 3 — правая; 4 — верхняя; 5 — левая фреза



Конструктивная схема станины станка и места крепления на ней основных узлов показаны на рис. 2.

Модель станины выполнена из листового материала в масштабе 1:4. Расположение и размеры крепежных отверстий на модели геометрически подобны натурным. В качестве имитаторов фрезерных инструментов можно использовать роторы с регулируемым дисбалансом и частотой вращения до 20 тыс. мин<sup>-1</sup>.

На основании приведенных исследований можно сделать вывод о том, что параметры колебаний станины, определенные с помощью испытаний ее физической модели, после соответствующего пересчета близки к параметрам колебаний натурной станины. И, следовательно, технические решения по снижению уровня колебаний, найденные при испытаниях модели, эффективны и в реальных условиях.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Афанасьев О. П. Физическое моделирование динамических процессов // Лесн. журн.— 1981.— № 3.— С. 70—78. (Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Биргер И. Я., Пановко Я. Г. Прочность, устойчивость, колебания.— М.: Машиностроение, 1968.— Т. 1.— С. 17, 22. [3]. Седов Л. И. Механика сплошной среды.— М.: Наука, 1976.— Т. 1.— 164 с.

Поступила 8 октября 1986 г.

УДК 674.093.6

## ОПТИМИЗАЦИЯ РАСКРОЯ НЕОБРЕЗНЫХ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

Н. Д. ФИЛИППОВ, В. И. БАРАШИКОВ

Уральский лесотехнический институт

В теоретических исследованиях раскроя пиловочного сырья на пиломатериалы принято считать форму бревна усеченным параболоидом вращения, любое сечение которого параллельно продольной оси и представляет собой часть плоскости, ограниченную параболой. Оптимизация раскроя необрезных пиломатериалов на заготовки сводится, как правило, к поиску параметров прямоугольников, вписанных в параболу и обеспечивающих максимум суммарной площади.

Известны решения данной задачи в случае раскроя необрезных досок, наружная пласть которых ограничена полной параболой вида

$y^2 = px$  [1—6]. Однако количество таких пиломатериалов весьма ограничено (2, реже 4 доски в поставе), а их объем не превышает 10...20 % от всех пиломатериалов, полученных, например, при распиловке вразвал. До поступления на участок раскроя эти пиломатериалы укорачивают в лесопильном цехе с целью удаления непропиленного конца. Поэтому при раскрое необрезных пиломатериалов в производстве, например, мебельных заготовок практически всегда приходится решать задачу получения наибольшей общей площади прямоугольников, вписанных в параболу вида  $y^2 = p(a+x)$ , усеченную осью  $Y$  (рис. 1).

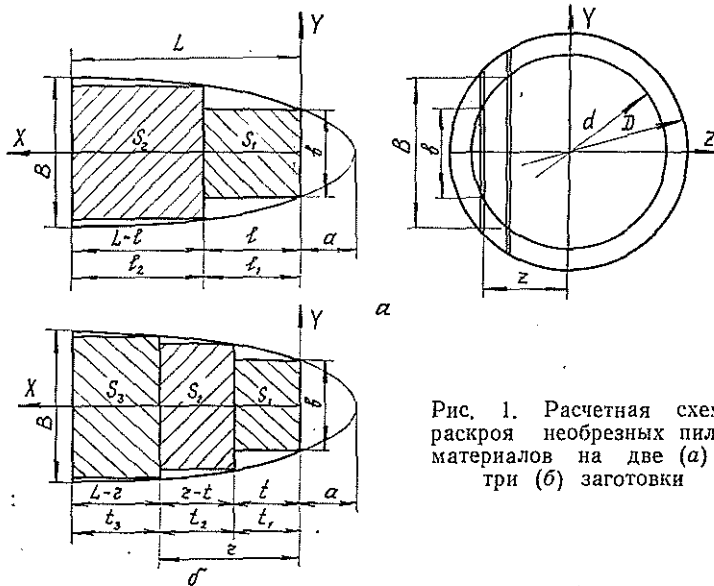


Рис. 1. Расчетная схема раскроя необрезных пиломатериалов на две (а) и три (б) заготовки

Значительные потери древесины в обзолную рейку объясняются, в частности, отсутствием теоретических основ и аргументированных рекомендаций поперечного раскроя таких пиломатериалов, что и явилось основанием для данной работы.

При поперечном раскрое необрезных пиломатериалов выкраивают как правило, не более 2...3 «черновых» заготовок, кратных по длине деталям с учетом припусков на обработку.

#### Оптимизация раскроя необрезной доски на две заготовки

В качестве исходных параметров примем:

$L$  — длина необрезной доски;

$b$  — ширина наружной пласти в вершинном торце необрезной доски;

$B$  — ширина наружной пласти в комлевом торце необрезной доски;

$K$  — коэффициент сбega, характеризующий уменьшение ширины наружной пласти от комля к вершине необрезной доски

$$K = \frac{B}{b} \geq 1. \quad (1)$$

Уравнение верхней части усеченной параболы имеет вид

$$y = \sqrt{p(x+a)} \quad \text{при } a \geq 0, x \geq 0, \quad (2)$$

где  $a$  — величина сдвига вершины параболы по оси  $X$ .

Выразив  $p$  и  $a$  через параметры необрезной доски, получим:

$$a = \frac{b^2}{B^2 - b^2} L; \quad (3)$$

$$p = \frac{B^2 - b^2}{4L}. \quad (4)$$

Обозначим через  $S_1$  и  $S_2$  площади вписанных в параболу прямоугольников с основаниями соответственно  $l$  и  $L-l$ . Тогда  $S_1 = 2bl$ ,  $S_2 = 2\sqrt{p(l+a)}(L-l)$ , откуда функция оптимизации:

$$u = S_1 + S_2 = 2[\sqrt{pal} + \sqrt{p(l+a)}(L-l)].$$

Вычислив первую  $u'(l)$  и вторую  $u''(l)$  производные функции и исследовав ее на максимум, получим точку максимума:

$$l = L \left[ \frac{1}{3} + \frac{2b}{9(B^2 - b^2)} (\sqrt{3B^2 + b^2} - 2b) \right] \quad (5)$$

или

$$\frac{l}{L} = \frac{1}{3} + \frac{2}{3(\sqrt{3K^2 + 1} + 2)}. \quad (6)$$

Рис. 2. Область оптимизации раскроя необрезных пиломатериалов на две (а) и три (б) заготовки

Из уравнений (5), (6) следует, что при  $b \rightarrow B$ , т. е. когда форма наружной пласти необрезной доски стремится к прямоугольнику,  $l \rightarrow \frac{L}{2}$ , поскольку:

$$\frac{l}{L} = \frac{1}{3} + \frac{2}{3(\sqrt{3K^2 + 1} + 2)} \xrightarrow{K \rightarrow 1} \frac{1}{2}. \quad (7)$$

При  $b \rightarrow 0$ , т. е. когда граница наружной пласти стремится к неусеченной параболе,  $l \rightarrow \frac{L}{3}$ . Последний результат для неусеченной параболы известен [5].

Из формулы (7) видно, что по мере увеличения расстояния от центра бревна до наружной пласти необрезной доски, т. е. при  $0 < \frac{b}{B} < 1$ , область оптимизации раскроя доски на две заготовки (рис. 2, а) равна  $\frac{L}{6}$  и находится в пределах

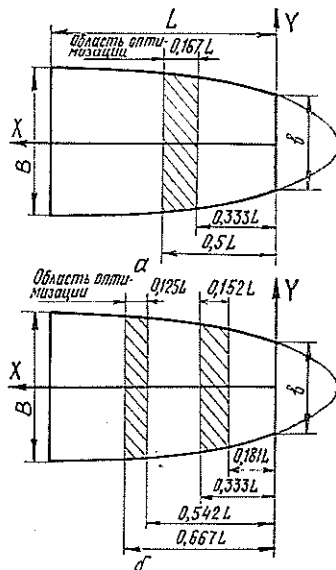
$$0,333L \leq l \leq 0,500L. \quad (8)$$

Оптимизация раскроя необрезной доски на три заготовки

Обозначив через  $S_1$ ,  $S_2$  и  $S_3$  площади вписанных в параболу прямоугольников с основаниями  $t$ ,  $r-t$  и  $L-r$ , получим:

$$S_1 = 2\sqrt{pa}t; \quad S_2 = 2\sqrt{p(t+a)}(r-t);$$

$$S_3 = 2\sqrt{p(r+a)}(L-r)$$



и функцию оптимизации

$$u = u(t, r) = S_1 + S_2 + S_3 = 2\sqrt{p} [\sqrt{a}t + \sqrt{t+a}(r-t) + \sqrt{r+a}(L-r)].$$

Вычислим частные производные

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\sqrt{p} [2\sqrt{a}(t+a) + (r-3t-2a)]}{\sqrt{t+a}};$$

$$\frac{\partial u}{\partial r} = \frac{\sqrt{p} [2\sqrt{(r+a)(t+a)} + (L-3r-2a)]}{\sqrt{r+a}}$$

и вторые производные

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \frac{-\sqrt{p} [3(t+a) + (r+a)]}{2(t+a)^{3/2}};$$

$$\frac{\partial^2 u}{\partial r^2} = \frac{-\sqrt{p} [3(r+a) + (L+a)]}{2(r+a)^{3/2}};$$

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t \partial r} = \frac{\sqrt{p}}{\sqrt{t+a}}.$$

Необходимое условие экстремума  $\frac{\partial u}{\partial t} = 0$  и  $\frac{\partial u}{\partial r} = 0$  приведем к системе уравнений

$$\begin{cases} 2\sqrt{a(t+a)} = 3(t+a) - (r+a); \\ 2\sqrt{(t+a)(r+a)} = 3(r+a) - (L+a) \end{cases}$$

или

$$\begin{cases} 2Y = 3Y^2 - R; \\ 2Y\sqrt{R} = 3R - K^2, \end{cases} \quad (9)$$

где  $Y = \sqrt{T} = \sqrt{\frac{t}{L}(K^2 - 1) + 1}$ ;  $R = \frac{r}{L}(K^2 - 1) + 1$ .

Выражая из первого уравнения системы (9)  $R = 3Y^2 - 2Y$  и подставляя его во второе, получим

$$69Y^4 - 100Y^3 + 18(2 - K^2)Y^2 + 12K^2Y + K^4 = 0. \quad (10)$$

Ввиду сложности и громоздкости представления решения уравнения (10) в явном виде исследуем систему уравнений (9) методами аналитической геометрии. Обозначив  $X = \sqrt{R}$ , приведем систему уравнений (9) к виду:

$$\begin{cases} 2Y = 3Y^2 - X^2; \\ 2YX = 3X^2 - K^2 \end{cases}$$

или

$$\begin{cases} \left( Y - \frac{1}{3} \right)^2 - \frac{X^2}{\frac{1}{9}} = 1; \\ Y = \frac{3}{2}X - \frac{K^2}{2X}. \end{cases} \quad (11)$$

Здесь первое уравнение системы (11) — уравнение гиперболы, сдвинутой по оси  $Y$  на  $\frac{1}{3}$ , с вещественной полуосью, равной  $\frac{1}{3}$ , на оси  $Y$ , мнимой полуосью, равной  $\frac{\sqrt{3}}{3}$ , на оси  $X$  и асимптотами  $Y = \pm \frac{\sqrt{3}}{3} X + \frac{1}{3}$ . Второе уравнение — уравнение гиперболы с асимптотами  $Y = \pm \frac{3}{2} X$  и осью  $Y$ , возрастающей на промежутках непрерывности (рис. 3).

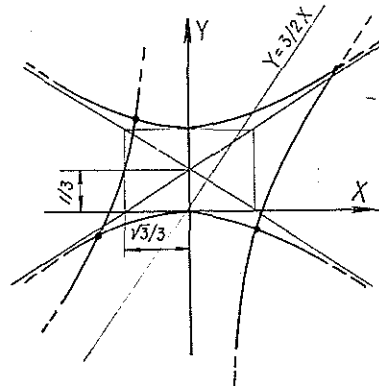


Рис. 3. Графическая интерпретация решения уравнения (10)

Так как  $X = \sqrt{R} > 0$  и  $Y = \sqrt{T} > 0$ , то решению системы уравнений (11) соответствует единственная точка пересечения гипербол в первой четверти, т. е. наибольший корень уравнения (10). Решая уравнение (10) методом проб для различных значений  $0 < \frac{1}{K} < 1$ , с необходимой точностью получим зависимости значений  $\frac{t}{L}$  и  $\frac{r}{L}$  в табличном (см. табл.) и графическом (рис. 4) виде.

$\frac{b}{B}$	$\frac{t}{L}$	$\frac{r}{L}$	$\frac{b}{B}$	$\frac{t}{L}$	$\frac{r}{L}$	$\frac{b}{B}$	$\frac{t}{L}$	$\frac{r}{L}$	$\frac{b}{B}$	$\frac{t}{L}$	$\frac{r}{L}$
0	0,333	0,181	0,35	0,428	0,269	0,609	0,70	0,476	0,312	0,646	
0,05	0,352	0,198	0,554	0,40	0,437	0,277	0,615	0,75	0,481	0,316	0,649
0,10	0,368	0,214	0,567	0,45	0,445	0,284	0,621	0,80	0,485	0,320	0,653
0,15	0,382	0,227	0,575	0,50	0,452	0,291	0,268	0,85	0,489	0,324	0,657
0,20	0,396	0,240	0,587	0,55	0,459	0,297	0,633	0,90	0,493	0,327	0,660
0,25	0,407	0,251	0,595	0,60	0,465	0,303	0,639	0,95	0,497	0,330	0,663
0,30	0,418	0,260	0,601	0,65	0,471	0,307	0,643	1,00	0,500	0,333	0,667

Покажем, что в найденных точках функции  $u = u(t, r)$  достигается максимум. Для этого достаточно проверить, что

$$\Delta = \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \frac{\partial^2 u}{\partial r^2} - \left( \frac{\partial^2 u}{\partial t \partial r} \right)^2 > 0 \text{ и } \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} < 0.$$

Имеем

$$\Delta = \frac{p [3(t+a) + (r+a)][3(r+a) + (L+a)]}{4(t+a)^{3/2}(r+a)^{3/2}} - \frac{p}{t+a} =$$

$$= \frac{p}{t+a} \frac{[3(t+a) + (r+a)][3(r+a) + (L+a)] - 4(t+a)^{1/2}(r+a)^{3/2}}{4(t+a)^{1/2}(r+a)^{1/2}}.$$

Покажем, что

$$[3(t+a) + (r+a)]^2 [3(r+a) + (L+a)]^2 > [4(t+a)^{1/2}(r+a)^{3/2}]^2,$$

откуда  $\Delta > 0$ .

$$[3(t+a) + (r+a)]^2 [3(r+a) + (L+a)]^2 > 6(t+a)(r+a)9(r+a)^2 + a^2 = 54(r+a)^3(t+a) > 16(r+a)^3(t+a) = [4(t+a)^{1/2}(r+a)^{3/2}]^2,$$

так как  $r + a > 0$ ,  $t + a > 0$ ,  $L + a > 0$ .

Поскольку  $\Delta > 0$ , то в точке  $(t, r)$  действительно достигается экстремум. Так как, кроме того,  $\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \frac{-\sqrt{p} [3(t+a) + (r+a)]}{2(t+a)^2} < 0$ , то экстремум является максимумом.

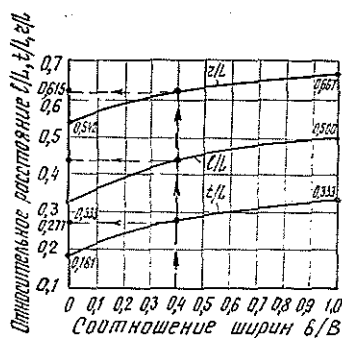


Рис. 4. Зависимость оптимального расстояния от вершинного торца необрезной доски до пропилов, обеспечивающих максимальный объемный выход обрезных заготовок, от соотношения ширины наружной пласти в вершинном и комлевом концах необрезной доски

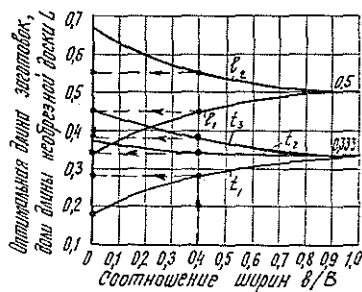


Рис. 5. Зависимость оптимальной длины обрезных заготовок от соотношения ширины наружной пласти в вершинном и комлевом концах необрезной доски

Из данных таблицы и рис. 4 видно, что при получении трех заготовок из необрезных пиломатериалов, наружная пласти которых находится на расстоянии  $0 \leq z \leq D$  от центра бревна, т. е. когда  $0 < \frac{b}{B} < 1$ , могут иметь место две области оптимизации поперечного раскроя (рис. 2, б). Первая от вершинного торца необрезной доски область равна  $0,152L$  и находится в пределах  $0,181L \leq t \leq 0,333L$ . Вторая равна  $0,125L$  и находится в пределах  $0,542L \leq r \leq 0,667L$ . Здесь наименьшие значения областей оптимизации соответствуют раскрою необрезных досок, наружная пласти которых описывается неусеченной параболой ( $\frac{b}{B} = 0$ ), а наибольшие — при форме наружной пласти в виде прямоугольника ( $\frac{b}{B} = 1$ ). Промежуточные значения относятся к раскрою необрезных досок, наружная пласти которых ограничена усеченной параболой ( $0 < \frac{b}{B} < 1$ ). При необходимости оптимальные значения ширины заготовок могут быть получены по известным формулам [1, 6], а начало отсчета перенесено в комлевой конец доски.

Анализ графиков на рис. 5 показал, что независимо от числа заготовок  $n$ , получаемых из необрезных пиломатериалов, они тем длиннее, чем дальше расположены от вершины к комлю. При этом соотношение оптимальных длин заготовок  $l_1 : l_2 : l_3$  зависит от разницы между шириной пласти в комле и вершине необрезной доски. Кроме того, с уменьшением различия между  $b$  и  $B$ , т. е. при  $b \rightarrow B$ , оптимальная длина «вершинной» заготовки всегда увеличивается до  $\frac{L}{n}$  за счет уменьшения оптимальных длин других заготовок также до  $\frac{L}{n}$ .



Внедрение в настоящее время технических средств оптимизации раскроя необрезных досок основано, как правило, на переборе множества вариантов. Диапазон поиска зачастую принимают необоснованно широким, что связано с длительностью решения задачи и нерациональным использованием оборудования и ЭВМ. В этой связи обоснование области оптимизации сужает границы поиска, сокращает время решения задачи и повышает эффективность использования технических средств оптимизации. В равной степени это может относиться и к традиционным неавтоматизированным методам поперечного раскроя необрезных досок на заготовки. Полученные здесь результаты могут найти применение как на стадии планирования раскроя пиловочного сырья на пиломатериалы и заготовки, так и при получении заготовок из необрезных пиломатериалов непосредственно в условиях производства.

В первом случае появляется возможность составить поставки на распиловку бревен, обеспечивающие наибольший выход заготовок заданных размеров и количества, или, наоборот, определить их размеры и количество по имеющемуся плану раскроя сырья на пиломатериалы. Для теоретических расчетов и практических решений по раскрою необрезных пиломатериалов достаточно определить всего три параметра: длину необрезной доски; ширину ее наружной пласти в вершинном и комлевом концах, что не составляет трудности ни в теоретическом, ни в практическом плане.

Зависимости, графически представленные на рис. 4, могут быть использованы при проектировании технических средств оптимизации раскроя необрезных пиломатериалов, а зависимости, отображенные на графиках рис. 5,— для оптимизации выхода комплектных заготовок заданных длин в соответствии со спецификацией.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Аксенов П. П. Теоретические основы раскроя пиловочного сырья.— М.; Л., 1960.— 216 с. [2]. Батин Н. А. Теоретические и экспериментальные исследования раскроя пиловочного сырья: Автореф. дис. . . д-ра техн. наук.— Л., 1965.— 33 с. [3]. Канторович Л. В., Залгаллер В. А. Рациональный раскрой промышленных материалов.— 2-е изд.— Новосибирск, 1971.— 298 с. [4]. Титков Г. Г. Теоретические основы наиболее выгодного объемного использования пиловочных бревен: Автореф. дис. . . канд. техн. наук.— Л., 1953.— 20 с. [5]. Фельдман Х. Л. Система максимальных поставок на распиловку.— М.; Л.— 1932.— 275 с. [6]. Шапиро Д. Ф. Лесопильно-строгальное производство.— М.— 1935.— 508 с.

Поступила 2 октября 1986 г.

УДК 674.053 : 621.933.6

### ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ РАМНЫХ ПИЛ ПРИ КОМБИНАЦИОННЫХ РЕЗОНАНСАХ

Р. В. ДЕРЯГИН

Вологодский политехнический институт

В работе [3] рассмотрена задача о динамической устойчивости рамных пил, при решении которой в качестве параметрической нагрузки принята горизонтальная составляющая силы резания. После ряда допущений уравнения колебаний пилы, в соответствии с известными рекомендациями [1], были представлены в форме уравнений Матье, что позволило определить области неустойчивости системы при простых главных резонансах. Было показано, что задача о статической устойчивости плоской формы изгиба пилы — частный случай задачи о ее динамической устойчивости. Ограничение задачи определением

главных областей неустойчивости при простых параметрических резонансах значительно сокращает возможности анализа устойчивости пил и интерпретации опытных данных, так как в этом случае запас устойчивости пил достаточно велик (в том числе и со статической точки зрения). Вместе с тем исследования уравнений Матье — Хилла показывают [2, 5], что могут существовать также области неустойчивости системы при комбинационных резонансах.

Уравнения параметрических колебаний пилы в матричной форме, приведенные в работе [3], можно записать в следующем виде (обозначения параметров приняты в соответствии с работой [2]):

$$\|A\| \ddot{q} + [\|C\| + \alpha \|F\| + \beta \|G\| \cos \omega t] q = 0. \quad (1)$$

Здесь  $q$  — обобщенная координата;  
 $\|A\|$  — матрица инерционных коэффициентов;  
 $\|C\|$  — матрица упругих коэффициентов;  
 $\omega$  — частота приложения нагрузки;  
 $\alpha \|F\|$  — матрица параметра, характеризующего постоянную составляющую нагрузки;  
 $\beta \|G\|$  — матрица параметра, характеризующего амплитудное значение переменной составляющей нагрузки.

Расшифровка этих матриц применительно к нашему случаю приведена в работе [3].

Анализ уравнения (1) показал [2, 5], что области неустойчивости располагаются не только вблизи (как это было принято в работе [3]) частот

$$\omega = \frac{2\omega_k}{p} \quad (2)$$

(где  $\omega_k$  — собственная угловая частота колебаний по какой-то форме ( $k = 1, 2, \dots, n$ ;  $p = 1, 2, \dots, n$ )), но и вблизи частот, определяемых соотношениями

$$\omega = \frac{\omega_j + \omega_k}{p} \quad (3)$$

и

$$\omega = \frac{|\omega_j - \omega_k|}{p}, \quad (4)$$

(где  $\omega_j$  и  $\omega_k$  — собственные частоты колебаний по связанным формам (причем  $j, k = 1, 2, \dots, n$ )).

Возникающие при соотношениях (3) и (4) параметрические резонансы называются комбинационными соответственно суммарного и разностного типа.

Колебания пилы как полосы прямоугольного сечения под действием нагрузки в плоскости наибольшей жесткости происходят по изгибно-крутильной форме. Поэтому в нашем случае необходимо в первую очередь рассматривать собственные частоты  $\omega_j$  и  $\omega_k$  по крутильной и изгибной формам. Причем наибольший интерес представляет комбинационный резонанс разностного типа при  $p = 1$  (главный комбинационный резонанс), так как в этом случае разность колебаний наиболее близка к частоте возбуждения, определяемой скоростью вращения коленчатого вала, т. е. речь идет о соотношении

$$\omega = \omega_\varphi - \omega_x. \quad (5)$$

Здесь  $\omega_\varphi$  — первая собственная частота крутильных колебаний;  
 $\omega_x$  — первая собственная частота изгибных колебаний.

Эти частоты можно найти по следующим формулам [3]:

$$\omega_{\varphi} = \frac{\pi}{l} \left( \frac{GI_p + N_{\varphi} \rho^2}{m \rho^2} \right)^{1/2} \quad (6)$$

и

$$\omega_x = \frac{\pi^2}{l^2} \left[ \frac{EI_y}{m} \left( 1 + \frac{N_x l^2}{\pi^2 EI_y} \right) \right]^{1/2}, \quad (7)$$

где  $l$  — свободная длина пилы, определяемая расстоянием между межпилыми прокладками;

$GI_p$  — жесткость на кручение;

$\rho$  — полярный радиус инерции;

$m$  — масса пилы, приходящаяся на единицу длины;

$m \rho^2$  — момент инерции пилы, приходящийся на единицу длины;

$EI_y$  — жесткость на изгиб;

$N_{\varphi}$  — суммарная продольная сила, учитывающая влияние натяжения и напряжений от нагрева и вальцевания;

$N_x$  — суммарная продольная сила, учитывающая влияние натяжения и напряжений от нагрева.

Границы области неустойчивости при главном комбинационном резонансе разностного типа без учета диссипации можно определить по формуле [5]

$$\omega_* = (\omega_{\varphi} - \omega_x) \left( 1 \pm \frac{P_t}{2P_*} \frac{\sqrt{\omega_{\varphi} \omega_x}}{(\omega_{\varphi} - \omega_x)} \right), \quad (8)$$

где  $P_t$  — амплитудное значение параметрической силы;

$P_*$  — критическая сила при статическом приложении нагрузки.

Критическую силу можно найти по формулам [3]

$$P_* = \frac{6,67}{l^2} \sqrt{(GI_p + N_{\varphi} \rho^2)(EI_y \pi^2 + N_x l^2)}$$

или

$$P_* = 0,196 m l b \omega_{\varphi} \omega_x, \quad (9)$$

где  $b$  — ширина пилы (без учета высоты зубьев).

На рис. 1 показана область неустойчивости, определенная в соответствии с зависимостью (8).

Из рис. 1 видно, что параметрический резонанс системы может наступить при минимальной нагрузке на пилы (при  $P_t \rightarrow 0$ ). Увеличение нагрузки приводит к заметному расширению области неустойчивости, т. е. повышается вероятность потери пилой устойчивости. При учете диссипации область неустойчивости, как правило, должна несколько сузиться (причем точка пересечения верхней и нижней ветвей, ограничивающих область неустойчивости, смещается вправо).

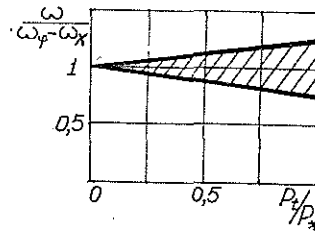


Рис. 1.

В связи с тем, что комбинационные резонансы разностного типа наблюдаются в более редких случаях (они характерны для негамилтоновых систем), чем резонансы суммарного типа, были проведены специальные наблюдения с целью определения связанности колебаний по крутильной и изгибной формам.

Опыты выполняли на экспериментальной установке [4], предназначенной для исследования собственных колебаний рамных пил. Вначале определяли собственные частоты колебаний пилы (за счет возбуждения резонансных колебаний с помощью гармонического вибровозбудителя). Затем ударом возбуждали свободные колебания пилы, которые фиксировали с помощью емкостного датчика перемещения на шлейфовом осциллографе. Пример записи этих колебаний показан на рис. 2.

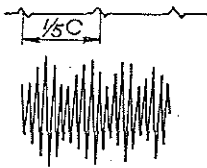


Рис. 2

Анализ материалов опытов показал, что свободные колебания пилы реализуются в форме биений при наложении главных собственных колебаний с частотами  $\omega_\varphi$  и  $\omega_x$ . При этом

$$|\omega_\varphi - \omega_x| \ll \omega_\varphi + \omega_x \quad (10)$$

и период биений отвечает соотношению

$$T = \frac{2\pi}{\omega_\varphi - \omega_x}. \quad (11)$$

Колебания пил изучали также в производственных условиях, при этом датчики ускорений малой массы устанавливали на пилах вблизи задней кромки. Оказалось, что колебания пил в форме биений происходят при работе лесопильной рамы как вхолостую, так и при пиленнии.

Опытами в лабораторных и в производственных условиях выявлены близость значений частоты биений к частоте вынужденных колебаний, что позволяет предположить возможность появления при определенных условиях параметрического резонанса.

На рис. 3 показаны зависимости главных собственных частот колебаний рамной пилы (толщиной 2,2 мм и шириной 160 мм при  $l = 1000$  мм) от усилия натяжения.

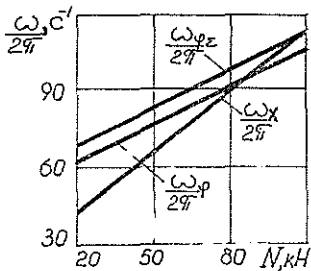


Рис. 3

Из рис. 3 следует, что из-за различной интенсивности роста крутильной и изгибной собственных частот с увеличением силы натяжения неизбежно их сближение. При этом возрастает вероятность сближения частот до критического значения  $\omega_* = \omega_\varphi - \omega_x$ .

Вальцевание пилы, т. е. создание в ее полотне дополнительных нормированных напряжений за счет пластического деформирования его средней (по ширине) зоны, позволяет существенно отстраниться от критических значений частоты биений. Это

происходит в связи с тем, что первая изгибная форма практически не реагирует на появление дополнительных напряжений от вальцевания. В то же время крутильная частота после вальцевания заметно увеличивается (зависимость  $\omega_{\varphi_2}$ ). Способствует отстройке от параметрического резонанса и установка пилы с эксцентриситетом линии натяжения, так как с увеличением эксцентриситета частота собственных крутильных колебаний возрастает, а изгибных — уменьшается.

Следовательно, при эксплуатации рамных пил приходится считаться с возможностью появления параметрического резонанса разностного типа. Вероятность его возникновения возрастает при импульсных воздействиях на пилы бревна (бруса) в случае использования механизма подачи с постоянной передаточной функцией. Вальцевание пил и установка их с эксцентриситетом (в рекомендуемых пределах) способствует отстройке системы от резонанса.

При прочих равных условиях в случае увеличения силы натяжения разность крутильной и изгибной собственных частот приближается к критическому значению. Это не только снижает устойчивость пил,

но и уменьшает долговечность пильной рамки. Поэтому нормирование натяжения пил остается актуальной задачей. Сила натяжения невальцованных рамных пил по условиям устойчивости не должна превышать 60 кН и вальцованных — 85 кН.

Рассмотренную методику оценки устойчивости рамных пил можно также использовать при исследовании пил других типов (например, ленточных).

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Болотин В. В. Динамическая устойчивость упругих систем.— М.: Гостехиздат, 1956.— 600 с. [2]. Вибрации в технике: Справочник: В 6 т. / Под ред. В. В. Болотина.— М.: Машиностроение, 1978.— Т. 1.— 352 с. [3]. Дерягин Р. В. О динамической устойчивости рамных пил // Лесн. журн.— 1969.— № 5.— С. 89—94. (Изв. высш. учеб. заведений). [4]. Дерягин Р. В., Сидорков В. М. Экспериментальная установка для исследования частот собственных колебаний и прогиба рамных пил // Науч. тр. ЦНИИМОД.— Архангельск, 1969.— Вып. 23.— С. 208—211. [5]. Прочность, устойчивость колебания: Справочник: В 3 т. / Под ред. И. А. Биргера, Я. Г. Пановко.— М.: Машиностроение, 1968.— Т. 3.— 567 с.

Поступила 7 июня 1984 г.

УДК 66.047

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА КАМЕРНОЙ СУШКИ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПЕРЕМЕННЫХ РЕЖИМОВ

З. Ю. МАЗЯК, И. Н. ИЛЬКИВ

Львовский политехнический институт

Камерную сушку древесины реализуют согласно разработанным стандартным режимам [2, 10], на основании которых температурно-влажностную характеристику среды на каждой стадии поддерживают постоянной. В литературе [5] отмечают, что использование переменных режимов может существенно улучшить технико-экономические показатели работы эксплуатируемого оборудования. Однако на практике такие режимы не используются, что связано, по-видимому, с их недостаточной изученностью и отсутствием соответствующих методов и приборов. Это особенно важно в тех случаях, когда имеют дело со сравнительно толстыми образцами трудносохнущих продуктов, для качественного высушивания которых необходимо продолжительное время, что обуславливает большие энергетические затраты [7]. Такая ситуация наблюдается и при сушке пиломатериалов.

Ряд авторов [4, 8] приводят экспериментальные данные, подтверждающие целесообразность использования переменных режимов при сушке древесины.

Узкое место процесса камерной сушки древесины — внутренний массоперенос в твердом пористом теле. Процесс приходится вести в высоковлажностной среде, чтобы уменьшить внешний влагообмен и сбалансировать его с внутренним массопереносом. Отсутствие такого баланса ведет к порче высушиваемого материала, поскольку развиваемые внутренние напряжения превышают предел прочности [11].

При стандартных режимах движущая сила внутреннего массопереноса — градиент диффузии. Переменные режимы позволяют интенсифицировать внутренний массоперенос за счет использования эффекта термодиффузии, положительное действие которого имеет место только в том случае, когда температура в центре материала выше, чем на поверхности. Заметная интенсификация внутреннего массопереноса в таком случае связана с тем, что в условиях камерной сушки термоградиентный коэффициент  $\delta$  для пиломатериалов может достигать значе-

ний, равных 0,05 1/град и более [8]. Для того чтобы выявить экстремальный интервал использования переменных режимов, необходимо сначала изучить характер нестационарных полей температур и влагосодержаний, развивающихся в твердых пористых телах в процессах сушки. Такое изучение целесообразно осуществить, используя ЭВМ.

Исследование динамики процесса сушки на ЭВМ возможно на основе системы дифференциальных уравнений тепломассопереноса [6], которая для одномерной пластины при отсутствии градиента общего давления имеет вид:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left( a_{\tau} \frac{\partial t}{\partial x} \right) + \frac{\varepsilon r_c}{c} \frac{\partial u}{\partial \tau}; \quad (1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left( a_m \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left( a_m \delta \frac{\partial t}{\partial x} \right). \quad (2)$$

Для характеристики конкретного технологического процесса необходимо сформулировать краевые условия.

Начальные условия

$$t|_{\tau=0} = t_0; \quad (3)$$

$$u|_{\tau=0} = u_0. \quad (4)$$

Граничные условия. Для симметричной задачи ( $x = 0$ )

$$\left( \frac{\partial t}{\partial x} \right)_{x=0} = \left( \frac{\partial u}{\partial x} \right)_{x=0} = 0. \quad (5)$$

Условия на внешней границе ( $x = R$ )

$$\alpha_{\tau} (t_{\text{н}} + \Delta t \cos 2\pi\nu\tau - t_{\text{н}}) = \lambda \left( \frac{\partial t}{\partial x} \right)_{x=R} + (1 - \varepsilon) r_c k \rho_0 R (\omega - u_p); \quad (6)$$

$$- a_m \left[ \left( \frac{\partial u}{\partial x} \right)_{x=R} + \delta \left( \frac{\partial t}{\partial x} \right)_{x=R} \right] = kR (\omega - u_p). \quad (7)$$

Среднее по объему влагосодержание материала

$$\omega = \frac{1}{R} \int_0^R u dx. \quad (8)$$

Изменение коэффициента влагопроводности  $a_m$ , м<sup>2</sup>/с, термоградиентного коэффициента  $\delta$ , 1/град, и критерия испарения  $\varepsilon$  можно оценить с помощью зависимостей [1]:

$$a_m = a_{m_0} (1 + k_m u) \left( \frac{T}{273} \right)^{14}; \quad (9)$$

$$\delta = \frac{A u^2}{\varepsilon B u}; \quad (10)$$

$$\varepsilon = e^{-b u}. \quad (11)$$

В формулах (1) ... (11) обозначено:

$t_0$ ,  $t$  — температура материала соответственно начальная и текущая, град;

$\tau$  — время, с;

$a_{\tau}$  — коэффициент температуропроводности, м<sup>2</sup>/с;

$x$  — текущий линейный размер, м ( $0 \leq x \leq R$ );

$R$  — половина толщины пластины, м;

$r_c$  — скрытая теплота испарения, Дж/кг влаги;

- $c$  — теплоемкость материала, Дж/кг · град;  
 $u_0$  и  $u$  — влагосодержание материала начальное и текущее, кг влаги/кг сухого материала;  
 $\alpha_T$  — коэффициент теплоотдачи, Вт/м<sup>2</sup> · град;  
 $t$  — температура центра колебания среды, град;  
 $\Delta t$  — отклонение температуры среды от  $t_c$ , град;  
 $\nu$  — частота колебания;  
 $t_s$  — температура поверхности материала, град;  
 $\lambda$  — коэффициент теплопроводности, Вт/м · град;  
 $k$  — коэффициент сушки, 1/с;  
 $\rho_0$  — плотность сухого материала, кг/м<sup>3</sup>;  
 $\omega$  — среднее по объему влагосодержание материала, кг влаги/кг сухого материала;  
 $k_m, A, B, b$  — константы, определяемые на основании экспериментальных данных;  
 $u_p$  — равновесное влагосодержание материала, кг влаги/кг сухого материала;  
 $a_{m_0}$  — коэффициент диффузии в начальный момент времени, м<sup>2</sup>/с;  
 $T$  — температура материала, К.

Равновесное влагосодержание материала зависит от температуры материала и влагосодержания газовой среды; задают его обычно в виде таблицы. При определении соответствующего значения  $\omega$  на основании таблицы используют формулу Лагранжа [3] для произвольно заданных узлов интерполирования.

Разработанную математическую модель процесса исследовали на ЭВМ с целью выявления оптимального интервала использования переменных режимов. Для этого дифференциальные уравнения были заменены уравнениями в конечных разностях [9].

Как показали исследования, для того чтобы можно было воспользоваться положительным эффектом термодиффузии, переменный режим целесообразно реализовать, используя способ тепловых волн, при котором интенсивность теплообмена в камере изменяется согласно закону гармонических колебаний, реализуемых по асимметричной косинусоиде. Возникает экстремальная задача: до какой температуры охлаждать материал при заданной температуре нагрева с тем, чтобы максимально интенсифицировать внутренний массоперенос.

Исследования проводили при различных амплитудах и частотах температурных колебаний газовой среды, разных значениях термоградиентного коэффициента и различных толщинах высушиваемого материала. Максимальное влагосодержание поверхностного слоя заготовки при влагосъеме, соответствующем стандартному режиму, получено при условии максимального перепада температур между центром и поверхностью материала при неизменной температуре центра. В таком случае поверхностный слой высушиваемого материала наиболее равномерно во времени питается влагой за счет внутреннего массопереноса.

Такой режим выгодно отличается от переменных режимов [8] (в которых допускается понижение температуры центра материала) тем, что интенсивность внутреннего переноса практически на протяжении всего времени влагоудаления выше, чем при стандартном режиме, и высушиваемый материал охлаждается меньше; это положительно сказывается на интенсификации внутреннего массопереноса (с понижением температуры материала уменьшается коэффициент влагопроводности). Поэтому можно ожидать, что затраты тепла на процесс сушки будут ниже, чем при стандартных режимах (затраты тепла на процесс при переменных режимах с понижением температуры центра материала выше, чем при стандартных режимах) [8].

Использование переменных режимов с понижением температуры центра имеет еще тот недостаток, что при последующем после охлаждения нагреве температура поверхности материала становится выше температуры центра, в результате влагосодержание в поверхностном слое понижается, увеличивается перепад влагосодержания между центром и поверхностью и возрастают механические напряжения; это отрицательно сказывается на качестве высушиваемого материала. Эффективность переменных режимов повышается с увеличением толщины материала.

На основании полученной информации в оптимальном интервале реализовали сушку черновых заготовок мебельного производства в промышленных условиях в металлических и кирпичных камерах периодического действия при переменных режимах. В качестве максималь-

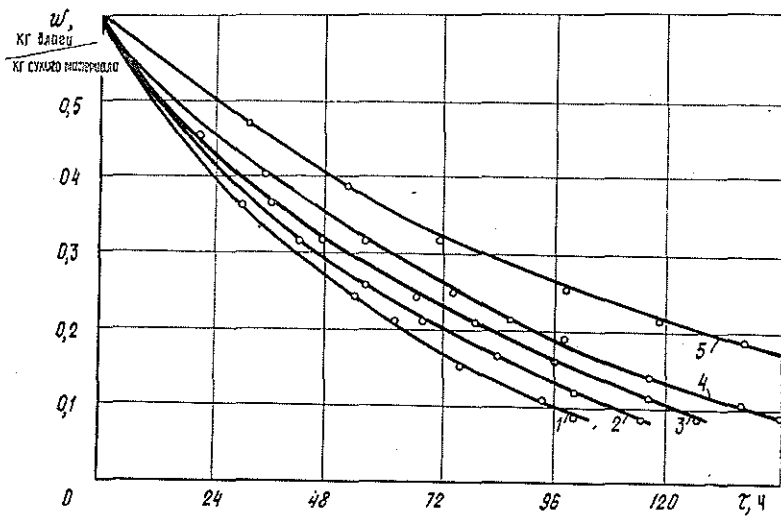


Рис. 1

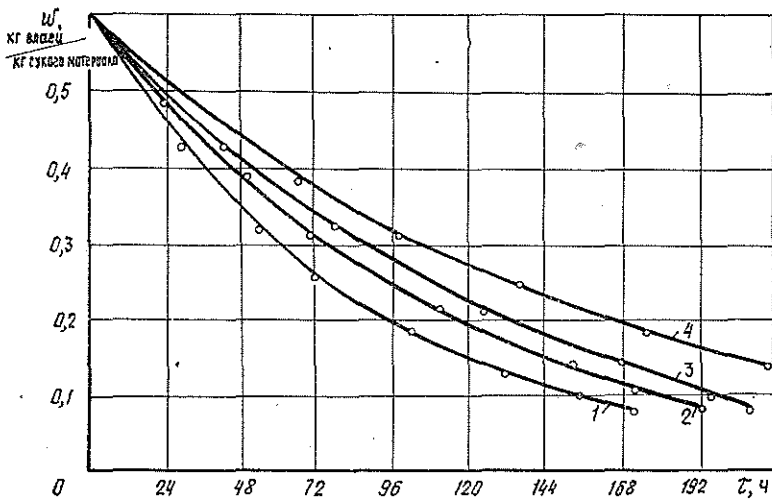


Рис. 2



Но- мер кинети- ческой кривой	Но- мер ста- дии	Температура					
		среды		поверхности материала		центра материала	
		максимальная	минимальная	максимальная	минимальная	максимальная	минимальная
1	1	68	63	67	64	66	66
		54	48	53	50	52	52
	2	73	67	71	68	70	70
		57	52	56	53	55	55
	3	75	70	74	71	73	73
74		67	71	68	70	70	
4	78	73	76	74	75	75	
—	—	—	—	—	—	—	
5	82	77	81	78	80	80	
—	—	—	—	—	—	—	
2	1	68	63	65	64	66	66
		55	47	53	49	52	50
	2	72	67	69	69	70	70
		58	51	57	52	55	54
	3	75	70	72	71	73	73
72		65	71	66	70	68	
4	78	73	75	74	75	75	
—	—	—	—	—	—	—	
5	82	77	79	78	80	80	
—	—	—	—	—	—	—	
3	1	68	61	67	62	66	64
		57	47	55	49	53	50
	2	72	66	71	67	70	68
		60	50	58	51	56	53
	3	75	69	74	70	73	72
75		65	73	66	72	69	
4	78	71	77	72	75	73	
—	—	—	—	—	—	—	
5	83	76	82	77	80	78	
—	—	—	—	—	—	—	
4	1	71	61	70	62	66	63
		52	—	—	—	—	—
	2	75	65	74	66	70	67
		55	—	—	—	—	—
	3	78	68	77	70	73	71
70		—	—	—	—	—	
4	81	70	80	71	75	72	
—	—	—	—	—	—	—	
5	85	75	84	76	80	77	
—	—	—	—	—	—	—	

Примечание. В числителе — данные для сосны; в знаменателе — для бука.

ных значений температур нагрева материала принимали их значения на основе стандартных режимов. Температуру в центре материала и на поверхности фиксировали с помощью термопар и многоточечного потенциометра (в камере устанавливали несколько замерных участков). Относительную влажность газовой среды поддерживали близкой к стандартным режимам.

На рис. 1 изображены кривые сушки образцов сосны (размер  $60 \times 70 \times 1920$  мм), на рис. 2 — кривые сушки образцов бука (размер  $55 \times 55 \times 580$  мм). Все кривые получены на основе осредненных экспериментальных данных при условиях, представленных в таблице.

Переменные температуры поверхности материала достигались за счет соответствующих продолжительностей периодов нагрева и охлаждения, охлаждение сушилок осуществляли за счет испарения влаги и теплопогерь в окружающую среду через теплоизоляцию. На рис. 1 кривая 1 получена для более высокой температуры поверхности материала, чем 2, при близких значениях центра материала. Кривая 3 и еще в большей мере кривая 4 получены при понижении температуры центра материала. Кривая 5 представляет стандартный режим. Характер кривых сушки согласуется с выводами, полученными при исследовании процесса.

На рис. 2 кривая 1 получена при близких температурах в центре и наиболее высокой температуре поверхности по сравнению с кривыми 2 и 3. Кривая 2 и в еще большей мере кривая 3 получены при понижении температуры центра материала. Кривая 4 представляет стандартный режим.

Реализация рекомендуемых переменных режимов в производственных условиях позволяет экономить тепло и электроэнергию, затрачиваемые на процесс влагоудаления. Экономический эффект при этом составляет примерно 6 тыс. р. в год на 1 камеру.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Гаврилова Р. И. Аналитическое решение кинетики процесса сушки с переменными коэффициентами тепло- и массопереноса: Автореф. дис... канд. техн. наук.— Минск, 1968.— 18 с. [2]. ГОСТ 19773—84. Пиломатериалы хвойных и лиственных пород. Режимы сушки в камерах периодического действия.— М.: Изд-во стандартов, 1984.— 13 с. [3]. Демидович Б. Л., Марон И. Н. Основы вычислительной математики.— М.: Наука, 1970.— 663 с. [4]. Кречетов И. В. Сушка древесины.— М.: Лесн. пром-сть, 1980.— 431 с. [5]. Лыков А. В. Теория сушки.— М.: Энергия, 1968.— 470 с. [6]. Лыков А. В., Михайлов Ю. А. Теория тепло- и массопереноса.— М.: Теплоэнергоиздат, 1963.— 535 с. [7]. Мазяк З. Ю. Исследование процесса конвективной сушки пищевых продуктов при переменном режиме: Автореф. дис... канд. техн. наук.— М., 1969.— 26 с. [8]. Мингазов М. Г., Качалин Н. В. Осциллирующие режимы сушки пиломатериалов.— М.: ВНИПИЭИлеспром, 1976.— 49 с. [9]. Саульев В. К. Интегрирование уравнений параболического типа методом сеток.— М.: Физматгиз, 1960.— 324 с. [10]. Серговский П. С. Режимы и проведение камерной сушки пиломатериалов.— М.: Лесн. пром-сть, 1976.— 135 с. [11]. Уголев Б. Н., Лапшин Ю. Г., Кротов Е. В. Контроль напряжений при сушке древесины.— М.: Лесн. пром-сть, 1980.— 205 с.

Поступила 24 марта 1986 г.

УДК 66.067.33

## ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФИЛЬТРОВАНИЯ АСПИРАЦИОННОГО ВОЗДУХА ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИИ

А. М. ГОЛУБЕВ, В. В. ПОСТНИКОВ

Воронежский лесотехнический институт

Как уже отмечалось в работах [1, 2], для эффективной фильтрации воздуха, содержащего вредную для здоровья тонкодисперсную древесную пыль, рекомендуется использовать рукавные фильтры. При этом важно выбрать ткань для фильтра. Основные параметры, определяющие пригодность использования ткани для фильтрования: ее гидравлическое сопротивление и эффективность очистки. В предлагаемой работе исследованы эти параметры для чистых и запыленных образцов четырех видов тканей: хлориновой (арт. 860006), капроновой (арт. 56035), лавсана Л-2 и бельтинга х.-б. (арт. 2030). Техника запыления и регенерации образцов, измерения гидравлического сопротивления в зависимости от воздушной нагрузки, а также методика обработки экспериментальных данных приведены в работе [2].

На рис. 1 представлена диаграмма фракционного состава древесной пыли, используемой для исследования. Как будет видно ниже, диаграмма удобна для анализа эффективности очистки воздуха той или иной тканью.

Кривая описывается функцией вида

$$f(a) = Aa^2 \exp(a^{-2}), \quad (1)$$

где  $a$  — характерный размер частиц пыли;  $A$  — коэффициент пропорциональности.

Площадь под кривой пропорциональна полному числу древесных частиц пыли. Максимальное значение  $f(a)$  соответствует приблизительно размеру частиц 30...35 мкм. Положение вертикального сечения  $m$  —  $m$  определяет, какую часть пыли ткань пропускает через себя (заштрихованная часть диаграммы), а какую задерживает (правая незаштрихованная часть). При 100 %-ной эффективности очистки сечение  $m$  —  $m$  совпадает с осью ординат.

Результаты измерения гидравлического сопротивления исследуемых тканей представлены на рис. 2 и 3. В работе [2] авторами предложена эмпирическая формула для описания гидравлического сопротивления  $\Delta p$  тканей в зависимости от воздушной нагрузки  $L_{\phi}$

$$\Delta p = \alpha L_{\phi}^{\beta}. \quad (2)$$

Здесь  $\alpha$  — коэффициент, численно равный гидравлическому сопротивлению чистой ткани при единичной воздушной нагрузке [2];

$\beta$  — подгоночный параметр (для чистой ткани  $\beta = 1$ ).

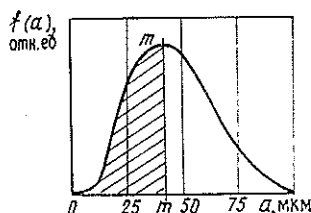


Рис. 1. Диаграмма фракционного состава древесной пыли, используемой для исследований. Положение сечения  $m$  —  $m$  определяет эффективность очистки воздуха фильтром

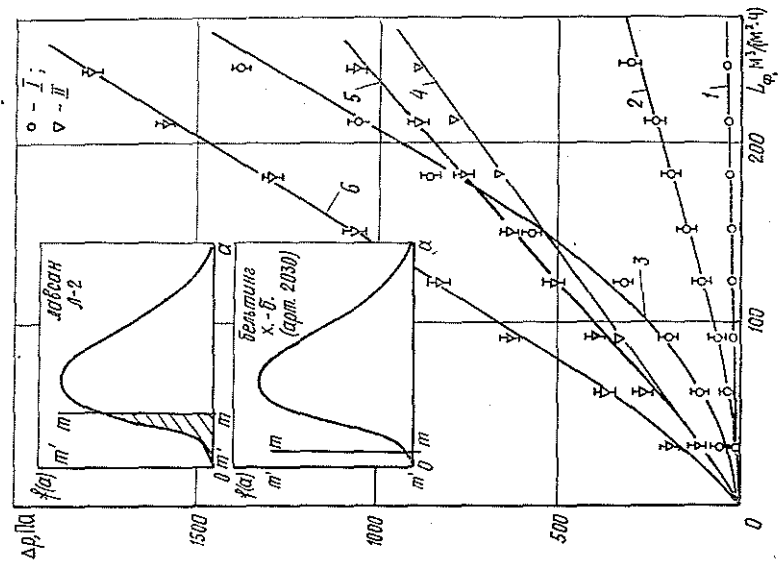


Рис. 3. Зависимость гидравлического сопротивления  $\Delta p$  от воздушной нагрузки  $L_\phi$  для разных тканей: I — лавсан Л-2; II — бельтинг х-б; кри- вая 2 —  $\Delta p = 0,18 L_\phi^{1,33}$ ; 3 —  $0,18 L_\phi$ ; 5 —  $3,72 L_\phi^{1,03}$ ; 6 —  $37,2 L_\phi^{1,13}$ .

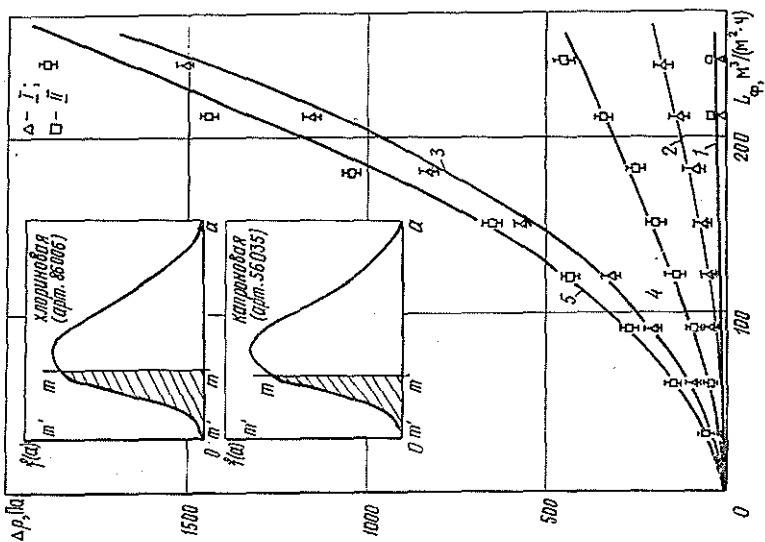


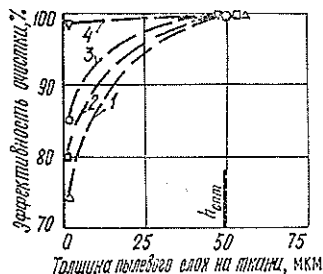
Рис. 2. Зависимость гидравлического сопротивления  $\Delta p$  от воздушной нагрузки  $L_\phi$  для разных тканей: I — хлоринобоя; II — капронобая; кри- вая 2 —  $\Delta p = 0,056 L_\phi^{1,54}$ ; 3 —  $0,056 L_\phi$ ; 4 —  $0,09 L_\phi^{1,54}$ ; 5 —  $0,09 L_\phi^{1,80}$ . В верхней части даны диаграммы для чистых и запыленных образцов

Формулу (2) использовали для описания  $\Delta p(L_\phi)$  и в настоящей работе. Как видно из рис. 2 и 3, экспериментальные значения довольно хорошо совпадают с кривыми, рассчитанными по формуле (2).

Эксперимент показал, что хлоринобоя ткань имеет самый низкий из исследованных образцов коэффициент  $\alpha$ , равный 0,056, т. е. характеризуется очень низкими значениями гидравлического сопротивления (кривая 1 на рис. 2). Однако эта ткань оказывается весьма посредственным фильтрующим материалом, поскольку пропускает через себя до 25 % древесной пыли исследуемого состава (см. верхнюю диаграмму рис. 2, положение сечения  $m-m$ ). По мере запыления гидравлическое сопротивление ткани увеличивается и существенно возрастает эффективность очистки воздуха. Для образца, подвергнутого 15-кратному запылению с последующим отряхиванием, изменение гидравлического сопротивления с возрастанием значения воздушной нагрузки происходит в соот-

ветствии с кривой 2 (рис. 2), т. е. несущественно по сравнению с чистым образцом ( $\beta = 1,54$ ). Эффективность же очистки возрастает много; об этом можно судить по смещению сечения  $m - m$  на диаграмме в положение  $m' - m'$  (оно практически совпадает с осью ординат). При сильном запылении ткани (образец после 15-кратного запыления без последнего отряхивания) ее гидравлическое сопротивление резко возрастает ( $\beta = 1,84$ , кривая 3 рис. 2), однако эффективность очистки практически не изменяется, т. е. сечение  $m' - m'$  на диаграмме остается в том же положении. Если считать, что запыленный образец (после

Рис. 4. Зависимость эффективности очистки воздуха от толщины пылевого слоя  $h$  на ткани фильтра для разных тканей: 1 — хлориновая; 2 — капроновая; 3 — лавсан Л-2; 4 — бельтинг х.-б.;  $h_{\text{опт}}$  — оптимальная толщина слоя, обеспечивающая практически 100 %-ую эффективность очистки



отряхивания) имеет на своей поверхности пылевой монослой средней толщины 50 мкм, то можно построить приближенный график зависимости эффективности очистки воздуха тканью от толщины пылевого слоя на ней. Для хлориновой ткани такая зависимость соответствует кривой 1 на рис. 4.

Капроновая ткань показала немного большее значение  $\alpha = 0,09$  (на рис. 2 так же как и для хлориновой ткани кривая 1). Вместе с тем, эффективность очистки воздуха этой чистой тканью несколько выше, чем у хлориновой (см. нижнюю диаграмму на рис. 2 — положение сечения  $m - m$ ). Изменение гидравлического сопротивления с ростом воздушной нагрузки запыленного образца (после отряхивания) из этой ткани показано на рис. 2 кривой 4 ( $\beta = 1,54$ ), т. е. даже при больших значениях воздушной нагрузки  $\Delta p$  возрастает незначительно, однако эффективность очистки достигает почти 100 % (сечение  $m' - m'$  совпадает с осью). Увеличение толщины пылевого слоя не приводит к заметному улучшению фильтрующих свойств ткани, однако существенно увеличивает ее гидравлическое сопротивление ( $\beta = 1,80$ , кривая 5 на рис. 2). Зависимость эффективности очистки от толщины пылевого слоя для этой ткани дана кривой 2 на рис. 4.

Еще более высокое значение  $\alpha = 0,18$  имеет лавсан Л-2 (кривая 1 на рис. 3). Эффективность очистки для чистых образцов составляет величину 84...85 % (см. положение сечения  $m - m$  на верхней диаграмме рис. 3). При небольшом запылении ткани (порядка монослоя) эффективность возрастает практически до 100 % при небольшом увеличении гидравлического сопротивления ( $\beta = 1,33$ , кривая 2 и сечение на верхней диаграмме рис. 3). И опять дальнейшее увеличение толщины пылевого слоя приводит лишь к существенному возрастанию  $\Delta p$ , оставляя эффективность прежней (см. кривую 3 рис. 4).

Для бельтинга х.-б., как видно из рис. 3 (кривые 4, 5, 6 и нижняя диаграмма), характерно очень большое значение  $\alpha = 3,72$ . И хотя эта ткань даже в чистом виде имеет очень высокую эффективность очистки (~98...99 %), ее вряд ли целесообразно рекомендовать к использованию в рукавных фильтрах вследствие очень больших значений гидравлического сопротивления. Запыление этой ткани слабо отражается на

зависимости  $\Delta p(L_{\phi})$ : для сильно запыленных образцов  $\beta = 113$ , а увеличение толщины пылевого слоя всего на 1... 1,5 % улучшает эффективность очистки воздуха ею (нижняя диаграмма рис. 3 и кривая 4 рис. 4).

Сравнивая свойства исследованных в работе четырех тканей, можно сделать вывод, что для использования в рукавных фильтрах наиболее благоприятным комплексом свойств обладает лавсан Л-2, несущий на себе пылевой монослой. Для того чтобы гидравлическое сопротивление ткани чрезмерно не возрастало, необходимо в фильтрах непрерывного действия выбирать оптимальную воздушную нагрузку, а также снабжать фильтр устройством, снимающим лишний слой пыли в процессе работы фильтра. Как видно из рис. 4, практически любая ткань с пылевым монослоем ( $h_{\text{опт}}$ ) обеспечивает необходимую эффективность очистки аспирационного воздуха деревообрабатывающих предприятий.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Голубев А. М., Постников В. В. Научно-технический прогресс в лесной и деревообрабатывающей промышленности: Тез. республ. конф.— Киев, 1983.— 246 с.  
[2]. Голубев А. М., Постников В. В. Гидравлическое сопротивление некоторых фильтровальных тканей для очистки аспирационного воздуха // Лесн. журн.— 1984.— № 5.— С. 119—121. (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 23 мая 1986 г.

## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 676.082

ВЛИЯНИЕ ГЕМИЦЕЛЛЮЛОЗ  
НА ВЯЗКОСТЬ МОНОСУЛЬФИТНОГО ЩЕЛОКА

Н. Д. КАМАКИНА, Е. В. НОВОЖИЛОВ, Б. Д. БОГОМОЛОВ

Архангельский лесотехнический институт

Известно, что отработанный моносльфитный щелок на натриево-основании обладает высокой вязкостью, которая выше, чем вязкость сульфитного и черного сульфатного щелоков. Высказывалось предположение [1, 8], что вязкость моносльфитного щелока (МЩ) определяется высокой степенью полимеризации (СП) лигносульфонатов и гемицеллюлоз, содержащихся в нем. Однако ряд авторов [3, 7] показали, что в МЩ только гемицеллюлозы являются высокомолекулярными, а лигносульфонаты имеют относительно низкую молекулярную массу.

Было установлено [4], что в результате термообработки в течение 1 ч при 200 °С вязкость МЩ существенно снижалась. Предполагалось, что это вызвано распадом гемицеллюлоз.

Для того чтобы проверить действие повышенной температуры на вязкость МЩ и деградацию растворенных гемицеллюлоз, была проведена обработка щелока Архангельского ЦБК при 170 и 180 °С в течение 1, 2 и 3 ч. Исходный образец щелока имел содержание сухих веществ 10,8 %, рН 6,9, вязкость при 20 °С —  $4,39 \cdot 10^{-3}$  Па·с, содержание и СП гемицеллюлоз — соответственно 21,1 г/л и 112. После термообработки определяли вязкость щелока, а также содержание и СП гемицеллюлоз.

Гемицеллюлозы выделяли следующим образом [5]: 50 мл щелока обрабатывали катионитом для удаления ионов натрия. Катионит отделяли путем фильтрации и промывали водой. К полученному фильтрату добавляли четырехкратный объем этанола и  $\text{NH}_4\text{Cl}$  до концентрации 1 г/л. Гемицеллюлозы отделяли центрифугированием, промывали этанолом, эфиром и сушили в вакууме до постоянной массы.

СП гемицеллюлоз определяли по значениям их характеристической вязкости в растворе кадоксен — вода в соотношении 1:1. Вязкость измеряли при  $20 \pm 0,03$  °С на капиллярном вискозиметре, устройство которого позволяло разбавлять раствор гемицеллюлоз до различных концентраций непосредственно в самом приборе. СП гемицеллюлоз рассчитывали по формуле [6]

$$[\eta] = 9,2 \cdot 10^{-3} (\text{СП})^{0,84},$$

где  $[\eta]$  — характеристическая вязкость раствора гемицеллюлоз, мл/г;  
СП — степень полимеризации гемицеллюлоз.

На рис. 1 показана зависимость вязкости щелока  $\eta$  от температуры  $t$  и продолжительности обработки  $\tau$ .

Из рис. 1 видно, что вязкость щелока снижалась с увеличением температуры и продолжительности обработки. Максимальное уменьшение вязкости, на 64 % по сравнению с исходным значением, отмечено после термообработки при 180 °С в течение 3 ч.

В среде МЩ, близкой к нейтральной, гемицеллюлозы довольно устойчивы к действию высокой температуры. В изученных условиях обработки сохранилось от 88 до 43 % растворенных гемицеллюлоз со СП от 86 до 50.

С повышением температуры от 170 до 180 °С степень разрушения гемицеллюлоз увеличилась в 2 раза. При постоянной температуре концентрация гемицеллюлоз уменьшалась через каждый час обработки при 170 °С примерно на 10 %, при 180 °С — на 20 % (рис. 2).

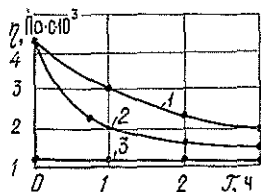


Рис. 1. Зависимость вязкости щелока  $\eta$  от температуры  $t$  и продолжительности обработки  $\tau$ : 1 —  $t = 170^\circ\text{C}$ ; 2 —  $180^\circ\text{C}$ ; 3 — для водных растворов, оставшихся после осаждения гемицеллюлоз и отгонки спирта

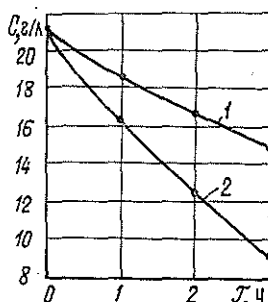


Рис. 2. Зависимость содержания гемицеллюлоз  $C$  в щелоке от температуры  $t$  и продолжительности обработки  $\tau$ : 1 —  $t = 170^\circ\text{C}$ ; 2 —  $180^\circ\text{C}$

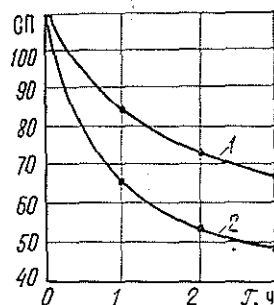


Рис. 3. Зависимость степени полимеризации СП гемицеллюлоз от температуры  $t$  и продолжительности обработки  $\tau$ : 1 —  $t = 170^\circ\text{C}$ ; 2 —  $180^\circ\text{C}$

Как и следовало ожидать, одновременно с повышением температуры и увеличением продолжительности воздействия уменьшалась СП гемицеллюлоз, однако даже после длительной обработки она была довольно высокой.

Ход кривых на рис. 1, 2, 3 убедительно свидетельствует о взаимосвязи между количеством, молекулярной массой растворенных гемицеллюлоз и вязкостью МЩ. С одной стороны, чем более разрушены гемицеллюлозы, тем ниже вязкость щелока. С другой стороны, после обработки в различных условиях ( $170^\circ\text{C}$ , 3 ч и  $180^\circ\text{C}$ , 1 ч), но при практически равной концентрации и СП гемицеллюлоз, вязкость МЩ также была одинаковой.

Для того чтобы оценить вклад лигносульфонатов и других органических веществ, определяли вязкость водных растворов, оставшихся после осаждения гемицеллюлоз и отгонки спирта. Перед проведением анализа указанные растворы нейтрализовали гидроксидом натрия до рН 7 и упаривали до первоначального объема щелока, взятого на обработку.

Полученные значения вязкости были примерно одинаковы и составляли от  $1,11 \cdot 10^{-3}$  до  $1,15 \cdot 10^{-3}$  Па·с вне зависимости от условий термообработки. Это еще раз подтверждает, что основной компонент, ответственный за вязкость МЩ, — частично разрушенные гемицеллюлозы.

Показатель	Численное значение показателя для моносульфитного щелока ЦБК		
	Архангельского	Котласского	Пермского
рН щелока	7,11	6,45	5,45
Вязкость щелока, Па·с·10 <sup>3</sup>	3,00	2,00	1,40
Содержание сухих веществ, %	11,00	10,40	11,10
Содержание органических веществ, % от сухих веществ	59,50	59,30	98,00
Концентрация гемицеллюлоз, г/л	16,80	12,60	15,40
Содержание гемицеллюлоз, %: от сухих веществ	14,60	11,50	13,40
от органических веществ	24,50	19,50	13,60
СП гемицеллюлоз	110	100	30



На деградацию гемицеллюлоз существенное влияние оказывают условия моносльфитной варки и состав варочного раствора. Из образцов МЩ на натриевом основании Архангельского и Котласского ЦБК и аммониевого щелока Пермского ЦБК были выделены гемицеллюлозы и определена их СП. Показатели гемицеллюлоз, выделенных из моносльфитных щелоков, представлены в таблице.

Из данных таблицы видно, что содержание гемицеллюлоз в щелоках примерно одинаково и находится в пределах от 11,5 до 14,6 % от их сухого остатка. Наибольшее содержание и самая высокая СП определены у гемицеллюлоз, выделенных из МЩ Архангельского ЦБК. Несколько ниже эти показатели у гемицеллюлоз щелока Котласского ЦБК. В то же время СП гемицеллюлоз аммониевого щелока равна 30, что примерно в 3,5 раза ниже, чем у гемицеллюлоз щелоков на натриевом основании.

Ранее нами [2] были изучены свойства МЩ указанных предприятий и установлено, что при равном содержании сухих веществ наибольшей вязкостью обладал щелок Архангельского ЦБК, наименьшей — щелок Пермского ЦБК, а щелок Котласского ЦБК занимал промежуточное положение между ними. Сопоставляя эти данные с анализами выделенных гемицеллюлоз, следует сделать вывод, что вязкость моносльфитного щелока пропорциональна концентрации гемицеллюлоз в растворе и их СП.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Волков А. Д., Григорьев Г. П. Физические свойства щелоков целлюлозного производства.— М.: Лесн. пром-сть, 1970.— С. 57—59. [2]. Камаккина Н. Д., Новожилов Е. В., Богомолов Б. Д. О вязкости моносльфитных щелоков производственных варок // Лесн. журн.— 1986.— № 5.— С. 123—125. (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Новожилов Е. В. Изучение полимолекулярного состава органической части моносльфитного щелока методами гель-фильтрации и электрофореза // Исследования в области химии древесины: Тез. докл. Всесоюз. науч.-техн. конф.— Рига: Зинатне, 1978.— С. 82—83. [4]. Новожилов Е. В., Богомолов Б. Д., Хабаров Ю. Г. О деградации гемицеллюлоз, перешедших в щелок при моносльфитной варке полуцеллюлозы // Лесн. журн.— 1979.— № 2.— С. 88—91. (Изв. высш. учеб. заведений). [5]. Новожилов Е. В., Миловидова Л. А., Прокшин Г. Ф. Изучение состава и свойств гемицеллюлоз, выделенных из моносльфитного щелока различными методами // Лесн. журн.— 1981.— № 5.— С. 100—103. (Изв. высш. учеб. заведений). [6]. Шарков В. И., Куйбина Н. И. Химия гемицеллюлоз.— М.: Лесн. пром-сть, 1972. [7]. Benko J. The measurement of molekular weight of lignasulfonic acids and related materials by diffusion. IV // TAPPI.— 1964.— Vol. 47, N 8.— P. 508—514. [8]. Hajn S. Physical properties of neutral sulphite spent liquors // TAPPI.— 1957.— Vol. 40, N 11.— P. 921—926.

Поступила 2 марта 1987 г.

УДК 676.017.2

### УПРАВЛЕНИЕ СТРУКТУРОЙ БУМАГИ С ПОМОЩЬЮ ЖИДКИХ СРЕД

Б. П. ЕРЬХОВ, В. И. СКРИПОВА

Ленинградская лесотехническая академия

Первые работы [1—3], посвященные исследованию воздействия жидких сред на структуру целлюлозно-бумажных материалов, были проведены с использованием низкочастотных прямого и обратного маятников по ОСТ 81—109—76. Эти исследования показали, что структурообразовательные процессы протекают достаточно быстро и поэтому сравнительно большое время измерений (до 20 мин) с помощью низкочастотных крутильных маятников может оказаться тормозом для надежной фиксации мобильной структуры целлюлозно-бумажных материа-

лов. Следует отметить недостаточное внимание специалистов отрасли к временным изменениям структуры, в особенности после обнаружения явления тиксотропии в материалах, находящихся в воздушно-сухом состоянии [4, 5].

После выхода в свет ОСТ 13—163—83 «Полуфабрикаты целлюлозно-бумажного производства. Бумага. Картон. Резонансный метод определения модуля сдвига и добротности», введенного в действие с 01.01.84 г., и появления в отрасли уже 65 экз. разработанной совместно с ЭПМ ЦНИИБа установок типа УРОМС\* появилась возможность проводить указанные исследования экспрессным неразрушающим методом на высокочастотном крутильном маятнике, когда чистое время измерений составляет величину порядка  $10^{-2}$  с [5, 6, 7].

Оказалось, что основные структурные изменения в материалах при воздействии жидких сред происходят в течение первых минут [6, 7] и, следовательно, на данном этапе не существует альтернативы установки типа УРОМС. А так как жидкая среда в основном влияет на межволоконные связи различного уровня [2, 3], то появляется возможность направленного на них воздействия с целью утилитарного использования этих эффектов для достижения бумагой различных свойств: печатных, гофрируемости, влагопрочности, скручиваемости и др.

Авторы статьи не ставят перед собой задачу довести до инженерно-технологического использования в практике хотя бы одну из перечисленных проблем получения материала с заданными свойствами. Мы лишь обращаем внимание технологов на возможные пути решения подобных задач. Именно по этим причинам выбор конкретных объектов исследования и жидких сред может показаться читателю случайным, однако мы надеемся, что изложенные результаты откроют специалистам-технологам глаза на неиспользуемые до сих пор возможности разумного управления структурообразовательными процессами в наших материалах.

В качестве объектов исследования были выбраны типографская бумага (ТБ) № 1 и бумага типа «Школьная» с добавкой 75 % термомеханической массы (ТММ) производства Сыктывкарского ЛПК. В качестве жидкостей использовали воду, трансформаторное масло ТУ 38101—282—75 и изопропиловый спирт.

Все измерения проводили следующим образом. Плоский образец кольцевой формы зажимали в пассивном захвате установки УРОМС, а затем в измерительную камеру подавали исследуемую жидкую среду. В течение всего времени измерений образец не вынимали из измерительной камеры.

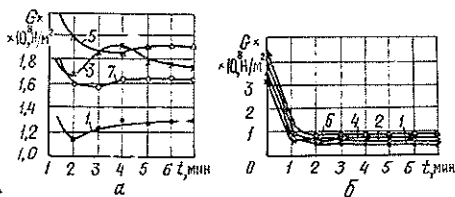


Рис. 1. Зависимость модуля сдвига  $G$  от времени выдержки  $t$  в воде типографской бумаги № 1 (а) и бумаги «Школьная» (б)

На рис. 1 показан характер изменения модуля сдвига во времени при воздействии воды на типографскую бумагу (ТБ) № 1 (кривые а) и на бумагу «Школьная» (кривые б) для девяти параллельных образцов (для удобства анализа на рис. 1, а, б изображены по четыре кривых). Исходные значения модуля сдвига для образцов ТБ варьируют в пределах  $(6,2 \dots 7,5) \times 10^8$  Н/м<sup>2</sup> и на кривых а не обозначены. (На рис. 1—3 номера кривых означают номера исследованных параллельных образцов).

\* Установка для резонансного определения модуля сдвига.

Время наблюдений составляло всего 20 мин, но структурное разрушение бумаги обоих видов заканчивалось спустя 3...4 мин после погружения в воду.

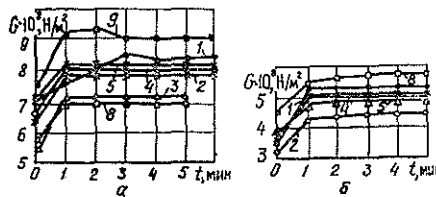
Если для образцов ТБ после достижения минимума модуль сдвига перед выходом на плато значение [7] возрастает на 3...16 %, то для образцов ТММ это возрастание не наблюдается. Последнее можно объяснить затруднительностью переупаковки структурных элементов из древесной массы.

Для обоих материалов равновесное значение модуля сдвига в воде составляет около 20 % от исходного его значения на воздухе.

Интерпретация полученных результатов, как и в работе [2], сводится к тому, что водородные связи при погружении в воду заменяются водяными мостиками и основной вклад в структурную прочность материала дают механические силы трения.

С целью уменьшения трения и зацепления между волокнами, а также желая по возможности не затрагивать водородные связи, была проведена следующая серия экспериментов с использованием трансформаторного масла.

Рис. 2. Зависимость модуля сдвига  $G$  от времени выдержки  $t$  в трансформаторном масле типографской бумаги № 1 (а) и бумаги «Школьная» (б)



На рис. 2 представлены аналогичные кривые временного изменения модуля сдвига для девяти образцов ТБ (кривые а) и бумаги «Школьная» (кривые б). Каждый опыт проводили 15 мин, а на рис. 2 время экспозиции составляет всего лишь 5...6 мин, так как уже в первые 2...3 мин за счет перестройки структурных элементов модуль сдвига вырос в среднем на 20 % для ТБ и до 40 % — для бумаги «Школьная».

Эти данные несколько отличаются от результатов, опубликованных в нашей ранней статье [3], где зафиксировано начальное падение модуля сдвига, а затем его возрастание. Это связано с тем, что ранее мы использовали низкочастотный крутильный маятник и образец после предварительной и непродолжительной пропитки маслом все время находился на воздухе, а не в жидкой среде. По этой причине переупаковка структурных элементов, которая может быть вызвана либо пластическими деформациями [5], либо динамическим воздействием [4], либо влиянием различных жидкостей [6], в последнем случае существенно облегчается и приводит к более выгодной с энергетической точки зрения и плотной структуре в соответствии со вторым началом термодинамики.

Поскольку по мере высыхания трансформаторного масла модуль сдвига и, следовательно, прочность материала возрастают, можно сделать бесспорный вывод о том, что упаковка структурных элементов исследуемых материалов после их изготовления далека от оптимальной и ею можно целенаправленно управлять, используя, к примеру, трансформаторное масло.

Третья серия опытов была проведена с изопропиловым спиртом, который, по данным работы [2], достаточно слабо влияет на водородные связи и, по сравнению с водой, не приводит к такому резкому изменению структуры наших материалов.

На рис. 3 показан характер зависимости модуля сдвига во времени для типографской бумаги № 1 по 10 параллельным образцам.

Анализ графиков на рис. 3 показал, что изопропиловый спирт можно использовать в качестве жидкости, приводящей к временному

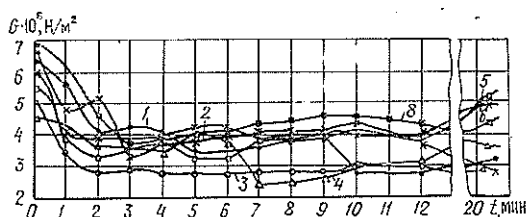


Рис. 3. Зависимость модуля сдвига  $G$  от времени выдержки  $t$  в изопропиловом спирте типографской бумаги № 1

ослаблению структурных связей, так как по мере его высыхания в течение суток структура возвращается практически к исходной. Можно вообразить такой процесс, как, например, крепирование или гофрирование, когда такое временное ослабление структуры материала будет уместно использовать в технологии.

Таким образом, установку типа УРОМС можно использовать для оперативного исследования кинетики быстротекающих структурообразовательных процессов в целлюлозно-бумажных материалах. Самые существенные структурные изменения происходят в первые минуты воздействия на них жидкой среды. Дифференцированное воздействие различных жидкостей на межволоконные связи различного уровня может приводить к уменьшению или увеличению жесткости материалов, а также к временному снижению их структурной прочности. Следовательно, открываются новые пути для использования этих эффектов в целлюлозно-бумажной промышленности.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Аким Э. Л., Ерыхов Б. П., Миркамиллов Ш. М. О применимости неразрушающих методов для изучения влияния жидких сред на структуру целлюлозных материалов // Узбек. хим. журн.— 1976.— № 1.— С. 40—44. [2]. Ерыхов Б. П., Плотников А. П. Исследование связей структурных элементов в бумаге методом свободных крутильных колебаний // Лесн. журн.— 1980.— № 3.— С. 62—66. (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Ерыхов Б. П., Плотников А. П. Исследование кинетики структурных изменений в бумаге методом крутильных колебаний // Лесн. журн.— 1982.— № 2.— С. 68—71. (Изв. высш. учеб. заведений). [4]. Ерыхов Б. П., Плотников А. П., Сырников Ю. П. Дополнительные доказательства наличия тиксотропии у бумаги. // Лесн. журн.— 1985.— № 6.— С. 93—99. (Изв. высш. учеб. заведений). [5]. Ерыхов Б. П., Фляте Д. М. Исследование тиксотропии в целлюлозно-бумажных материалах высокочастотным крутильным маятником // Лесн. журн.— 1984.— № 1.— С. 64—68. (Изв. высш. учеб. заведений). [6]. Ерыхов Б. П., Тимошенко Е. П., Фляте Д. М. Исследование кинетики структурных изменений бумаги в жидкости. // Лесн. журн.— 1984.— № 3.— С. 79—82. (Изв. высш. учеб. заведений). [7]. Использование резонансного метода для изучения кинетики разупрочнения целлюлозных материалов в воде / Б. П. Ерыхов, А. Н. Наумов, А. С. Зияев, Ш. М. Миркамиллов. // Химия древесины.— 1982.— № 4.— С. 69—72.

Поступила 19 февраля 1987 г.

УДК 676.017.9

### НЕЙТРАЛЬНО-ЩЕЛОЧНАЯ ПРОКЛЕЙКА БУМАГИ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫМИ ДИСПЕРСИЯМИ

П. Ф. ВАЛЕНДО

Белорусский технологический институт

Для придания волокнистым материалам повышенной гидрофобности в бумажной промышленности вместо канифоли ищут новые проклеивающие добавки [4].

В Белорусском технологическом институте разработаны способы проклейки в массе гидрофобизирующими дисперсиями с использованием в качестве коагулянтов — катионных водорастворимых полиэлектро-

литов взамен сернокислого алюминия, позволяющих осуществить процесс проклейки в нейтрально-щелочной среде [1, 2]. В настоящей работе приведены экспериментальные данные по изучению проклейки в нейтрально-щелочной среде гидрофобизирующими дисперсиями.

Дисперсии получены на основе полиэтиленового воска (ПВО-200), являющегося побочным продуктом нефтеперерабатывающей промышленности (стабилизатор — омыленное талловое масло; массовая доля его — 20 % от абс. сухого полиэтиленового воска). Опытные образцы бумаги получали из сульфатной небеленой целлюлозы марки НС-2 (степень помола массы —  $30 \pm 2$  °ШР) на лабораторном листоотливном аппарате типа ЦБТФ и испытывали на показатели качества согласно требованиям ГОСТа.

В качестве коагулянтов для осаждения дисперсии в волокнистой массе использовали сернокислый алюминий, полиэтиленимин (ПЭИ) и амифлок (сополимер метакриламида и диэтиламиноэтилметакрилата).

Данные о влиянии добавок анионной полиэтиленовой дисперсии на показатели качества опытной бумаги приведены в табл. 1.

Таблица 1

Массовое содержание дисперсии, % от абс. сухого волокна	Впитываемость при одностороннем смачивании, г/м <sup>2</sup>	Проклейка по штриховому методу, мм	Влагопрочность, %	Разрывное усилие, Н	Удлинение, мм
0	159,0	—	—	91	2,3
0,25	45,0	1,0... 1,5	—	85	2,4
0,50	43,0	1,5... 2,0	6,0	78	2,6
1,00	38,0	1,5... 2,0	8,7	78	1,6
2,00	27,9	>2,0	13,3	70	1,8
4,00	27,1	>2,0	15,5	67	1,6
8,00	24,3	>2,0	16,9	59	1,8

Примечание. Во всех случаях массовое содержание коагулянта  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18 H_2O$  — 5 % от абс. сухого волокна.

Как видно из табл. 1, при проклейке полиэтиленовой дисперсией по классическому способу с использованием в качестве коагулянта сернокислого алюминия (рН 4,5... 5,0) опытные образцы бумаги приобретают гидрофобные свойства и при массовом содержании 2 % от абс. сухого волокна впитываемость образцов при одностороннем смачивании достигает 27,9 г/м<sup>2</sup>, а проклейка по штриховому методу — 2 мм.

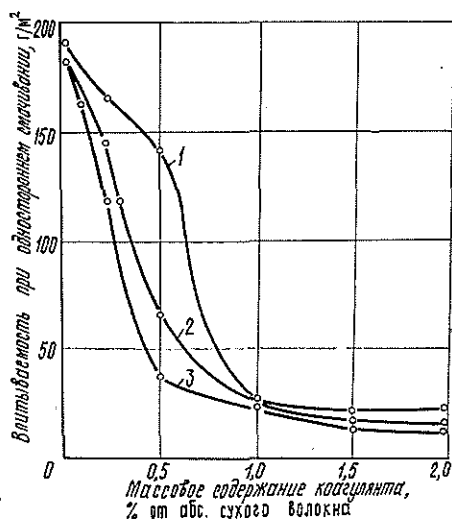


Рис. 1. Зависимость впитываемости при одностороннем смачивании бумаги от природы и расхода полимерных коагулянтов: 1 — ПЭИ (мол. м. 30 000 у. е.); 2 — амифлок; 3 — ПЭИ (мол. м. 60 000 у. е.)

При увеличении расхода проклеивающей дисперсии снижается показатель разрывного усилия, как и при проклейке в массе другими гидрофобизирующими добавками.

На рис. 1 приведены зависимости, полученные при проклейке опытной бумаги в нейтрально-щелочной среде (рН 7,0...8,0) анионной дисперсией с массовым содержанием 2 % от абс. сухого волокна с использованием полимерных коагулянтов взамен сернокислого алюминия.

Из рис. 1 следует, что исследуемые полимерные электролиты выполняют функции компонентов или перезаряжающих агентов полиэтиленовых дисперсий. При увеличении их расхода проклейка опытных образцов бумаги по показателю впитываемости при одностороннем смачивании улучшается и при массовом содержании электролита > 1 % от абс. сухого волокна существенно не изменяется. Лучшие результаты проклейки достигаются при использовании ПЭИ более высокой молекулярной массы (кривая 3), так как эффективность полиэлектролитов возрастает вместе с ее ростом [2]. При массовом содержании катионных полиэлектролитов больше 1 % от абс. сухого волокна проклейка опытной бумаги сравнима с проклейкой в кислой среде. Это происходит вследствие взаимодействия макромолекул полиэлектролита со стабилизатором полиэтиленовых дисперсий — омыленным талловым маслом с образованием осадков солевого типа [3].

Данные зависимости показателей качества опытной бумаги от природы и расхода коагулянтов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Природа коагулянта	Массовое содержание коагулянта, % от абс. сухого волокна	Показатели качества бумаги	
		Разрывное усилие, Н	Проклейка по штриховому методу, мм
$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$	5,00	70	2,0
ПЭИ (мол. м. 30 000 у. е.)	0	91	—
	0,025	80	1...1,5
	0,050	85	1...1,5
	0,100	84	1,5
	0,250	82	1,5...2,0
	0,500	79	1,5...2,0
	1,000	80	>2,0
	1,500	82	>2,0
	2,000	86	>2,0

Из табл. 2 видно, что высокие показатели проклейки по штриховому методу наблюдаются уже при массовом содержании полимерных коагулянтов до 0,25 % от абс. сухого волокна.

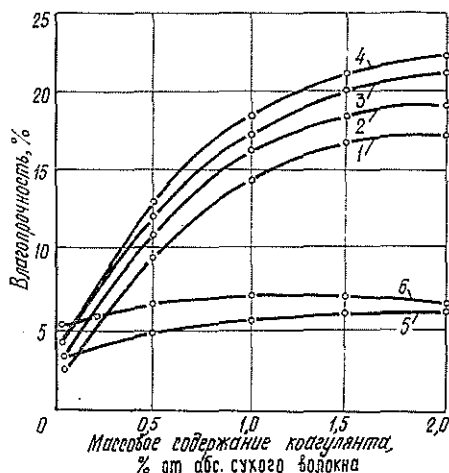
Экспериментальные данные, приведенные на рис. 2, свидетельствуют о том, что добавка полимерного коагулянта ПЭИ, кроме хорошей проклейки, позволяет получить образцы бумаги с повышенной прочностью во влажном состоянии, что особенно важно для тароупаковочных видов бумаги и картона.

Увеличение температуры сушки опытной бумаги приводит к возрастанию показателя влагопрочности за счет более активного образования влагопрочных межволоконных связей (кривые 2, 4 на рис. 2).

Из рис. 2 видно, что катионный высокомолекулярный флокулянт — амифлок — не образует влагопрочных межволоконных сил связи в бумаге (кривые 5, 6) и не может быть рекомендован для использования в композиции влагопрочных видов бумаги и картона.

Исследование показателя разрывного усилия в тех же условиях позволило установить, что снижение его при использовании полиэти-

Рис. 2. Зависимость влагопрочности опытной бумаги от природы и расхода полимерных коагулянтов: 1 — ПЭИ (мол. м. 30 000 у. е., до термообработки; 2 — ПЭИ (мол. м. 30 000 у. е., термообработка — 120 °С, 900 с); 3 — ПЭИ (мол. м. 60 000 у. е., до термообработки); 4 — ПЭИ (мол. м. 60 000 у. е., термообработка — 120 °С, 900 с); 5 — амифлок (до термообработки); 6 — амифлок (термообработка — 120 °С, 900 с)



леннина происходит в меньшей степени по сравнению с классическим коагулянтом — сернокислым алюминием (табл. 2). Можно предположить, что полимерные коагулянты участвуют в образовании связей волокно — ПЭИ — дисперсные частицы — ПЭИ — волокно, блокируя тем самым отрицательное воздействие частиц полиэтиленового воска на показатели механической прочности опытной бумаги.

Таким образом, гидрофобизирующая дисперсия на основе полиэтиленового воска, стабилизированная омыленным талловым маслом, может быть рекомендована для проклейки бумаги и картона. Использование полимерных коагулянтов — ПЭИ и амифлока — взамен сернокислого алюминия позволяет осуществить проклейку в нейтрально-щелочной среде и улучшить показатели качества бумаги в сухом состоянии.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. с. 796228 СССР, МКИ<sup>3</sup>Д21Н3/00. Состав для изготовления водостойкого картона / П. Ф. Валендо, Н. Г. Цыг, Б. И. Этин и др. (СССР). — № 2697039; Заявлено 18.12.78; Опубл. 15.01.81, Бюл. № 2 // Открытия. Изобретения. — 1981. — № 2. — С. 122. [2]. Валендо П. Ф., Цыг Н. Г. Исследование изменения электрокинетического потенциала бумажной массы в процессе проклейки гидрофобизирующими эмульсиями // Химия и химическая технология. — Минск, 1978. — Вып. 13. — 115 с. [3]. Валендо П. Ф., Усова О. П. Исследование состава и свойств осадков проклеивающих веществ // Лесн. журн. — 1985. — № 4. — С. 83—86. (Изв. высш. учеб. заведений). [4]. Цветков Б. Н., Седов А. В. Гидрофобизирующие вещества на неканифольной основе в производстве бумаги и картона // Обзоры, информ. — М.: ВНИПИЭИ-леспром, 1973. — 44 с.

Поступила 10 мая 1986 г.

УДК 543.257.1

#### ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОКИСЛИТЕЛЯ В СИСТЕМЕ ФЕРРИЦИАНИД-ФЕРРОЦИАНИД КАЛИЯ

К. Г. БОГОЛИЦЫН, А. М. АЙЗЕНШТАДТ, Г. М. ПОЛТОРАЦКИЙ,  
Ю. Г. ХАБАРОВ

Архангельский лесотехнический институт

В настоящее время для анализа компонентного состава технологических растворов ЦБП, а также для определения обобщенных параметров, характеризующих их качественные показатели, широко при-

меняют метод косвенной оксрeдметрии с использованием обратимых неорганических окислительно-восстановительных систем, например щелочных растворов феррицианида и ферроцианида калия [2—4, 7].

Область применения данного метода существенно зависит от условий приготовления ОВС (окислительно-восстановительной системы). Известно, что окислительный (восстановительный) потенциал — функция концентраций окисленной и восстановленной форм [8]. В работе [5] нами получено эмпирическое уравнение, отражающее зависимость вида  $E = f(C_{ox}, C_{red}, I \text{ и } T)$  и позволяющее приготовить ОВС с заданным окислительным потенциалом ( $E$  — потенциал системы,  $C_{ox}$  и  $C_{red}$  — концентрации окс- и ред-форм,  $I$  — ионная сила раствора и  $T$  — температура). В работе [1], на основе изучения механизма окислительно-восстановительных превращений в водных растворах цианокомплексов железа (III), нами показано, что, помимо основной электрохимической реакции  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-} + e^- \rightarrow [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ , протекает ряд побочных процессов, связанных с самопроизвольным восстановлением  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ . Интенсивность данных процессов находится в зависимости от pH среды, температуры, и при определенных условиях эксперимента начальная концентрация феррицианида калия, задаваемая навеской соли, может значительно изменяться.

Цель настоящей работы — определить закономерности изменения начальной концентрации окс-формы ОВС феррицианид-ферроцианид калия в растворе при следующих переменных факторах: соотношение  $C_{ox}/C_{red}$ , время с момента приготовления системы, pH среды.

В работе [1] указано, что концентрацию  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  в растворе можно фиксировать, измеряя оптическую плотность раствора феррицианида при 420 нм (коэффициент молярного погашения равен  $1037 \text{ моль} \cdot \text{л}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ ), поэтому нами для решения поставленной задачи был использован спектрофотометрический метод.

Методика исследования заключалась в следующем. В термостатированную при  $298 \pm 0,1 \text{ К}$  реакционную ячейку помещали свежеприготовленный раствор феррицианида-ферроцианида калия (концентрация феррицианида  $5 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л}$ ) и с помощью подключенного перистальтического насоса жидкость прокачивали через проточную кварцевую кювету спектрофотометра Спектод-М40. Величину оптической плотности раствора при 420 нм фиксировали в продолжении 30 мин (время наиболее интенсивного изменения концентрации  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  [1]). В качестве растворителей использовали: универсальную буферную смесь (УБС) с pH 6,9, 0,1 М (pH 12,9) и 1 М (pH 13,8) NaOH. Соотношение концентраций  $C_{ox}/C_{red}$  варьировали в диапазоне от 500 до 10.

Полученные результаты приведены в табл. 1.

Для зависимости вида  $\Delta C_{ox} = f(\lg(C_{ox}/C_{red}), \tau, \text{pH})$  аппроксимация полученных данных различными полиномами и уравнениями с логарифмическими членами позволила получить выражение:

$$\Delta C_{ox} = (1,9 + 0,68 \lg(C_{ox}/C_{red}) + 0,05\tau + 0,03 \text{ pH})^{-1}. \quad (1)$$

Средняя относительная погрешность при использовании уравнения (1) для расчета  $\Delta C_{ox}$ , равная 37 %, не позволяет применять его в кинетических расчетах.

С наименьшей ошибкой описывается зависимость  $C_{ox} = f(C_{ox}/C_{red})$  при постоянных значениях  $\tau$  и pH. Полученное аналитическое уравнение имеет вид:

$$\Delta C_{ox} = b_0 + b_1 C_{ox}/C_{red} + b_2 (C_{ox}/C_{red})^2 + b_3 (C_{ox}/C_{red})^3. \quad (2)$$

Значения коэффициентов уравнения (2) приведены в табл. 2, а значения погрешностей уравнения (2) — в табл. 3.

Расчеты проводили на ЭВМ ЕС-1022 по программам, приведенным в работе [6].



Таблица 1

Изменение концентрации феррицианида калия в растворе ( $\Delta C$ ) при 298 К (начальная концентрация  $5 \cdot 10^{-3}$  моль/л)

рН	$C_{Ox}/C_{red}$	$\Delta C$ , %, с момента приготовления раствора, мин						
		3	5	10	15	20	25	30
6,9	500	0,8	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,0
	300	0,6	1,0	1,2	1,2	1,4	1,6	1,6
	100	0,4	0,5	0,8	1,0	1,0	1,2	1,2
	50	0,1	0,2	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
	10	0	0	0,2	0,4	0,4	0,4	0,6
12,9	500	0,4	0,6	0,8	1,2	1,4	1,6	2,4
	300	0,6	0,6	0,6	1,0	1,0	1,4	2,2
	100	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	1,2	1,7
	50	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,8	1,3
	10	0,2	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,8
13,8	500	0,6	1,0	1,4	3,0	4,0	4,6	5,0
	300	0,6	1,2	1,4	1,8	2,0	2,6	4,5
	100	0,6	1,0	1,2	1,4	1,7	1,8	2,1
	50	0,4	0,7	0,8	0,9	1,4	1,4	1,4
	10	0,3	0,3	0,5	0,8	1,1	1,1	1,1

Таблица 2

рН	Коеф-фициент	Численное значение коэффициента уравнения (2) с момента приготовления раствора, мин			
		5	10	20	30
6,9	$b_0$	-0,16	0,08	0,33	0,53
	$b_1 \cdot 10^2$	0,82	0,90	0,99	0,99
	$b_2 \cdot 10^4$	-0,19	-0,24	-0,32	-0,32
	$b_3 \cdot 10^7$	0,16	0,23	0,36	0,36
12,9	$b_0$	0,41	0,41	0,62	0,61
	$b_1 \cdot 10^2$	-0,07	-0,06	-0,12	1,60
	$b_2 \cdot 10^4$	0,08	0,06	0,12	-0,52
	$b_3 \cdot 10^7$	-0,12	-0,07	-0,13	0,54
13,8	$b_0$	0,16	0,35	0,10	0,81
	$b_1 \cdot 10^2$	1,25	1,27	1,04	1,31
	$b_2 \cdot 10^4$	-0,42	-0,44	-0,45	-0,47
	$b_3 \cdot 10^7$	0,41	0,46	0,73	0,75

Таблица 3

рН	Средний процент погрешности уравнения (2) с момента приготовления раствора, мин			
	5	10	20	30
6,9	0,2	0,2	0,3	0,2
12,9	0,1	0,2	0,1	0,3
13,8	0,3	0,4	0,3	0,2

Таким образом, при изучении гомолитического окисления в обратной редокс-системе феррицианид-ферроцианид калия необходимо принимать во внимание изменение концентрации окислителя, определяемое с помощью уравнения (2).

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Айзенштадт А. М. Окислительно-восстановительная система феррицианид-ферроцианид калия и ее использование для контроля состава сточных вод: Автореф.

дис... канд. хим. наук.— Л.: ЛТИ ЦБП, 1986.— 18 с. [2]. Исследование кинетики окисления компонентов сульфитных варочных растворов в обратимых окислительно-восстановительных системах / К. Г. Боголицын, И. М. Боховкин, Г. Ф. Прокшин и др. // Лесн. журн.— 1976.— № 6.— С. 121—127. (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Кинетический метод анализа углеводородов / В. Г. Крунчак, К. Г. Боголицын, И. В. Иоффе и др. // Химия древесины.— 1984.— № 6.— С. 97—103. [4]. Крунчак В. Г., Крунчак М. М., Боголицын К. Г. Кинетический метод контроля за компонентным составом сточных вод // Лесн. журн.— 1985.— № 4.— С. 86—92. (Изв. высш. учеб. заведений). [5]. Термодинамическая характеристика обратимой окислительно-восстановительной системы феррицианид-ферроцианид калия / А. М. Айзенштадт, К. Г. Боголицын, Г. М. Полторацкий, М. М. Крунчак // ЖПХ.— 1984.— Т. 57.— № 10.— С. 2247—2250. [6]. Хабаров Ю. Г. Оценка качества продукции и параметров технологических процессов с помощью ЭВМ ЕС-1022 (методическое указание по использованию программ).— Архангельск: РИО АЛТИ, 1985.— 40 с. [7]. Хачатурян О. Б. Кинетический метод определения концентрации в обратимых окислительно-восстановительных системах // Физхимия.— 1964.— Т. 38.— С. 728—732. [8]. Шульц М. М., Писаревский А. М., Полозова И. П. Окислительный потенциал. Теория и практика.— Л.: Химия, 1984.— 168 с.

Поступила 8 сентября 1986 г.

УДК 674.815-41

## ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОФОБИЗАЦИИ ДРЕВЕСНО-СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

В. Б. СЕМЕНОВА, Л. П. КОВРИЖНЫХ, А. А. ЭЛЬБЕРТ

Ленинградская лесотехническая академия

Формоизменяемость древесно-стружечных плит (ДСП), их недостаточная устойчивость к воздействию атмосферных явлений препятствуют их широкому применению в строительстве. Поиск новых путей повышения водо- и атмосферостойкости плит на карбамидоформальдегидном связующем — актуальная задача.

Нами предложен способ увеличения водостойкости плит путем повышения гидрофобности древесных частиц [7]. Древесные частицы обрабатывали водными растворами солей поливалентных металлов в количестве 1...3 % от массы абс. сухой древесины с последующей сушкой древесины до влажности 4...6 %, осмолением и прессованием плит по существующей технологии.

В настоящей работе сделана попытка объяснить гидрофобизирующее действие солей меди и цинка. В качестве модельных соединений компонентов древесины были выбраны: диоксанлигнин березы, лигнин Бьёркмана ели и  $\alpha$ -D-ксилоза как модель углеводной части древесины.

Результаты дифференциального термографического анализа представлены на рис. 1.

Дериватограммы диоксанлигнина, сульфата меди, механической смеси диоксанлигнина и сульфата меди, диоксанлигнина и серной кислоты снимали на дериватографе Эрлей и Паулик. Условия снятия:  $t_{max} = 250$  °C, скорость нагрева 5 °/мин, масштаб ТГ 50 мг, чувствительность ДТА и ДТГ 1/5, инертное вещество  $Al_2O_3$ , среда — воздух.

На кривых ДТА механической смеси диоксанлигнина и сульфата меди имеются два эндотермических эффекта с максимумом при температурах 105 и 125 °C. При сравнении кривых ДТА и ДТГ диоксанлигнина, сульфата меди и их механической смеси можно сделать вывод, что эти эндотермические эффекты вызваны потерей влаги лигнином и связанной воды кристаллогидрата. На кривой ДТГ механической смеси диоксанлигнина и сульфата меди в интервале температур 145...160 °C появляется интенсивный пик, соответствующий эндотермическому

эффекту на кривой ДТА. Отсутствие этого пика на кривых ДТА и ДТГ диоксанлигнина и механической смеси его с серной кислотой свидетельствует о протекании химической реакции, обусловленной присутствием ионов меди.

ИК-спектры модельных соединений компонентов древесины снимали в таблетках с КВч на приборе ИР-20. Отнесение полос выполнено по [2, 3, 6].

В ИК-спектрах термообработанных образцов лигнина Бьёркмана ели при температуре 160 °С в присутствии сульфатов меди и цинка (рис. 2) появляется новая полоса около 600 см<sup>-1</sup>, которая оказалась чувствительной к природе металла (сульфат меди — 620 см<sup>-1</sup>, сульфат цинка — 606 см<sup>-1</sup>). Следует также отметить снижение интенсивности полосы 1570 см<sup>-1</sup> (полоса колебаний групп >C=O) и изменения в области 1100 см<sup>-1</sup>, связанные с деформационными колебаниями гидроксильных групп.

При исследовании соединений β-кетозфирного ряда [1] было показано, что появление полос поглощения в области 590...700 см<sup>-1</sup> в ИК-спектрах комплексных соединений β-кетозфирного типа с переходными металлами можно отнести к колебаниям связи кислород — металл. К. Накамото [5] относит полосы поглощения вблизи 900, 768 и 673 см<sup>-1</sup> к маятниковым и веерным колебаниям связи кислород — металл.

При изучении длинноволновой области ИК-спектров лигнинов полосы поглощения в области 400...625 см<sup>-1</sup> были отнесены к колебаниям связей углерод — галоген, кислород — металл, азот — металл [6]. На основании вышесказанного можно предположить, что химическое взаимодействие ионов металлов и реакционноспособных групп лигнина происходит с образованием координационной связи ион металла — кислород карбонильной или гидроксильной группы.

В ИК-спектрах порошковой целлюлозы после ее термообработки в присутствии сульфата меди при температуре 160 °С наблюдается сдвиг полосы поглощения в области валентных колебаний гидроксильной группы в сторону низких частот на 50 см<sup>-1</sup>. Это, очевидно, связано с изменением структуры водородных связей и включением гидроксильных в координационную связь хелатного типа.

Наиболее гидрофильная часть древесины — гемицеллюлоза. В качестве ее модели нами была выбрана α-D-ксилоза. В ИК-спектрах α-D-ксилозы, термообработанный в присутствии сульфата меди при температуре 100 °С (рис. 3), происходит уширение полосы водородных связей, снижение разрешенности спектра в области 2800...3000 см<sup>-1</sup> (область валентных колебаний связей — CH) и 1000...1400 см<sup>-1</sup> (область деформационных колебаний связей — CH, — CO —, — OH).

В области 500...700 см<sup>-1</sup> в спектре α-D-ксилозы имеется ряд полос: 660, 620, 550, 513 и 494 см<sup>-1</sup>. После термообработки в присутствии CuSO<sub>4</sub> вид спектра в этой области изменяется, в нем присутствуют слабые полосы при 650, 600, 545, 513, 500 и 580 см<sup>-1</sup>. По данным Р. Г. Жбанкова [3], в этой области спектра находятся внеплоскостные деформационные колебания гидроксильных групп, и она оказывается чувствительной к конформационным изменениям в структуре моносахаридов. Происходящие изменения свидетельствуют о включении гидроксильных групп в химическую связь, возможно координационную, с ионами меди.

В работе [4] предложена следующая форма образующихся в системе Cu (II) — фруктоза — NH<sub>3</sub> комплексов, в координировании участ-

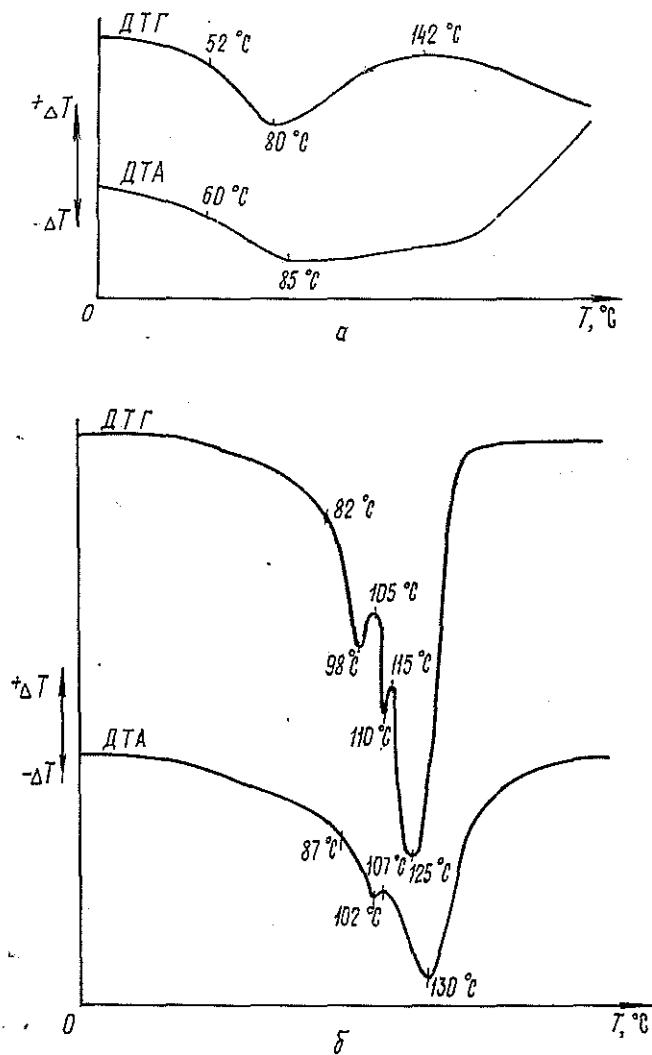
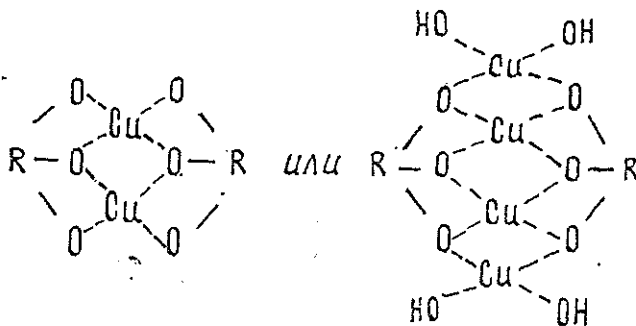
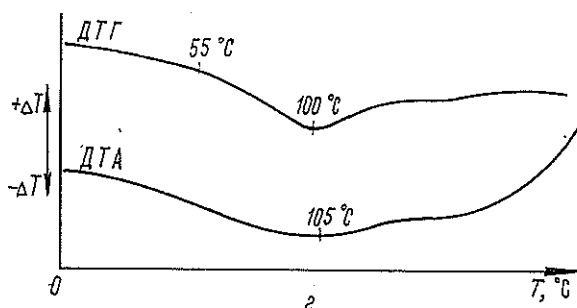
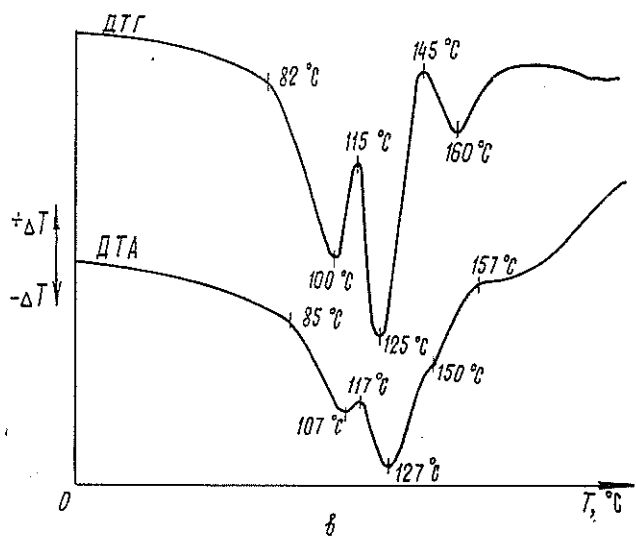


Рис. 1. Дериwатогpаммы диоксанлигнина березы (а), сульфата меди (б), механической смеси диоксанлигнина березы и сульфата меди (в), механической смеси диоксанлигнина березы и серной кислоты (г)

вуют гидроксильные группы у второго, третьего и четвертого атомов углерода:





Следовательно, при обработке древесины солями поливалентных металлов происходит образование координационной связи между гидрофильными группами компонентов древесины и ионами металлов. Правомерно предположить, что в образовании такой связи одновременно участвуют гидроксильные группы углеводной части древесины и лигнина.

Мера гидрофобности твердой поверхности — смачиваемость ее водой. Смачиваемость поверхности древесины после обработки солями поливалентных металлов определяли по методике, разработанной в ЛТА на кафедре древесных пластиков и плит.

Образец березового шпона размером  $60 \times 10 \times 0,5$  мм вертикально опускали в воду, при обратном его подъеме измеряли максимальную высоту поднявшейся за ним жидкости.

Результаты измерений представлены в табл. 1.

При обработке солями цинка и меди высота подъема жидкости снижается по сравнению с нетермообработанными образцами шпона на 35...21%, а по сравнению с термообработанными — на 20...11%. Поскольку высота подъема жидкости находится в прямой зависимости от энергии взаимодействия твердой поверхности и жидкости, можно говорить о снижении этого взаимодействия после обработки древесины солями меди и цинка и повышении ее гидрофобности.

В лабораторных условиях были получены трехслойные ДСП из обработанных солями меди и цинка древесных частиц. Технология изготовления: толщина готовых

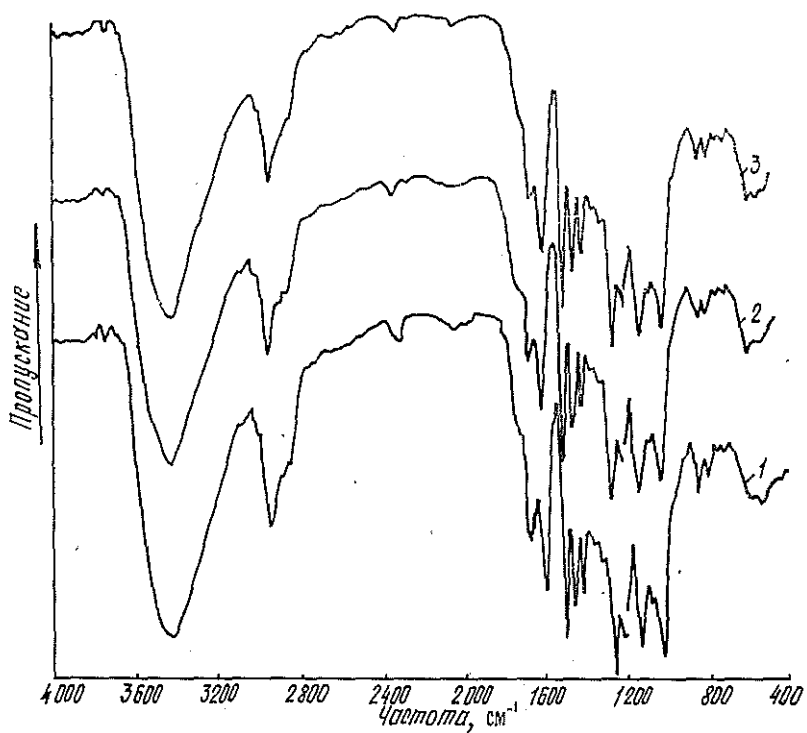


Рис. 2. ИК-спектры лигнина, термообработанного при 160 °С: 1 — лигнин Бьёркмана ели; 2 — лигнин Бьёркмана ели + сульфат меди (2 : 1); 3 — лигнин Бьёркмана ели + сульфат цинка (2 : 1)

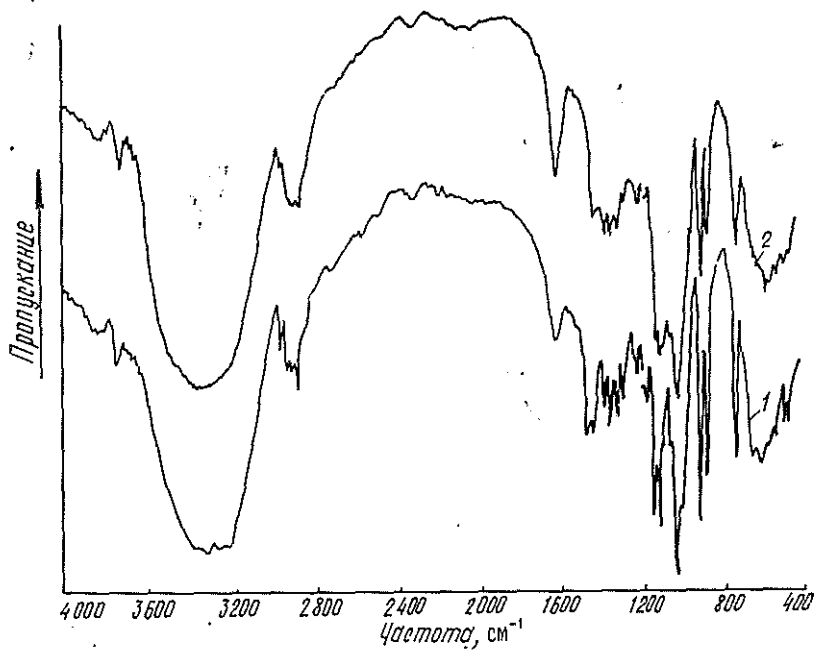


Рис. 3. ИК-спектры ксилитозы, термообработанной при 100 °С; 1 —  $\alpha$ -D-ксилитоза; 2 —  $\alpha$ -D-ксилитоза + сульфат меди (2 : 1)

Таблица 1

Образец шпона	Температура термообработки, °С	Высота подъема жидкости, мм
Обработанный сульфатом меди	100	2,56
» » »	160	2,44
Обработанный сульфатом цинка	100	3,10
» » »	160	3,12
Обработанный серной кислотой	100	3,48
» » »	160	3,38
Необработанный	100	3,46
»	160	3,49
»	—	3,95

плит — 15 мм, содержание связующего в наружном слое — 14 %, во внутреннем — 12 %, количество соли металла — 2 % от массы абс. сухой древесины, количество парафина — 1 % от массы абс. сухой древесины, температура прессования — 160 °С, удельное давление — 2,2 МПа, продолжительность прессования — 0,3 мин/мм толщины готовой плиты.

Таблица 2

ДСП из древесных частиц	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Предел прочности при статическом изгибе, МПа	Предел прочности при растяжении перпендикулярно пласти плиты, МПа	Разбухание за 24 ч, %	Водопоглощение за 24 ч, %	Снижение прочности при статическом изгибе после испытаний на ускоренное старение, %
Обработанных сульфатом меди	744	25,4	0,37	7,1	22,6	14,1
Обработанных сульфатом цинка	740	26,2	0,35	7,6	24,4	16,4
Необработанных	748	26,5	0,35	10,1	29,0	35,1

Как видно из данных табл. 2, при использовании сульфатов меди и цинка набухание ДСП на 30 % ниже, чем у плит из необработанных древесных частиц. Прочностные показатели ДСП соответствуют требованиям действующего стандарта.

Испытания с однократным погружением в воду при нормальной температуре недостаточны для оценки длительной водостойкости плит. Поэтому были проведены испытания на ускоренное старение по методу, предложенному французским центром древесины (СТВ) [8]. Метод СТВ включает три повторяющихся цикла (табл. 3).

Таблица 3

Цикл	Температура, °С	Продолжительность, ч
Вымачивание в воде	20±1	3
Замораживание	-12±1	1
Высушивание	70±1	3

Потеря прочности после трех циклов испытаний на ускоренное старение для плит из древесных частиц, обработанных солями меди

и цинка, составляет 14,1 и 16,4 % соответственно, а для контрольных плит — 35,1 %.

Выпуск опытной партии древесно-стружечных плит в промышленных условиях в цехе ДСП Ливанского ЭДСК подтвердил эффективность предлагаемого способа.

Таким образом, предлагаемый способ гидрофобизации ДСП позволяет получить плиты, отличающиеся длительной водостойкостью. Гидрофобизирующее действие солей объясняется образованием координационной связи между гидрофильными группами компонентов древесины и ионами поливалентных металлов.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Барабанов В. А. Ситез и структура макромолекулярных соединений  $\beta$ -кетозфирного типа и их комплексов с 3 переходными металлами: Автореф. дис... канд. хим. наук.— М., 1972.— 18 с. [2]. Беллами Л. Инфракрасные спектры сложных молекул.— М.: ИЛ, 1963.— 590 с. [3]. Жбанков Р. Г. Инфракрасные спектры и структура углеводов.— Минск: Наука и техника, 1972.— 456 с. [4]. Каличенко И. Е., Петровская Н. А. Комплексообразование в системе  $\text{Cu(II)}$  — фруктоза —  $\text{NH}_3$  // ЖОХ, 1985.— Т. 55, № 4.— 840 с. [5]. Накамото К. ИК-спектры неорганических и координационных соединений.— М.: Мир, 1966.— 340 с. [6]. Сарканен К. В., Людвиг К. Х. Лигнины.— М.: Лесн. пром-сть, 1975.— 632 с. [7]. Семенова В. Б., Эльберт А. А. Древесностружечные плиты повышенной водостойкости // Тез. докл. Всесоюз. конф. молодых ученых.— Архангельск, 1986.— С. 29. [8]. Хрулев В. М., Мартынов К. Я. Долговечность древесностружечных плит.— М.: Лесн. пром-сть, 1977.— 168 с.

Поступила 12 мая 1987 г.



## ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 630\*905.2

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ  
ЗА 70 ЛЕТ СОВЕТСКОЙ ВЛАСТИ

И. В. ВОРОНИН

Воронежский лесотехнический институт

Семьдесят лет нового общественного строя, который установился после Великой Октябрьской социалистической революции в России,— срок вполне достаточный, чтобы оказать влияние на лес, лесное хозяйство и его развитие, даже при длительных сроках воспроизводства лесов. Связь между общественным строем и отношением к лесу, его состоянию установлена давно. Более того, известно, что динамика состояния лесов за длительный период и характер использования лесных ресурсов страны служат надежным и объективным показателем отношения данного общественного строя к природным ресурсам и их воспроизводству.

Еще К. Маркс, анализируя отличительные особенности лесоразведения, установил, что «развитие культуры и промышленности вообще с давних пор сопровождалось настолько энергичным уничтожением лесов, что по сравнению с этим все, что было сделано ими для поддержания и новых посадок леса, представляет собой совершенно ничтожную величину» [1, с. 275]. Подтверждения этого вывода мы находим не только в странах Западной Европы и Америки, но и в России. По данным М. А. Цветкова [3], вековой процесс обезлесения протекал во всех губерниях европейской части России. Но особенно он показателен в зонах малолесных. В Центрально-Черноземном районе, например, за период с 1786 г. по 1914 г. лесистость снизилась с 23,8 до 10 %, в Воронежской области — с 11,1 до 7,3 %. В условиях капиталистического общественного производства процесс обезлесения продолжается и сегодня. По данным ООН, в развивающихся странах и сейчас ежегодно площадь тропических лесов сокращается на 7,5...11 млн. га. Если этот процесс не будет прекращен, то к 2000 г. площади лесов в мире сократятся до 3 млрд га вместо имевшихся в 1950 г. 4,1 млрд га [4].

Состояние лесов Воронежской губернии, полученных от царской России, по данным Н. П. Кобранова [2], было крайне неудовлетворительным. Бывшие казенные леса составляли только 26 %, а остальные — это затравленные леса крестьянских, помещичьих и других частных владений. Только Основной закон о лесах РСФСР, подписанный В. И. Лениным 27 мая 1918 г., положил конец такому отношению к лесам. Был определен строгий порядок в учете и использовании лесов. Они были разделены на защитные и эксплуатационные. В законном порядке установлен принцип постоянного и равномерного пользования лесом с обязательным его восстановлением.

В социалистическом лесном хозяйстве произошли следующие изменения.

1. Прекратился в основном процесс обезлесения и началось планомерное возрастание лесистости. Данные по Воронежской области приведены в табл. 1 (общая площадь области 52,2 тыс. км<sup>2</sup>). Здесь и далее

использованы показатели до 1983 г.— года последнего учета лесного фонда.

Таблица 1

Год	Площадь лесов, тыс. га		Процент лесистости	
	об-щая	по-кры-тая	по об-щей площади	по по-кры-той
1914	378	348	7,3	6,6
1927	360	341	6,9	6,6
1950	435	366	8,5	7,0
1961	546	447	10,5	8,6
1966	562	457	10,3	8,7
1973	603	498	11,5	9,5
1978	562	475	10,8	9,1
1983	610*	538	11,5	10,3

\* Сюда включены и 119,7 тыс. га поlezащитных полос, которые при учете за 1983 г. не включены в лесной фонд.

Процесс возрастания лесистости бесспорный, хотя и медленный. За 70 лет лесистость возросла по общей площади на 3,2 %, покрытой лесом — на 3,7 %. Увеличение на 0,5 % лесопокрытой площади по сравнению с общей показывает, что облесение проходит не только за счет появления новых лесных площадей, но и в результате сокращения не покрытой лесом площади, находящейся в общей площади лесного фонда.

2. Лес перестали считать только источником получения древесины. Его стали рассматривать как неотъемлемую часть биосферы с большим числом многообразных свойств. Он поставляет в атмосферу кислород и поглощает углекислоту, выполняет многочисленные защитные функции: водоохранные, поlezащитные, почвозащитные и др.

3. Повысилась ценность породного состава лесного фонда. Если в 1927 г. дуба и сосны было 76 %, а в 1936 г. — только 61 %, то в 1978 г. доля всех этих пород повысилась до 82 % и в 1983 г. — до 80 %. Сократился процент не покрытой лесом площади с 9,5 до 3,7 %.

4. До 1917 г. лесное хозяйство практически не было оснащено средствами труда. По отчету Лесного управления Министерства земледелия и государственных имуществ за 1912 г., на 1 га лесного фонда приходилось основных фондов всего 2,9 к. Преимущественно они складывались из построек для размещения лесной охраны, лесничих и помощников лесничих. Но и жилья не хватало. В Воронежской области в наемных частных домах проживало 62 % лесничих и 50 % помощников лесничих. Из производственных построек было всего 3 семеновышки и 4 пожарные вышки. Основные фонды и средства механизации

Таблица 2

Год	Здания и сооружения	Техническое и специальное оборудование	Транспортные средства	Хозяйственный инвентарь	Прочие основные фонды
1914	97	—	1	1	1
1946	79	3	9	4	5
1966	37	28	14	1	20
1983	30	33	20	2	15

ции в лесхозах начали создаваться только при Советской власти; их нарастание шло быстрыми темпами. Так, в Воронежской области в 1966 г. их оказалось уже на 7,6 млн р.; в 1975 г.— на 22,9; в 1983 г.— на 33,5 млн р., или по 55 р. на 1 га лесного фонда.

Динамика структуры основных фондов лесного хозяйства Воронежской области (%) показана в табл. 2.

За годы Советской власти основные фонды в лесном хозяйстве не только выросли в сотни раз, но радикально изменилась их структура. Вместо жилых зданий на первое место вышло техническое и специальное оборудование, хотя оно и не отвечает еще современному уровню развития техники, электроники.

5. Широкое развитие в лесхозах области получило не только лесохозяйственное, но и промышленное производство.

Объем товарной продукции и ее быстрый рост характеризуются данными табл. 3.

Таблица 3

Показатели	1966	1973	1979	1983
Объем лесохозяйственных работ в условных ценах, млн р.	1,6	6,7	6,2	7,8
Численность рабочих в лесном хозяйстве	2 084	1 965	1 780	1 507
Товарная продукция, млн р.	6,8	16,7	20,7	25,5
Затраты на 1 рубль, к.	—	62,0	75,1	76,8
Прибыль, тыс. р.	1 764	4 630	5 073	6 063

Состояние лесного фонда за 5 лет приведено в табл. 4.

Таблица 4

Показатели	1978	1983
Лесопокрытая площадь, тыс. га	332,0	332,0
Общий запас, млн м <sup>3</sup>	35	40
Средний запас на 1 га, м <sup>3</sup>	108	125
Средний прирост на 1 га, м <sup>3</sup>	3,2	3,3
Общий средний прирост, млн м <sup>3</sup>	0,94	1,09
Не покрытая лесом площадь, тыс. га	21,3	14,6

6. Установлена персональная ответственность за каждый гектар лесной площади, переводимой в другой вид угодий.

Однако далеко не все еще делается для правильного ведения лесного хозяйства. Велик процент не покрытой лесом площади и площадей низкой продуктивности. Большой ущерб наносят лесам пожары. При лесистости всего 10 % с легкостью выделяют занятую лесом площадь под строительство и другие хозяйственные надобности.

Забыли в Воронеже День леса, когда школьники и производственные коллективы сажали сотни деревьев. Это воспитывало бережное отношение к лесу. Крайне необходимо поощрять широкое участие общественности в сохранении леса.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. К. Маркс. Капитал // Маркс К., Энгельс Ф. Соч.— 2-е изд.— Т. 24.— С. 3—596. [2]. Кобранов Н. П. Леса и лесное хозяйство Воронежской губернии.— Воронеж: Коммуна, 1923. [3]. Цветков М. А. Изменение лесистости Европейской России с конца XVII столетия по 1914 г.— М.: АН СССР, 1957.— 211 с. [4]. Шишков Е. В., Крылов И. Е. Современная проблема лесного хозяйства в зарубежных странах.— М.: ЦБНТИ Гослесхозлитер. СССР, 1987.— Вып. 4.

УДК 630\*791.001

## ОПТИМАЛЬНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ И РАЗМЕЩЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВ ВНУТРИРАЙОННОГО ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

П. Н. КОРОБОВ

Ленинградская лесотехническая академия

В данной работе рассматривается проблема оптимального перспективного планирования развития и размещения производств лесопромышленного комплекса (ЛПК) в границах отдельного лесоэкономического (или административного) района, и решается как единая многоэтапная многопродуктовая задача оптимального программирования. В этой задаче оптимизируются: состав и размеры всех производств внутрирайонного ЛПК (ВЛПК); объемы развития их в планируемом перспективном периоде; программы выпуска продукции по основному (укрупненному) ассортименту по всем производствам комплекса; транспортные производственные связи и по реализации продукции всех производств ВЛПК.

Общий, и особенно экономический, результат решения любой проблемы зависит, прежде всего, от того, какие факторы и условия и в какой мере учтены при ее решении, какая информация заложена в ее условии, насколько она достоверна.

При решении проблемы развития и размещения производств ВЛПК определяющими факторами следует считать: потребности народного хозяйства в отдельных видах сырья, лесоматериалов и готовой продукции (приходящиеся на данный район); производственные возможности предприятий ВЛПК с точки зрения обеспеченности их сырьевыми, материальными, трудовыми и энергетическими ресурсами; наличие производственных мощностей и возможности их дальнейшего развития; территориальное размещение производств ВЛПК и потребителей их продукции, наличие и характер внутрирайонных транспортных путей, определяющих производственные и реализованные связи.

Настоящие исследования посвящены разработке экономико-математической модели единой комплексной задачи оптимального планирования развития и размещения производств ВЛПК, проверке ее «работоспособности» на макете, имитирующей соответствующую производственную ситуацию, и доведению ее до рабочего варианта, описание которого приводится ниже.

Для разработки экономико-математической модели решения единой задачи оптимального планирования развития и размещения производств ВЛПК примем следующие обозначения:

- $i$  — индекс лесосырьевой базы ЛЗП;  $i = 1, 2, \dots, m$ , где  $m$  — число лесосырьевых баз в ВЛПК с учетом разновидностей примыкания к путям общественного транспорта;
- $p$  — индекс пункта потребления, соответственно:  $p_1$  — товарных сортов круглых лесоматериалов,  $p_2$  — сырьевых сортов,  $p_3$  — готовой продукции;  $p = 1, 2, \dots, P$ ;
- $r$  — индекс вида деревообрабатывающего производства ЛПК, одновременно характеризующего наименование перерабатываемого сырьевого сорта;  $r = 1, 2, \dots, R$ ;
- $k$  — индекс породно-размерно-качественной (ПРК) группы древесины;  $k = 1, 2, \dots, \xi$ , где  $\xi$  — число ПРК групп,

по которым дифференцирован запас древесины, отводимой в рубку на год;

$j$  — индекс товарного (несырьевого) сортимента круглых лесоматериалов, соответственно:  $j_1$  — для поставки внутрирайонным потребителям,  $j_2$  — для собственных нужд ЛЗП на капремонт и строительство,  $j_3$  — для поставки за пределы района расположения ЛПК;  $j = 1, 2, \dots, J$ ;

$s$  — индекс сырьевого сортимента круглых лесоматериалов для поставки за пределы района;  $s = 1, 2, \dots, S$ ;

$l, l', \varepsilon$  — индексы вида готовой продукции:  $l$  — выработанной из первичного сырья;  $l'$  — из первичного и вторичного;  $\varepsilon$  — из первичного, вторичного и продукции  $l'$ ;  $l = 1, 2, \dots, L$ ;  $\varepsilon = 1, 2, \dots, E$ ;

$k'$  — индекс отходов, используемых в качестве вторичного сырья в некоторых деревоперерабатывающих производствах (тары, ДСП, щепы);  $k' = 1, 2, \dots, \xi'$ .

Обозначения базовой исходной информации:

$Q$  — допустимый годовой объем заготовки древесины по лесосырьевым базам;

$q$  — объем древесины по ПРК группам в годовом объеме заготовки по лесосырьевым базам (средние данные);

$P$  — директивные плановые задания по заготовке товарных сортиментов, производству готовой продукции, поставкам их внутрирайонным потребителям и за пределы района.

Обозначения первой группы искомым переменных:

$x_{j_1 k l \rho_1}$  — объем заготовки  $j$ -го товарного сортимента из  $k$ -й ПРК группы древесины в  $i$ -й лесосырьевой базе для поставки внутрирайонному потребителю —  $\rho_1$ ;

$x_{j_2 k l}$  — то же для собственного потребления на капремонт и строительство;

$x_{j_3 k l}$  — то же для поставки за пределы района (без конкретизации внерайонных потребителей);

$x_{k i r l}$  — объем заготовки сырьевого сортимента из  $k$ -й ПРК группы древесины в  $i$ -й лесосырьевой базе для переработки «на месте» в  $r$ -м деревоперерабатывающем производстве на выпуск  $l$ -й продукции;

$x_{k i \psi \varepsilon \rho_2}$  — объемы заготовки сырьевых сортиментов из  $k$ -й древесины в  $i$ -й лесосырьевой базе и последующей переработки их на продукцию  $\varepsilon$  в  $\psi$ -м лесоперерабатывающем предприятии ВЛПК, расположенном в  $\rho_2$  пункте района;

$x_{s k i}$  — объем заготовки  $s$ -го сырьевого сортимента из  $k$ -й древесины в  $i$ -й лесосырьевой базе для поставки за пределы района (без конкретизации внерайонных потребителей).

Сформулируем ограничения задачи, отражающие связи между целью и факторами, от которых зависит результат решения проблемы развития и размещения производств ВЛПК. В данном случае это объективные условия, в которых находятся предприятия комплекса.

Условия соответствия общих объемов заготовки древесины в лесосырьевых базах ВЛПК годовым объемам отвода леса в рубку ( $Q_i$ ) в пределах расчетной лесосеки:

$$\sum_{i, k, \rho}^{J, E, P} x_{j_1 k l \rho_1} + \sum_{j, k}^{J, E} x_{j_2 k l} + \sum_{j, k}^{J, E} x_{j_3 k l} + \sum_{k, r, l}^{\xi, R, L} x_{k i r l} + \sum_{k, \psi, \varepsilon, \rho}^{\xi, W, E, P} x_{k i \psi \varepsilon \rho_2} + \sum_{s, k}^{S, \xi} x_{s k i} \leq Q_i, \quad i = \overline{1, m}. \quad (1)$$

Условия соответствия общих объемов заготовки различных сортиментов в лесосырьевых базах комплекса запасам древесины, дифференцированным по ПРК группам и при соблюдении действующих ГОСТ:

$$\sum_{j, \rho}^{J, P} x_{j,ki\rho_1} + \sum_{j=1}^J x_{j_2ki} + \sum_{j=1}^J x_{j_3ki} + \sum_{r, l}^{R, L} x_{kir l} + \sum_{\psi, s, \rho}^{W, E, P} x_{ki\psi\rho_2} + \sum_{s=1}^S x_{ski} \leq q_{ki}, \quad \begin{cases} k = \overline{1, \xi}; \\ i = \overline{1, m}. \end{cases} \quad (2)$$

Ограничения, характеризующие условия выполнения плановых заданий по заготовкам и поставкам товарных сортиментов круглых лесоматериалов внутрирайонным потребителям, в соответствии с их потребностями:

$$\sum_{k, l}^{\xi, m} x_{j,ki\rho_1} = P_{j\rho_1}, \quad \begin{cases} j_1 = \overline{1, J_1}; \\ \rho_1 = \overline{1, P_1}. \end{cases} \quad (3)$$

Ограничения, характеризующие условия заготовки товарных сортиментов круглых лесоматериалов для обеспечения потребности ЛЗП на капремонт и строительство, в соответствии с выделенными лимитами:

$$\sum_{k=1}^{\xi} x_{j_2ki} = P_{j_2i}, \quad \begin{cases} j_2 = \overline{1, J_2}; \\ i = \overline{1, m}. \end{cases} \quad (4)$$

В тех случаях, когда по условию развития ВЛПК часть заготовленной древесины должна поставляться за пределы района, в модель задачи включаются ограничения по заготовке и поставке товарных и сырьевых сортиментов за пределы района расположения ЛПК:

$$\sum_{k, l}^{\xi, m} x_{j_3ki} = P_{j_3}, \quad j_3 = \overline{1, J_3}; \quad (5)$$

$$\sum_{k, l}^{\xi, m} x_{ski} = P_s, \quad s = \overline{1, S}. \quad (6)$$

Теперь сформулируем ограничения, отражающие условия развития и размещения (оптимальные размеры по переработке сырья, объемы производства и распределения готовой продукции по укрупненному ассортименту) деревоперерабатывающих производств (цехов), расположенных на нижних складах ЛЗП.

Условия развития лесопильных и шпалорезных производств (цехов), перерабатывающих только первичное сырье:

$$\sum_{k, l}^{\xi, L} x_{kir l} = M'_r y_{ri}, \quad \begin{cases} r = \overline{1, R}; \\ i = \overline{1, m}; \end{cases} \quad (7)$$

в разрешимом виде

$$\sum_{k, l}^{\xi, L} x_{kir l} - M'_r y_{ri} = 0, \quad \begin{cases} r = \overline{1, R}; \\ i = \overline{1, m}. \end{cases} \quad (7')$$

Здесь оптимальный размер деревоперерабатывающего производства выражен через суммарный объем переработки сырья в деревоперерабатывающем цехе, который должен быть равен величине, кратной минимальной типовой мощности цеха (или потока, агрегата) —  $M'_r$ . На иско-

мые переменные  $y$ , характеризующие коэффициент кратности, налагаются ограничения:  $y = 0, 1, 2, 3, \dots$  — для новых производств;  $y' = 1(2), 3, \dots$  — для действующих, возможных к расширению; здесь нижняя граница устанавливается в зависимости от достигнутого объема производства. Разность между оптимальным и достигнутым объемами будет характеризовать развитие производства в планируемом перспективном периоде.

Условия выпуска готовой продукции (по укрупненному ассортименту) в деревоперерабатывающих производствах ЛЗП, распределения ее между внутрирайонными потребителями и поставками за пределы района расположения ЛПК:

$$\sum_{k=1}^{\xi} \eta_{lkir} x_{kirl} = \sum_{p_3=1}^{P_3} x_{lrip_3} + x_{lri}, \quad \begin{cases} l = \overline{1, L}; \\ r = \overline{1, R}; \\ i = \overline{1, m}; \end{cases} \quad (8)$$

в разрешимом виде

$$\sum_{k=1}^{\xi} \eta_{lkir} x_{kirl} - \sum_{p_3=1}^{P_3} x_{lrip_3} - x_{lri} = 0, \quad \begin{cases} l = \overline{1, L}; \\ r = \overline{1, R}; \\ i = \overline{1, m}. \end{cases} \quad (8')$$

Здесь  $\eta_{lkir}$  — коэффициент полезного выхода  $l$ -й продукции из  $k$ -й древесины, переработанной в  $r$ -м деревоперерабатывающем производстве  $i$ -го ЛЗП;

$x_{lrip_3}$  — объем выпуска  $l$ -й готовой продукции в  $r$ -м производстве  $i$ -го ЛЗП для поставки внутрирайонному потребителю —  $p_3$ ;

$x_{lri}$  — то же для поставки за пределы района расположения ЛПК (без конкретизации потребителей).

Условия (7'), характеризующие оптимальные размеры деревоперерабатывающих производств, в решении задачи могут быть выражены объемом производства условной готовой продукции, в которой выражена минимальная типовая мощность  $M_r''$ :

$$\sum_{l, p_3}^{L, P_3} \omega_{lr} x_{lrip_3} + \sum_{l=1}^L \omega_{lr} x_{lri} - M_r'' y_{ri} = 0, \quad \begin{cases} r = \overline{1, R}; \\ i = \overline{1, m}. \end{cases} \quad (7'')$$

Здесь  $\omega$  — коэффициенты приведения разных видов продукции к одному условному.

В ряде деревоперерабатывающих производств (тарном, ДСП, щепы), помимо первичного сырья, перерабатываются отходы от раскряжевки, лесопиления, шпалопиления и др. в качестве вторичного сырья.

Ограничительные условия на выпуск готовой продукции ( $l'$ ) на нижних складах ЛЗП и дальнейшему использованию их (наряду с первичным сырьем) в соответствующих деревоперерабатывающих производствах представлены следующими системами линейных уравнений.

Условия образования объемов вторичного сырья (по видам) на нижних складах ЛЗП:

$$\sum_{j, k, p_1}^{J, \xi, P_1} \gamma_{k'ki} x_{j,kip_1} + \sum_{j, k}^{J, \xi} \gamma_{k'ki} x_{j_2ki} + \sum_{j, k}^{J, \xi} \gamma_{k'ki} x_{j_3ki} + \sum_{k, r, l}^{\xi, R, L} \gamma_{k'ki} x_{kirl} + \sum_{k, \psi, \varepsilon, p_3}^{\xi, \Psi, \varepsilon, P_3} \gamma_{k'ki} x_{k\psi\varepsilon p_3} + \sum_{k, s}^{\xi, S} \gamma_{k'ki} x_{skl} - \sum_{r', l'}^{R', L'} x_{k'ir'l'} = 0, \quad \begin{cases} k' = \overline{1, \xi'}; \\ i = \overline{1, m}. \end{cases} \quad (9)$$

Здесь  $\gamma_{k'ki}$  — коэффициенты, характеризующие нормы образования отходов от раскряжевки и первичной переработки, которые могут использоваться в качестве вторичного сырья;  $\gamma < 1$ ;  
 $x_{k'l'r'l'}$  — объем образования и дальнейшей переработки  $k'$ -го вторичного сырья на выпуск  $l'$ -й продукции в  $r'$ -м деревоперерабатывающем производстве, расположенном на  $i$ -м нижнем складе ЛЗП.

Условия развития деревоперерабатывающих производств (тарного, ДСП, щепы), перерабатывающих первичное и вторичное сырье:

$$\sum_{k, l'}^{\xi, L'} x_{k'l'r'l'} + \sum_{k', l'}^{\xi', L'} \varphi_{k'k} x_{k'l'r'l'} - M'_{r'} y_{r'i} = 0, \quad \begin{cases} r' = \overline{1, R'}; \\ i = \overline{1, m}. \end{cases} \quad (10)$$

Здесь  $\varphi_{k'k}$  — коэффициент взаимозаменяемости первичного сырья ( $k$ ) вторичным ( $k'$ ); если они не равноценны,  $\varphi > 1$ .

В условии (10) оптимальный размер деревоперерабатывающего производства выражается через суммарный объем переработки первичного и вторичного сырья.

Условие выпуска готовой продукции ( $l'$ ) в деревоперерабатывающих производствах ( $r'$ ) ЛЗП, распределения ее между внутрирайонными потребителями и поставками за пределы района расположения ЛПК формируются подобно ограничениям (8'):

$$\sum_{k=1}^{\xi} \eta_{l'kir'} x_{k'l'r'l'} + \sum_{k'=1}^{\xi'} \eta_{l'k'ir'} x_{k'l'r'l'} - \sum_{\rho=1}^P x_{l'r'i\rho_3(2)} - x_{l'r'i} = 0, \quad \begin{cases} l' = \overline{1, L'}; \\ r' = \overline{1, R'}; \\ i = \overline{1, m}. \end{cases} \quad (11)$$

Здесь  $x_{l'r'i\rho_3(2)}$  — объемы поставки, например, щепы на предприятие среднего звена ВЛПК.

Далее сформулируем ограничения, отражающие условия развития и размещения специализированных деревоперерабатывающих производств ( $\psi$ ), т. е. предприятий среднего звена ВЛПК: лесопильно-деревообрабатывающих (ЛДОП), целлюлозно-бумажных (ЦБП), фанерных (ФП) и мебельных (МП), если в них есть производства по переработке сырья.

Условия и объемы выпуска продукции на предприятиях среднего звена, перерабатывающих только первичное сырье, распределения ее между внутрирайонными потребителями и поставками за пределы района:

$$\sum_{k, l}^{\xi, m} \eta_{\varepsilon k\psi\rho_2} x_{k\psi\rho_2} - \sum_{\rho_2=1}^{P_2} x_{\varepsilon\psi\rho_2} - x_{\varepsilon\psi\rho_2} = 0, \quad \begin{cases} \varepsilon = \overline{1, E}; \\ \psi = \overline{1, \Psi}; \\ \rho_2 = \overline{1, P_2}. \end{cases} \quad (12)$$

Оптимальные размеры производств на предприятиях среднего звена, перерабатывающих только первичное сырье, и объемы развития производств на них в планируемом перспективном периоде отражаются условиями:



$$\sum_{\substack{E, P_3 \\ \epsilon, \rho_2}} \omega_{\epsilon\psi} x_{\epsilon\psi\rho_2} + \sum_{\epsilon=1}^E \omega_{\epsilon\psi} x_{\epsilon\psi\rho_2} - M''_{\psi} y_{\psi\rho_2} = 0, \quad \left\{ \begin{array}{l} \psi = \overline{1, \Psi}; \\ \rho_2 = \overline{1, P_2}. \end{array} \right. \quad (13)$$

Условия, характеризующие объемы образования отходов на предприятиях среднего звена, направления использования их в качестве вторичного сырья для выпуска продукции ( $\epsilon'$ ) в соответствующих производствах:

$$\sum_{\substack{\xi, \Psi, E \\ k, \psi, \epsilon}} \gamma_{k'h\rho_2} x_{k\psi\rho_2} - \sum_{\substack{\Psi', E' \\ \psi', \epsilon'}} x_{k'\rho_2\psi'\epsilon'} = 0, \quad \left\{ \begin{array}{l} k' = \overline{1, \xi'}; \\ \rho_2 = \overline{1, P_2}. \end{array} \right. \quad (14)$$

Объемы производства готовой продукции ( $\epsilon'$ ) на предприятиях среднего звена из первичного и вторичного сырья, распределения ее между внутрирайонными потребителями и поставками за пределы района (без конкретизации внерайонных потребителей) характеризуются условиями:

$$\sum_{\substack{\xi, m \\ k, i}} \eta_{\epsilon'k\psi'\rho_2} x_{k\psi'\epsilon'\rho_2} + \sum_{k'=1}^{\xi'} \eta_{\epsilon'k'\psi'\rho_2} x_{k'\rho_2\psi'\epsilon'} - \sum_{\rho_2=1}^{P_2} x_{\epsilon'\psi'\rho_2} - x_{\epsilon'\psi'\rho_2} = 0, \quad \left\{ \begin{array}{l} \epsilon' = \overline{1, E'}; \\ \psi' = \overline{1, \Psi'}; \\ \rho_2 = \overline{1, P_2}. \end{array} \right. \quad (15)$$

На некоторых предприятиях среднего звена, например ЦБП, на выпуск целлюлозы и бумаги, наряду с первичным и вторичным сырьем (балансами и отходами), перерабатываются щепы, поставляемая из ЛЗП и других предприятий, для которых щепы является продукцией (в данной модели —  $l'$ ). В этом случае в ограничения (15) следует ввести

дополнительное слагаемое  $\sum_{\substack{L', m \\ l', i}} \eta_{\epsilon'l'\psi'\rho_2} x_{l'r'\rho_2}$ , характеризующее объем выпуска готовой продукции ( $\epsilon'$ ) на предприятии среднего звена из лесоматериалов ( $l'$ ), поставленных из всех пунктов их производства.

В планируемом перспективном периоде для предприятий среднего звена, в которых перерабатывается первичное и вторичное сырье (например щепы), оптимальные размеры и изменение объемов вытекают из условий:

$$\sum_{\substack{E', P_3 \\ \epsilon', \rho_2}} \omega_{\epsilon'\psi'} x_{\epsilon'\psi'\rho_2} + \sum_{\epsilon'=1}^{E'} \omega_{\epsilon'\psi'} x_{\epsilon'\psi'\rho_2} - M''_{\psi'} y_{\psi'\rho_2} = 0, \quad \left\{ \begin{array}{l} \psi' = \overline{1, \Psi'}; \\ \rho_3 = \overline{1, P_2}. \end{array} \right. \quad (16)$$

Далее сформулируем ограничения по выполнению заданий по поставкам готовой продукции внутрирайонным потребителям и за пределы района расположения ЛПК.

Условия обеспечения готовой продукцией внутрирайонных потребителей в соответствии с их потребностями:

$$\sum_{r, l}^{R, m} x_{lr\rho_2} + \sum_{\substack{\Psi, P_3 \\ \psi, \rho_2}} x_{\epsilon\psi\rho_2} = P_{l(\epsilon)\rho_2}, \quad l = \overline{1, L}; \quad \epsilon = \overline{1, E}; \quad \rho_3 = \overline{1, P_3};$$

(если  $l$  и  $\epsilon$  взаимозаменяемы);

$$\sum_{r', l}^{R', m} x_{l'r'\rho_2(2)} = P_{l'\rho_2(2)}, \quad \sum_{\substack{\Psi, P_2 \\ \psi', \rho_2}} x_{\epsilon'\psi'\rho_2} = P_{\epsilon'\rho_2}; \quad (17)$$

$$l' = \overline{1, L'}; \quad \rho = \overline{1, P}; \quad \epsilon' = \overline{1, E'}; \quad \rho_3 = \overline{1, P_3}.$$

Условия выполнения заданий по поставкам готовой продукции за пределы района:

$$\sum_{r, l}^{R, m} x_{lr} + \sum_{\psi, \rho_2}^{\Psi, P_2} x_{\varepsilon\psi\rho_2} = P_{l(\varepsilon)}, \quad l = \overline{1, L}; \quad \varepsilon = \overline{1, E};$$

$$\sum_{r', i}^{R', m} x_{l'r'i} = P_{l'}, \quad l' = \overline{1, L'}; \quad \sum_{\psi', \rho_2}^{\Psi', P_2} x_{\varepsilon'\psi'\rho_2} = P_{\varepsilon'}, \quad \varepsilon' = \overline{1, E'}. \quad (18)$$

Ограничения (18) составлены без учета конкретных внешерайонных потребителей. Однако, если последние известны и известны пункты (или хотя бы районы) их расположения, в модели задачи можно и нужно учесть эти транспортные связи. Это, безусловно, увеличит размеры задачи, зато приведет к дополнительному общему экономическому эффекту и улучшит планирование и организацию производственных связей между поставщиками и потребителями.

В модель задачи оптимального планирования развития и размещения производств ВЛПК естественно должно быть включено ограничение по использованию лимита денежных средств ( $D$ ), выделенных на капитальное строительство новых и расширение действующих производств и предприятий на планируемый перспективный период.

Это условие в общем виде (без детализации) можно представить в виде линейного неравенства:

$$\sum_{r, i, \psi, \rho_2}^{R, m, \Psi, P_2} dMy + \sum_{r, i, \psi, \rho_2}^{R, m, \Psi', P_2} d'(My' - M^0) \leq D. \quad (19)$$

Здесь  $d$  — капиталовложения на единицу мощности по новому строительству;

$d'$  — удельные капиталовложения на расширение действующих предприятий;

$M^0$  — достигнутая мощность (по переработке сырья или производству готовой продукции) на начало планируемого перспективного периода.

В системе ограничительных условий нами не отражены такие существенные факторы, как возможности обеспечения производств и предприятий энергетическими, трудовыми и некоторыми другими производственными ресурсами. С нашей точки зрения, при решении столь сложной и обширной проблемы, как планирование развития и размещения производств ВЛПК, в модель задачи необходимо включить самые существенные — определяющие условия. Однако, если в каких-то конкретных производственных ситуациях по какому-то производственному ресурсу (например, трудовому или энергетическому) в постановке проблемы есть строгие ограничения, их, безусловно, следует учесть — ввести в модель. Методология формирования подобных ограничительных условий нами [1] и другими авторами рассмотрена в целом ряде работ.

В решении оптимизационных задач исключительно важен выбор критерия оптимальности.

В наиболее простом варианте задачи решаются с одним критерием, например, на максимум суммарной расчетной прибыли или чистой продукции, либо на минимум суммарных приведенных затрат (в данной задаче — на производство и поставку всех видов сырья, материалов и готовой продукции в целом по ВЛПК). При решении проблемы развития и размещения производства предпочтение следует отдавать показателю приведенных затрат ( $c$ ). Уравнение целевой функции для данного случая в общей записи примет вид

$$F(x) = \sum_{i, r, \psi, \rho}^{m, R, \Psi, P} c x = \min \quad (20)$$

или с учетом нелинейной зависимости приведенных затрат на производство

$$F(x) = \sum_{i, r, \psi}^{m, R, \Psi} c'(x) x + \sum_{i, \rho_2, \rho_3}^{m, P_2, P_3} c'' x = \min. \quad (21)$$

Здесь  $c'(x) x$  — функциональная зависимость приведенных затрат на производство от изменения его объема;  
 $c'' x$  — затраты на поставку.

Решение задачи может быть многовариантным, с последовательным использованием разных критериев оптимальности. Затем по результатам качественного анализа принимается предпочтительный или компромиссный вариант.

Наконец, критерий оптимальности может представлять собой систему разнообразных научно-технических, экономических и производственных требований, для чего используются различные способы сопоставления — балльные оценки, ранжирование и др. [1].

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Коробов П. Н. Оптимизация проекта производственной программы предприятий объединения // Лесн. журн.— 1987.— № 4.— С. 104—109.— (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 23 июня 1987 г.

УДК 630\*78

### МОДЕЛИРОВАНИЕ СЕБЕСТОИМОСТИ ГРУЗОВОЙ РАБОТЫ ЛЕСОВОЗНОГО ТРАНСПОРТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СЕЗОННОСТИ И ОБЪЕМОВ ВЫВОЗКИ ДРЕВЕСИНЫ

А. Д. КИРСАНОВ, П. М. МАЗУРКИН

Марийский политехнический институт

Сезонные колебания объемов вывозки влияют на технико-экономические показатели лесозаготовительных предприятий. Цель статьи — показать возможность эвристико-математического моделирования влияния сезонности и объемов вывозки на себестоимость грузовой работы по конкретной производственно-технологической информации.

Для параметрической идентификации была собрана информация по ряду лесозаготовительных предприятий, расположенных в различных районах страны (табл. 1). Себестоимость вывозки древесины выражена в виде машинош и дорожной составляющих. Машинная составляющая включает: заработную плату водителей, стоимость горюче-смазочных материалов, запасных частей, затраты на амортизацию, техническое обслуживание и ремонт подвижного состава. В дорожную составляющую включены затраты на строительство, ремонт и содержание лесовозных дорог.

Данные табл. 1 показывают, что в леспромпхозах на базе автомобильных дорог месячные объемы вывозки в зимний период значительно возрастают. В это время лесовозные автомобильные дороги обеспечивают доступ практически в любой участок лесфонда. В весенне-осенний

Лесовозная дорога, леспромхоз и объединение	Сред- нее рас- сто- яние вы- возки, км	Объем вывозки древесины, тыс. м <sup>3</sup> (числитель)				
		I	II	III	IV	V
Пионерская автодорога, Пионерский ЛПХ, Тюменьлеспром	35	$\frac{91,5}{5,10}$	$\frac{90,4}{4,96}$	$\frac{97,0}{4,93}$	$\frac{48,0}{7,72}$	$\frac{29,3}{11,27}$
Самзасская автодорога, Самзасский ЛПХ, Тюменьлеспром	42	$\frac{42,6}{5,96}$	$\frac{42,8}{6,01}$	$\frac{44,4}{5,44}$	$\frac{29,5}{7,88}$	$\frac{24,4}{9,46}$
Н-Вазюгская автодорога, Опаринский ЛПХ, Кировлеспром	29	$\frac{33,7}{6,08}$	$\frac{32,2}{6,32}$	$\frac{35,5}{5,86}$	$\frac{7,3}{16,28}$	$\frac{7,1}{16,81}$
Скрябинская автодорога, Пиногоский ЛПХ, Кировлеспром	27	$\frac{22,3}{4,43}$	$\frac{18,7}{5,21}$	$\frac{24,4}{4,52}$	$\frac{10,1}{9,79}$	$\frac{7,4}{12,73}$
Шоношская УЖД, Шоношский ЛПХ, Архангельсклеспром	30	$\frac{5,6}{15,76}$	$\frac{5,8}{16,83}$	$\frac{6,3}{16,26}$	$\frac{9,2}{12,64}$	$\frac{12,4}{9,97}$
Коуровская УЖД, Коуровский ЛПХ, Свердловлеспром	48	$\frac{10,3}{10,23}$	$\frac{8,8}{11,57}$	$\frac{8,4}{11,46}$	$\frac{14,3}{7,86}$	$\frac{17,3}{7,23}$
Опаринская УЖД, Опаринский ЛПХ, Кировлеспром	44	$\frac{36,2}{5,86}$	$\frac{35,3}{6,07}$	$\frac{40,0}{5,72}$	$\frac{28,8}{6,54}$	$\frac{22,0}{7,46}$
Семигородняя УЖД, Семигородний ЛПХ, Вологдалеспром	71	$\frac{62,4}{4,92}$	$\frac{58,2}{5,02}$	$\frac{62,0}{4,86}$	$\frac{44,7}{5,64}$	$\frac{41,2}{5,91}$
Алапаевская УЖД, Алапаевсклес, Свердловлеспром	97	$\frac{95,0}{4,36}$	$\frac{90,6}{4,54}$	$\frac{100,4}{4,33}$	$\frac{94,2}{4,58}$	$\frac{91,5}{4,67}$

период, а также летом из-за недостаточного количества дорог круглогодического действия и лесовозных усов, вывозка древесины резко снижается. Так, в Пионерском ЛПХ во II и III кварталах вывозка леса снижается по сравнению с I кварталом более чем в 2 раза. Аналогичное явление наблюдается и при вывозке леса автомобильным транспортом в других леспромхозах. По этой причине не полностью используются основные производственные фонды и рабочая сила. Большая часть лесовозных автопоездов в весенне-осенний и летний периоды простаивает, что ведет к снижению экономической эффективности производства и, в частности, к увеличению себестоимости лесопродукции. В зимний период в связи с увеличением объемов вывозки достигается относительно низкая себестоимость: по сравнению с весенне-осенним и летним сезонами себестоимость 1 м<sup>3</sup> · км грузовой работы в это время уменьшается в 2...3 раза. Наиболее высока она в мае, когда объемы вывозки снижаются в 3 раза и более.

По сравнению с автомобильным транспортом, работа УЖД в меньшей степени зависит от почвенно-климатических условий, поэтому сезонные колебания объемов вывозки и себестоимости меньше. Так, в Опаринском и Семигороднем ЛПХ в зимний период объем вывозки по УЖД возрастает в 1,2...1,5 раза, а себестоимость грузовой работы по сравнению с другими периодами года снижается в 1,1...1,3 раза. В весенне-осенний и летний периоды года месячные объемы вывозки древесины больших колебаний не имеют, в связи с чем и колебания себестоимости грузовой работы не превышают 15...20 %.

Таблица 1

и себестоимость, к./( $m^3 \cdot км$ ) (знаменатель)

VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Итого за год
$\frac{41,3}{8,21}$	$\frac{58,2}{6,83}$	$\frac{40,6}{9,24}$	$\frac{35,8}{10,30}$	$\frac{43,3}{8,96}$	$\frac{70,0}{5,21}$	$\frac{94,1}{5,02}$	$\frac{739,5}{6,49}$
$\frac{30,8}{7,13}$	$\frac{26,7}{8,42}$	$\frac{29,3}{7,71}$	$\frac{25,2}{8,82}$	$\frac{22,7}{9,67}$	$\frac{39,9}{6,36}$	$\frac{48,9}{5,38}$	$\frac{407,2}{6,98}$
$\frac{10,6}{12,56}$	$\frac{10,8}{13,91}$	$\frac{9,5}{14,25}$	$\frac{10,5}{14,98}$	$\frac{11,4}{13,21}$	$\frac{14,5}{9,57}$	$\frac{27,2}{6,48}$	$\frac{210,3}{9,02}$
$\frac{10,9}{9,68}$	$\frac{13,7}{9,42}$	$\frac{12,7}{8,28}$	$\frac{12,3}{8,93}$	$\frac{13,6}{8,51}$	$\frac{12,5}{7,38}$	$\frac{20,3}{5,01}$	$\frac{178,9}{7,03}$
$\frac{12,8}{9,82}$	$\frac{12,6}{10,05}$	$\frac{14,3}{9,21}$	$\frac{13,9}{9,03}$	$\frac{14,8}{8,96}$	$\frac{10,6}{11,87}$	$\frac{5,1}{17,38}$	$\frac{123,4}{11,22}$
$\frac{21,9}{6,42}$	$\frac{20,6}{6,59}$	$\frac{24,7}{5,87}$	$\frac{20,9}{6,61}$	$\frac{23,1}{6,32}$	$\frac{18,3}{7,08}$	$\frac{12,6}{8,71}$	$\frac{201,2}{7,38}$
$\frac{26,3}{6,84}$	$\frac{30,5}{6,48}$	$\frac{26,2}{6,76}$	$\frac{24,9}{6,88}$	$\frac{28,2}{7,08}$	$\frac{22,4}{7,32}$	$\frac{29,1}{6,24}$	$\frac{349,9}{6,51}$
$\frac{43,1}{5,94}$	$\frac{39,3}{6,32}$	$\frac{40,2}{6,19}$	$\frac{42,2}{6,26}$	$\frac{43,9}{5,83}$	$\frac{41,9}{6,03}$	$\frac{51,1}{5,25}$	$\frac{570,2}{5,59}$
$\frac{91,1}{4,72}$	$\frac{91,8}{4,69}$	$\frac{95,9}{4,63}$	$\frac{94,7}{4,57}$	$\frac{97,4}{4,51}$	$\frac{87,5}{4,66}$	$\frac{95,5}{4,59}$	$\frac{1125,6}{4,57}$

Для характеристики зависимости себестоимости  $1 m^3 \cdot км$  грузовой работы от сезона года, месяца в сезоне и месячного объема вывозки  $C = (f, S, N, Q)$  введем следующие обозначения:  $C$  — себестоимость  $1 m^3 \cdot км$  грузовой работы;  $S$  — код сезона: 1 — зимний, 2 — летний, 3 — осенний, 4 — весенний (ранжирование принято по принципу ухудшения условий работы лесотранспорта);  $N$  — порядковый номер месяца в сезоне;  $Q$  — объем вывозки древесины в месяц, тыс.  $m^3$ .

В табл. 2 показано соответствие шкалы сезонности и календарных месяцев (римскими цифрами) для территорий, где расположены лесозаготовительные предприятия (по данным дорожно-климатического районирования [3, с. 174]).

В соответствии с методикой эвристико-математического моделирования [1] на основе изучения сущности влияния отдельных факторов нами разработана конструкция модели вида

$$C = \frac{(a_1 + a_2 S^{a_3})(a_4 + a_5 N + a_6 N^2)}{Q^{a_7}}, \quad (1)$$

где  $a_1, \dots, a_7$  — коэффициенты регрессии.

В табл. 3 приведены значения параметров модели (1) для различных дорог. Для нахождения значений параметров  $a_1, \dots, a_7$  использованы методы случайного поиска.

Статистические показатели сходимости математической модели с фактическими данными приведены в табл. 4. Данные таблицы показывают высокую точность математического моделирования влияния при-

Таблица 2

	Код сезона			
	1	2	3	4
Лесопромышленное объединение				
Архангельсклеспром, Вологодлеспром, Кировлеспром, Свердловсклеспром	XII, I, II, III	VI, VII, VIII	IX, X, XI	IV, V
Тюменьлеспром	XI, XII, I, II, III	VI, VII, VIII	IX, X	IV, V

Таблица 3

Дорога	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$	$a_6$	$a_7$
Пионерская	+14,3220	+0,2528	+0,2273	+10,645	+0,1911	+0,0226	+0,7814
Самзасская	+5,3137	+0,3549	+0,8873	+7,4834	+0,0062	-0,0132	+0,5186
Н.Вазюгская	+8,2684	+0,3458	+0,7737	+6,0296	+0,0145	-0,0310	+0,5940
Скрябинская	+16,7722	+0,5114	+0,1345	+4,0963	+0,0587	-0,0446	+0,8397
Шоношская	+6,9353	-0,1616	+1,0145	+5,9237	-0,0005	+0,0269	+0,5255
Коуровская	+14,2723	-0,0182	+2,5377	+2,9916	+0,0147	-0,0026	+0,6144
Опаринская	+6,5140	+0,1717	+0,9867	+2,4196	+0,0067	+0,0001	+0,2780
Семнгородная	+11,2308	+0,5897	+0,5139	+3,9656	-0,0203	+0,0125	+0,5572
Алапаевская	+3,6468	+0,0301	+0,8571	+3,5674	-0,0345	+0,0021	+0,2301

нятых факторов  $S$ ,  $N$  и  $Q$  на себестоимость грузовой работы. Во всех случаях максимальное отклонение теоретических значений себестоимости от экспериментальных, значительно ниже допустимой точности технологических исследований, которая по данным [3] составляет 30 %.

Данные табл. 3 и 4 показывают высокую адекватность модели (1) условиям функционирования различных лесовозных дорог. Модель (1) действительна для различных дорожно-климатических районов страны. Конкретные значения параметров  $a_1, \dots, a_7$  модели (1) необходимо рассчитывать для конкретного места и времени.

Приведенные в табл. 3 модели позволяют получить расчетно обоснованные значения себестоимости грузовой работы на вывозке древесины в леспромхозах, для которых значения  $S$ ,  $N$  и  $Q$  приближаются к приведенным в табл. 1. Параметрическая идентификация модели (1) по конкретной производственно-технологической информации возможна

Таблица 4

Дорога	Среднее квадратичное отклонение, к./( $m^3 \cdot км$ )	Кэф-фициент изменчивости, %	Показатель точности, %	Максимальное отклонение себестоимости, %
Пионерская	0,346	4,73	1,36	+9,85
Самзасская	0,299	4,06	1,17	+7,07
Н-Вазюгская	0,828	7,29	2,10	+12,35
Скрябинская	0,704	8,99	2,59	-17,54
Шопошская	0,575	4,67	1,35	+9,31
Коуровская	0,165	2,06	0,60	+3,65
Оларинская	0,165	2,50	0,72	+4,77
Семигородняя	0,176	3,09	0,89	+5,31
Алапаевская	0,084	1,83	0,53	+3,74

с использованием микро-ЭВМ, что позволяет эффективно использовать АСУТП вывозки древесины.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Бызов В. И., Мазуркин П. М. Резервы производительности оборудования лесопильно-деревообрабатывающих цехов // Деревообаб. пром-сть.—1985.— № 1.— С. 19—20. [2]. Веденяпин Г. В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных.— М.: Колос, 1973.— 200 с. [3]. Инструкция по проектированию лесозаготовительных предприятий (ВСН-01-02).— Л.: Гипролестранс, 1983.— 186 с.

Поступила 5 июня 1987 г.

УДК [630\*839 : 674.8].003.13

**ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ ЛЕНЛЕС**

*А. П. ПЕТРОВ, ХОАНГ МИНЬ КХАИ*

Ленинградская лесотехническая академия

Основное направление повышения эффективности отраслей лесного комплекса — совершенствование структуры потребления древесины на базе развития производств по химической и химико-механической переработке сырья. Структура потребления древесины — один из важнейших показателей использования лесных ресурсов в стране и в отдельных районах.

Существующая в Ленинградской области структура потребления древесины — результат экстенсивного развития отраслей лесного комплекса по линии наращивания объемов лесозаготовок при отсутствии достаточных производственных мощностей по переработке низкокачественной древесины и отходов.

Объем лесозаготовок в области составляет 6,2 млн м<sup>3</sup>. Однако для удовлетворения потребности в сырье необходимо ежегодно завозить 2,5 млн м<sup>3</sup> древесины, или 30 % к общему объему потребления. Завозят в основном хвойные балансы и пиловочник, предназначенные для переработки химическими методами. С учетом привозной древесины химическими и химико-механическими методами перерабатывается около 42 %, включая отходы. Если исключить привозное сырье для целлюлозно-бумажной промышленности, структура потребления будет иной: переработка древесины химическим и химико-механическим методами составит лишь 14 %.

Характеристика отраслей лесного комплекса Ленинградской области приведена в табл. 1.

Таблица 1

Вид перерабатывающего производства	Единицы измерения	Объем производства	Потреблено древесного сырья			
			всего, тыс. м <sup>3</sup>	в том числе		Доля, %
				дрова	отходы	
Механическая переработка:			3 230	200	50	36,8
лесопиление	тыс. м <sup>3</sup>	882,6	2 300			26,2
таропиление	»	} 236,2	462			5,3
прочие	»		468	200	50	5,3
Химико-механическая переработка:			598		134	6,8
фанера	»	84,9	290			3,3
ДВП	млн м <sup>2</sup>	8,9	63		33	0,7
ДСП	тыс. м <sup>3</sup>	156,2	245		101	2,8
Химическая переработка:			3 047		204	34,7
сульфитная целлюлоза	тыс. т	451,1	} 2 793			27
сульфатная »	»	126,2				
этиловый спирт	млн дкл	3,5	} 254		177	2,9
кормовые дрожжи	тыс. т	17,3				
Потребление в круглом виде			1 905	1 100	205	21,7

Интенсивным направлением улучшения структуры потребления древесного сырья является использование древесных отходов, позволяющее расширить сырьевую базу деревоперерабатывающих отраслей без значительного увеличения объемов лесозаготовок.

Для стимулирования промышленной переработки древесных отходов важна оценка их доступности. В настоящее время этот вопрос решается преимущественно с ведомственных позиций без учета интересов народного хозяйства.

Расчет эффективности использования древесных отходов по отдельным районам включает: 1) определение (на базе нормативов) реальных отходов по видам; 2) определение затрат на освоение ресурсов по различным технологическим вариантам; 3) обоснование производственных мощностей по переработке отходов; 4) расчет предельных цен на отходы, отражающих условия их эффективного потребления; 5) обоснование доступности ресурсов отходов по условиям хозрасчетного, межотраслевого и народнохозяйственного эффекта.

Ресурсы отходов древесного сырья в объединении Ленлес формируются из отходов лесозаготовок и первичной переработки. Реальные ресурсы отходов  $V$  рассчитывают в принятой классификации по формуле

$$V = N \frac{\alpha}{100}, \quad (1)$$

где  $N$  — объем сырья, относительно которого определяются ресурсы отходов;

$\alpha$  — норматив образования отходов.

Ресурсы древесных отходов на предприятиях объединения Ленлес в 1985 г. (тыс. м<sup>3</sup>) приведены в табл. 2.

Как видно из табл. 2, в 1985 г. ресурсы древесных отходов в целом по объединению определены в размере 559,6 тыс. м<sup>3</sup>, в том числе лесосечные — 207,4, от раскряжевки — 53,9, от первичной переработки — 298,3 тыс. м<sup>3</sup>. В отходах первичной переработки кусковые составляют 184,5 тыс. м<sup>3</sup>, из них хвойные — 32 тыс. м<sup>3</sup>. Ныне на предприятиях объединения отходы используют, главным образом, для производства товаров культурно-бытового назначения, хозяйственного обихода, в качестве топлива. В промышленную переработку (производство целлю-



Таблица 2

Предприятие	Отходы лесозаготовок		Отходы переработки		Ресурсы отходов на предприятии		Объем вывозки древесины ОВ	Свободный остаток, % к ОВ
	Всего	Свободный остаток	Всего	Свободный остаток	Всего	Свободный остаток		
Винницкий ЛПХ	16,3	7,4	2,2	1,8	18,5	9,2	251,0	3,7
Волосовский »	25,1	21,6	19,6	1,2	44,7	22,8	379,5	6,0
Ефимовский »	19,3	19,3	24,7	9,5	44,0	28,8	290,8	9,9
Кингисеппский »	13,8	12,2	13,8	6,9	27,6	19,1	208,0	9,2
Киришский »	26,4	22,4	13,7	7,5	40,1	29,9	399,2	7,5
Лодейнопольский »	20,6	4,7	29,6	0,4	50,2	5,1	309,5	1,6
Пашский »	20,7	19,7	24,4	—	45,1	19,7	315,1	6,3
Подборовский »	15,2	12,2	28,7	0,6	43,9	12,8	224,0	5,7
Подпорожский »	28,2	28,2	12,2	8,4	40,4	36,6	423,8	8,6
Тихвинский »	34,1	34,1	35,0	15,2	70,0	49,3	516,6	9,5
Тосненский »	14,7	13,7	10,9	3,1	25,6	16,8	223,3	7,5
Красноборский »	6,2	6,2	1,6	1,6	7,8	7,8	93,4	8,4
Оятский »	13,7	12,1	1,3	1,0	15,0	13,1	210,4	6,2
Оятская СК	3,4	3,4	14,4	2,3	17,8	5,7	51,7	11,0
Сплавной участок	1,9	1,9	1,2	1,2	3,1	3,1	28,0	11,1
Лесотарный комбинат	1,7	1,7	64,1	24,9	65,8	26,6	25,7	—
Всего по объединению	261,3	220,8	298,3	85,6	559,6	306,4	3 950,0	7,8

лозы, ДСП и т. д.) идет лишь 3,8 % общего объема ресурсов. В большинстве предприятий объединения отходы не находили промышленного применения.

Доступность ресурсов отходов оценивают на всех предприятиях объединения по вариантам производства: А — из отходов первичной переработки вырабатывают окоренную технологическую щепу для производства сульфатной целлюлозы; Б — из отходов лесозаготовок получают неокоренную технологическую щепу, для производства древесных плит и гидролиза.

Затраты на освоение ресурсов отходов при их переработке на технологическую щепу по обоим вариантам можно рассчитать по формуле

$$C_n = bn + q + p, \quad (2)$$

где  $C_n$  — нормативная стоимость освоения ресурсов отходов;  
 $b$  — исходная оценка стоимости древесных отходов;  
 $n$  — расход отходов на 1 м<sup>3</sup> щепы;  
 $q$  — затраты на производство щепы без стоимости сырья;  
 $p$  — нормативная прибыль на базе удельной фондоемкости производства щепы.

В свою очередь,

$$q = X_1, X_2, X_3, \dots, X_k, \quad (3)$$

где  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_k$  — факторы, определяющие уровень затрат на производство щепы (принимаются по данным исследований).

Предельная цена на щепу по всем видам производства равна

$$a = \frac{z_k - Q - P}{m}, \quad (4)$$

где  $a$  — предельная цена 1 м<sup>3</sup> щепы франко-потребитель;  
 $z_k$  — оптовая цена конечной продукции;  
 $Q$  — затраты на переработку технологической щепы;  
 $P$  — нормативная прибыль на единицу конечной продукции в связи с фондоемкостью;  
 $m$  — норма расхода щепы на единицу конечной продукции.

Предельную цену на щепу определяют по всей совокупности предприятий области, по всем видам производства конечной продукции (принимается по данным исследований).

Доступность ресурсов отходов по хозрасчетному критерию устанавливают сравнением нормативной стоимости освоения ресурсов с оптовой ценой. Ресурсы отходов доступны, если выполняется условие:

$$z \geq C_n, \quad (5)$$

где  $z$  — оптовая цена щепы франко-станция отправления (принимается по прейскуранту 07—03—1982).

Доступность ресурсов отходов по межотраслевому критерию определяют сравнением нормативной стоимости производства щепы с ее предельной ценой. Ресурсы экономически доступны при выполнении условия

$$a \geq C_n. \quad (6)$$

Доступность ресурсов отходов по народнохозяйственному критерию можно выразить неравенством

$$a + \Sigma \Delta \mathcal{E} \geq C_n, \quad (7)$$

где  $\Sigma \Delta \mathcal{E}$  — дополнительный эффект, обусловленный экономией транспортных расходов и капитальных вложений в развитие лесозаготовок в многолесных районах.

Эффект в сфере транспорта древесины, установленный по замыкающим затратам на ввоз древесины в районы Северо-Запада, принят равным 3 р./м<sup>3</sup>. Эффект от экономии капитальных вложений в лесозаготовительное производство получен расчетным путем для каждого варианта освоения ресурсов как разница между нормативной удельной фондоемкостью лесозаготовительного производства во вновь осваиваемых многолесных районах (принимаемой в расчетах 30 р./м<sup>3</sup>) и удельной фондоемкостью производства щепы по рассматриваемым вариантам с учетом нормативного коэффициента экономической эффективности ( $E_n = 0,15$ ).

Сравнительная оценка различных методов измерения доступности отходов приведена на примере производственного объединения Ленлес Ленинградской области.

Оценка по хозрасчетному критерию показывает, что ресурсы отходов в объединении экономически малодоступны или недоступны для производства щепы, что видно из табл. 3. При существующей оптовой цене на технологическую щепу ее производство из отходов лесозаготовок (вариант Б) будет убыточным. Например, оптовая цена франко-станция отправления щепы для гидролиза из отходов лесозаготовок составляет 7,8 р./м<sup>3</sup> при возможной себестоимости ее производства от 11 до 13 р./м<sup>3</sup>. Практически это означает, что леспромхозы объединения не будут материально заинтересованы в переработке отходов лесозаготовок на щепу, и они будут оставаться в лесу. Таким образом, оценка доступности ресурсов отходов на уровне предприятий не создает экономических предпосылок для комплексного использования древесного сырья в объединении.

Таблица 3

Предприятие	Реальные ресурсы отходов, тыс. м <sup>3</sup>	Экономически доступные ресурсы отходов по различным критериям эффективности, тыс. м <sup>3</sup>		
		отраслевой	межотраслевой	народнохозяйственной
Винницкий ЛПХ	18,5	—	16,3	17,7
Волосовский »	44,7	12,1	37,2	37,2
Ефимовский »	44,0	—	32,7	33,7
Кингисеппский »	27,6	8,4	15,3	22,2
Киришский »	40,1	8,6	17,9	35,0
Лодейнопольский »	50,2	14,1	38,5	38,5
Пашский »	45,1	15,1	35,8	35,8
Подборовский »	43,9	—	17,3	32,5
Подпорожский »	40,4	7,3	28,1	35,5
Тихвинский »	70,0	22,1	44,9	56,2
Тосненский »	25,6	6,7	21,4	21,4
Красноборский »	7,8	—	6,2	6,2
Оятский »	15,0	—	13,7	13,7
Оятская СК	17,8	9,0	10,5	12,4
Сплавной участок	3,1	—	—	2,8
Лесотарный комбинат	65,8	41,6	42,2	43,3
Всего по объединению, % к объему реальных ресурсов	559,6 100	145,0 26	378,0 67,5	408,6 73

Оценка на уровне отраслей и народного хозяйства показывает, что ресурсы экономически доступных отходов в объединении достаточно большие.

### Выводы

1. На всех предприятиях объединения образуются значительные отходы, однако они мало концентрированы, размещены неравномерно по местам образования, видам и количеству. Для полного и эффективного использования всей биомассы лесосечного фонда, особенно ресурсов отходов, необходимы разработка и внедрение технологических процессов, обеспечивающих заготовку, сбор, транспортировку отходов, и создание производственных мощностей по переработке отходов в конечную продукцию.

2. Оценка доступности ресурсов отходов на уровне предприятий не стимулирует использования образующихся отходов на предприятиях объединения. Необходима оценка на уровне отраслей и народного хозяйства.

3. Для обеспечения хозрасчетной эффективности производства технологической щепы необходимо повышение цен ее реализации, особенно на листовую щепу, что экономически оправдано условиями потребления. Снижение затрат на производство щепы может быть достигнуто за счет увеличения концентрации отходов. Для этого необходима организация освоения отходов на началах кооперации с привлечением всех заготовителей независимо от ведомственной подчиненности.

Поступила 3 февраля 1987 г.

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 630\*905.2

ДОСТИЖЕНИЯ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА  
В ЛЕНТОЧНЫХ БОРАХ АЛТАЯ  
ЗА ГОДЫ СОВЕТСКОЙ ВЛАСТИ

А. Д. ЛОЗОВОЙ, Н. Г. КОСАРЕВ, И. В. СЫЧЕВ

Воронежский лесотехнический институт  
Алтайское управление лесного хозяйства

Один из широко известных лесных массивов Западной Сибири — ленточные боры Алтайского края. Они протянулись в междуречье Оби и Иртыша в виде лент шириной от 6 до 60 км на расстояние до 300 км. Основная древесная порода здесь — сосна обыкновенная. Климатические условия сухой Кулундинской степи весьма суровы, поэтому произрастание здесь других аборигенных, но менее засухоустойчивых пород массивами практически невозможно.

Ленточные боры Алтайского края имеют довольно богатую историю. Дошедшие до наших дней сведения указывают, что организованное вовлечение лесов этого района в хозяйственную деятельность относится к началу XVIII столетия, когда здесь были открыты медные и серебряные руды и построены заводы по их переработке. С этого времени все леса, прилежавшие к заводам, стали основным источником строительных материалов, топлива, древесного угля и другой продукции. Заготовка древесины велась в основном сплошнолесосечным и присковым способами [1, 2]. Рубки в тот период носили бессистемный характер и оголяли обширные территории, некогда покрытые лесом.

Первое межевание ленточных боров было начато в 20-х гг. XIX столетия [2]. Оно не было доведено до конца из-за несовершенства съемки, хотя и проводилось до 1854 г. Вернулись к генеральному межеванию только в 1895—1896 гг.

После Великой Октябрьской социалистической революции ленточные боры Алтая стали народным достоянием. Лесоустройство 1927—1929 гг. образovalo на территории немногим более 1 млн га 3 лесхоза (Южно-Боровой, Кулундинский и Спиринский) и 7 лесничеств (Барнаульское, Бахматовское, Касмалинское, Павловское, Сростинское, Лебяжинское и Тополинское). В составе 3 лесхозов был 21 учлесхоз (по названию лесных дач). Леса к этому времени представляли неприглядную картину. Так, покрытая лесом площадь по отдельным лесхозам и лесничествам доходила до 11,2 % (Бахматовское лесничество), не покрытая лесом площадь составляла 40 %, а нелесная — 23 %. И это в тот период, когда требовались большие усилия по восстановлению разорванного сельского хозяйства и промышленности. Район нуждался в строительных материалах, топливе, но самая главная функция леса — защита от бесконечных засух, и его надо было охранять, восстанавливать и рачительно им пользоваться.

До 1935 г. леса края находились в ведении треста Новосибирлес. С 1935 г. в соответствии с приказом Наркомзема леса были переданы Крайземуправлению как не имеющие промышленного значения. В 1947 г. ленточные боры переходят в гослесфонд Минлесхоза РСФСР. В последующие годы, в целях улучшения ведения лесного хозяйства, лесовосстановления и охраны лесов от пожаров было проведено несколько реорганизаций, и на 1 января 1985 г. в ленточных борах образовано 19 лесхозов на площади 1,1 млн га.

Определенный интерес представляет вопрос об изменении облика лесного фонда боров за последние 80 лет. В табл. 1 приведены результаты изучения динамики лесного фонда по материалам 7 лесоустройств.

Анализ приведенных данных указывает, что в целом площадь лесного фонда не изменилась, а увеличение на 56 тыс. га, скорее всего, произошло за счет уточнения границ и облесения неудобий.

Существенные изменения произошли в перераспределении земель в пользу покрытой лесом площади. Повышение доли покрытой лесом площади на 36,8 %, или в 2 раза, — это огромный успех лесоводов нескольких поколений. Изменения произошли в результате снижения не покрытой лесом площади до 4,3 %, или более чем в 9 раз. Уменьшилась площадь гарей. Если в 20-х гг. на их долю приходилось 159 тыс. га, то в настоящее время всего 3,1 тыс. га. В десятки раз снизилась площадь редий, почти втрое — размеры неиспользуемых земель.

Все это свидетельствует о кропотливом труде лесоводов Алтая по улучшению структуры лесного фонда и повышению его качества. Восстановление лесов идет не

Таблица 1

## Распределение общей площади по категориям земель

Годы лесоустройства	Общая площадь земель лесного фонда	Лесные земли					Нелесные земли			
		покрытые лесом		Не- сом- кну- вшие ся лес- ные куль- туры	не покрытые лесом		Итого	удогья	В том числе	
		Итого	В том числе лесные культуры		Итого	редины			гари	прога- лины
				Итого						
1899—1915	1045,4 100	475,6 45,5	—	264,8 25,3	54,5 5,2	57,0 5,5	116,0 11,1	—	189,0 18,1	
1927—1929	1044,2 100	395,3 37,9	—	409,7 39,2	168,9 16,2	159,7 15,3	85,0 8,1	7,0	147,2 14,1	
1936	1028,2 100	407,5 39,6	—	388,6 37,8	150,2 14,6	134,6 13,1	111,3 10,8	7,3	113,5 11,1	
1948—1951	1063,7 100	627,1 59,0	7,7 0,7	243,8 22,9	57,7 5,4	29,4 2,8	101,4 9,5	10,1	81,6 7,6	
1960—1963	1072,5 100	681,2 63,5	25,7 2,4	159,6 14,9	60,6 5,7	5,1 0,5	113,7 10,6	13,2	73,5 6,9	
1970—1976	1035,3 100	798,3 72,9	69,3 6,3	83,0 7,6	30,4 2,8	0,4 —	107,0 9,8	15,9	77,8 7,1	
1982—1983	1131,3 100	844,2 76,7	82,4 7,5	47,3 4,3	16,9 1,5	3,1 0,3	117,2 10,6	16,0	64,2 5,8	

Примечание. В числителе — площадь, тыс. га; в знаменателе — %.

только естественным путем. Набирают силу и искусственные методы. Более 80 тыс. га искусственных насаждений шумят на просторах Алтайской степи. Примечательно, что лесистость увеличивается в тех районах, где леса играют важную защитную роль.

Целенаправленное проведение лесохозяйственных и лесокультурных мероприятий сказалось, и довольно ощутимо, на расширении площадей основной лесобразующей породы — сосны обыкновенной. В табл. 2 даны сведения о динамике покрытой лесом площади по преобладающим породам.

Таблица 2

## Распределение покрытой лесом площади по преобладающим породам

Годы лесоустройства	Сосна	Береза	Осина	Лиственница	Тополь	Ива стариковая	Прочие	Итого
1899—1915	420,0	32,3	15,0	—	—	—	1,8	475,6
	89,6	6,8	3,2	—	—	—	0,4	
1927—1929	353,5	24,3	17,5	—	—	—	—	393,5
	89,4	6,2	4,4	—	—	—	—	
1936	356,3	29,4	21,8	—	—	—	—	407,5
	87,4	7,2	5,4	—	—	—	—	
1948—1951	522,1	66,7	34,3	—	0,7	3,3	—	627,1
	83,3	10,6	5,5	—	0,1	0,5	—	
1960—1963	576,4	78,9	21,7	—	1,4	2,2	0,6	681,2
	84,6	11,6	3,2	—	0,2	0,3	0,1	
1970—1976	661,7	100,2	27,8	0,7	3,5	2,2	2,2	798,3
	82,9	12,6	3,5	0,1	0,4	0,3	0,2	
1982—1983	695,2	104,5	28,6	1,0	4,0	6,3	4,6	844,2
	82,4	12,4	3,4	0,1	0,5	0,7	0,5	

Примечание. В числителе — площадь, тыс. га; в знаменателе — %.

Как видим, площадь главной породы — сосны обыкновенной за последние 50 лет увеличилась почти в 2 раза. Но остается нерешенным вопрос нежелательного увеличения доли таких пород, как береза, осина, ива. Однако нельзя считать указанное явление полностью нежелательным. В условиях ленточных боров есть лесорастительные условия, где произрастание этих пород желательно и неизбежно. Причины увеличения площадей мягколиственных пород несколько: смена пород на гарях и вырубках предвоенного, военного и послевоенного периодов; существенное повышение точности лесоустройства в последние 20 лет; процесс, хотя и медленный, наступления леса на угодья, особенно на сенокосы и пастбища; передача части колочных лесов в ведение гослесфонда.

Анализ хозяйственной деятельности алтайских лесоводов по сохранению, воспроизводству и рациональному использованию лесного фонда будет неполным, если не показать динамику продуктивности и основных таксационных показателей, происшедших за исследуемый период. В табл. 3 приведено изменение таксационных показателей насаждений за 1899—1983 гг.

Таблица 3

## Динамика основных таксационных показателей насаждений ленточных боров

Годы лесоустройства	Запас, млн м <sup>3</sup>		Прирост		Средний возраст, лет	Полнота	Средний запас на 1 га, м <sup>3</sup>
	общий	спелых и перестойных	общий, млн м <sup>3</sup>	на 1 га, м <sup>3</sup>			
1899—1915	28,9	9,4	0,51	1,06	53	0,44	61
1927—1929	28,6	4,5	0,53	1,35	58	0,42	72
1936	30,0	10,9	0,55	1,34	56	0,44	74
1948—1951	70,4	8,2	1,36	2,16	56	0,56	112
1960—1963	88,0	13,6	1,59	2,33	59	0,59	129
1970—1976	103,4	17,6	1,80	2,25	60	0,58	130
1982—1983	132,1	27,5	2,09	2,48	68	0,63	157

Все это — результат кропотливого труда многих поколений лесоводов. Почти в 5 раз увеличился общий запас насаждений, в 4 раза — общий средний прирост, более чем в 2 раза — средний запас на 1 га. Такого результата можно достигнуть только целенаправленной работой, повседневно уделяя лесу огромное внимание. Ленточные боры Алтая — это не только древесина, но и надежный «щит» земледельца на пути засухи. Беречь лес, повышать его устойчивость и защитность — наш долг перед природой и обществом.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Вангниц П. Р. Ленточные боры.— М.; Л.: Гослесбумиздат, 1953.— 64 с.  
 [2]. Грибанов Л. Н. Стелные боры Алтайского края и Казахстана.— М.; Л.: Гослесбумиздат, 1960.— 156 с.

УДК 630\*164.3

## БИОМЕТРИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОРНЕВЫХ СИСТЕМ РАЗЛИЧНЫХ КЛИМАТИПОВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ ЛЕСОСТЕПИ УССР

М. И. КАЛИНИН, О. Т. ДАНЧУК

Львовский лесотехнический институт

Формирование различных климатипов древесных пород, происходящее под влиянием конкретных экологических и климатических условий, сопровождается изменениями их морфологических характеристик. По отношению к надземной части эти аспекты изучены достаточно подробно [1, 4, 5].

Мы исследовали особенности строения корневых систем пяти климатипов сосны обыкновенной, произрастающих в 10-летних географических культурах в условиях Львовской области на среднедернованных слабоподзоленных супесчаных почвах свежей субори (B<sub>2</sub>).

Биометрические исследования корневых систем выполняли по методике [2]. Для каждого климатипа была произведена полная раскопка корневых систем трех модельных деревьев, представляющих различные группы роста.

Структура корневых систем сосны обыкновенной по климатипам приведена в табл. 1. У деревьев лучшего роста масса надземной части больше для крайнего западного климатипа (львовский) по сравнению с крайними восточными (оренбургский, кустанайский). У средних деревьев эта закономерность проявилась более четко. Масса корневых систем деревьев лучшего роста также больше у львовского климатипа, меньше — у оренбургского и кустанайского. Для деревьев среднего роста масса корней больше у сумского, львовского климатипов, для климатипов восточного положения она последовательно уменьшается.

Таблица 1

Климатип	Масса в абс. сухом состоянии, кг		Протяженность корней			
	надземной части	корней	Всего, м	стержневых	вертикальных ответвлений от горизонтальных корней	горизонтальной ориентации
Деревья лучшего роста						
Львовский	17,05	3,20	514,6	0,3	2,4	97,3
Сумской	9,86	1,90	231,3	0,4	2,3	97,3
Воронежский	10,90	2,31	187,3	0,5	2,4	97,1
Оренбургский	9,15	1,57	178,0	0,4	2,4	97,2
Кустанайский	9,74	1,70	177,6	0,8	2,3	96,9
Деревья среднего роста						
Львовский	6,00	0,69	103,0	0,5	5,3	94,2
Сумской	5,45	0,89	144,1	0,8	5,4	93,8
Воронежский	3,95	0,64	76,8	1,0	3,7	95,3
Оренбургский	3,88	0,60	72,4	1,1	3,4	95,5
Кустанайский	2,92	0,53	99,7	1,2	2,9	95,9

В соотношениях массы корней и общей массы модельных деревьев не обнаружено достоверного различия между исследованными климатипами. Для деревьев лучшего роста эти показатели находятся в пределах 14,7...17,4 %, среднего роста — 10,3...15,4 %.

В структуре корневых систем, определяемой по соотношению основных групп корней [3], преобладают корни горизонтальной ориентации как у деревьев лучшего, так и среднего роста всех климатипов (табл. 1).

В развитии корней вертикальной ориентации выявлены интересные особенности. У деревьев лучшего роста вертикальные ответвления от горизонтальных корней у всех климатипов имеют одинаковое относительное участие в общей протяженности корней. Стержневые корни развиты относительно слабо. Глубина проникновения стержневого корня у деревьев лучшего роста львовского климатипа составила 2 м, у остальных климатипов — до 1,5 м. Глубина проникновения вертикальных ответвлений от горизонтальных корней не превышала 0,7 м.

У деревьев среднего роста наблюдается большее варьирование рассматриваемых показателей.

Приведенные данные позволяют заключить, что в структуре корневых систем сосны обыкновенной разных климатипов различия отсутствуют.

Анализ показателей разветвленности корней, определяемой как отношение общей протяженности материнского корня со всеми ответвлениями к длине собственно материнского корня [2], показал, что у деревьев лучшего роста у большинства климатипов коэффициент ветвистости равен  $10,9 \pm 2,6 \dots 12,5 \pm 1,6$ , т. е. различия незначительны. У средних деревьев этот показатель составляет от  $5,1 \pm 1,3$  у кустанайского климатипа до  $9,5 \pm 2,1$  у сумского климатипа. Различия здесь также незначительны. Наивысший порядок ветвления корней 4—5-й.

В табл. 2 приведены результаты исследований коэффициентов формы корней сосны 1-го порядка изучаемых климатипов. Исследования показали, что коэффициенты формы по соответствующим относительным длинам для всех исследуемых климатипов существенного различия не имеют. Показатель существенности различия находится в пределах 1,06...2,98.

Таблица 2

Климатип	Коэффициенты формы по относительным длинам корней 1-го порядка				
	0,1	0,2	0,5	0,7	0,9
Львовский	$0,48 \pm 0,03$	$0,32 \pm 0,02$	$0,18 \pm 0,01$	$0,12 \pm 0,09$	$0,07 \pm 0,04$
Сумской	$0,50 \pm 0,03$	$0,37 \pm 0,03$	$0,21 \pm 0,02$	$0,12 \pm 0,02$	$0,05 \pm 0,04$
Воронежский	$0,48 \pm 0,03$	$0,37 \pm 0,03$	$0,23 \pm 0,02$	$0,18 \pm 0,02$	$0,09 \pm 0,03$
Оренбургский	$0,53 \pm 0,03$	$0,36 \pm 0,03$	$0,22 \pm 0,02$	$0,12 \pm 0,01$	$0,07 \pm 0,01$
Кустанайский	$0,51 \pm 0,05$	$0,33 \pm 0,03$	$0,20 \pm 0,02$	$0,12 \pm 0,02$	$0,06 \pm 0,01$
Коэффициенты формы по генеральной совокупности	$0,51 \pm 0,01$	$0,35 \pm 0,01$	$0,20 \pm 0,01$	$0,14 \pm 0,01$	$0,06 \pm 0,04$
Точность опыта при расчете коэффициентов формы по генеральной совокупности $P$ , %	2,7	2,8	3,4	4,1	5,5
Видовые числа корней	0,097	0,106	0,114	0,112	0,101

Приведенные данные свидетельствуют, что географическое происхождение сосны обыкновенной не отражается на форме корней. Экспериментальные значения коэффициентов формы различных климатипов, обработанные математически в качестве одной (генеральной) совокупности, имеют высокий показатель точности опыта ( $P$ , %), что делает достоверными видовые числа корней, рассчитанные по этим коэффициентам формы (табл. 2).

Отсутствие достоверности различия коэффициентов формы позволяет считать незначительными различия между видовыми числами. Обобщенное значение видового числа корней сосны, рассчитанное по обобщенным коэффициентам формы, составило 0,1054. Различия между этим и крайними значениями видовых чисел по отдельным климатипам составляет 0,54...0,82, что незначительно.

Результаты исследований позволяют сделать выводы, что наблюдаемые различия в продуктивности сосен разного географического происхождения в данных почвенно-климатических условиях не могут быть объяснены особенностями строения корневых систем, а являются производными других факторов.



## ЛИТЕРАТУРА

[1]. Географические культуры сосны обыкновенной на Львовском Ростоцье / З. Ю. Герушинский, Г. Т. Криницкий, Р. Т. Гут, А. А. Божок.— Львов: ЛЛТИ, 1983.— 47 с. [2]. Калинин М. И. Моделирование лесных насаждений. Биометрия и стереометрия.— Львов: Вища школа, 1978.— 207 с. [3]. Калинин М. И. Формирование корневой системы деревьев.— М.: Лесн. пром-сть, 1983.— 152 с. [4]. Надеждин В. В. Влияние географического происхождения семян лиственницы на ее рост.— М.: Наука, 1971.— 131 с. [5]. Правдин Л. Ф. Сосна обыкновенная (Изменчивость, внутривидовая систематика и селекция).— М.: Наука, 1964.— 191 с.

УДК 630\*905.2 (598)

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛЕСНЫХ РЕСУРСОВ В ЛНДР

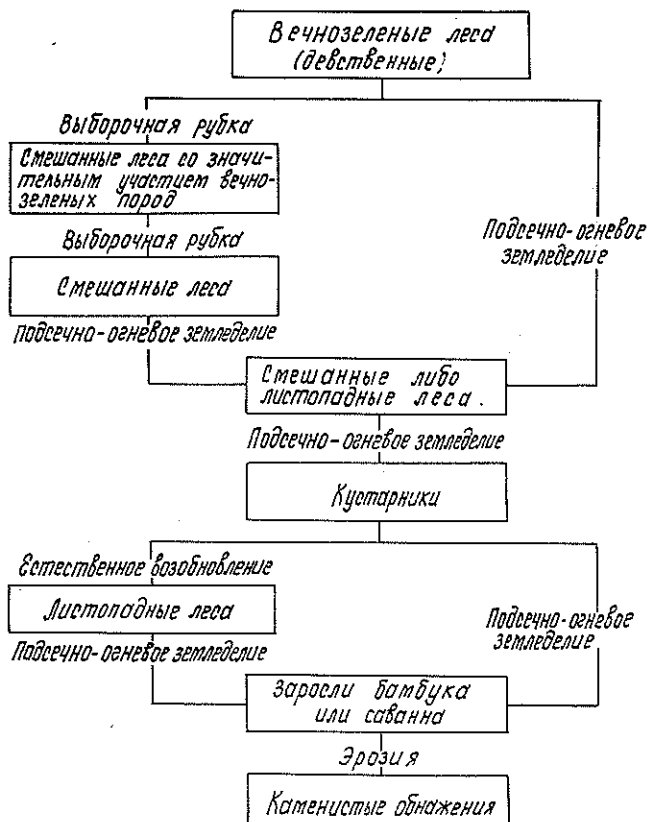
М. ЧАНТХАВОНГ

Львовский лесотехнический институт

Площадь государственного лесного фонда Лаоса в настоящее время составляет 16 млн га, в том числе покрытые лесом земли — 11,27 млн га, не покрытые лесом — 4,73 млн га. Лесистость страны — 47 %, площадь лесов на душу населения — 3,13 га.

Леса ЛНДР представлены следующими формациями: вечнозеленые (девственные) леса, смешанные, листопадные и хвойные.

Наиболее ценны вечнозеленые леса. Они отличаются большим разнообразием древесных пород и имеют лишь небольшую примесь листопадных пород. Обычно, если количество вечнозеленых деревьев в первом ярусе тропического леса достигает 90... 95 % или 90 % по числу видов, то его относят к вечнозеленому. Эти леса служат основным источником получения высококачественной твердой древесины, а также многих побочных лесных продуктов.



Трансформация тропических лесов в результате рубки и подсечно-огневого земледелия

Смешанные леса состоят из вечнозеленых и листопадных пород. К ним в Лаосе относят леса, в первом ярусе которых примесь листопадных деревьев достигает 25...30 % по количеству стволов. Смешанные леса менее продуктивны и менее ценны, чем вечнозеленые.

Листопадные леса состоят только из двух видов диптерокарпусовых (диптерокарпуса туполистного и шишковатого) и отличаются низкой продуктивностью.

Хвойных лесов в ЛНДР очень мало. Они произрастают на плато и в горах на бедных почвах и представлены в основном двумя видами сосны: Казия и Меркуза.

Как показано на схеме, в настоящее время в ЛНДР леса используются по двум направлениям.

Одно из них связано с лесозаготовкой. В настоящее время в лесах ЛНДР проводятся только выборочные рубки, в процессе которых вырубают наиболее ценные вечнозеленые породы, такие как: тик, дальбергия бирманская и кохинхинская, птерокарпус крупноплодный, миллетия лаврентии, эбенное дерево и др. Древесина этих пород пользуется наибольшим спросом на мировом рынке, а также широко применяется в деревообрабатывающей промышленности и строительстве внутри страны.

В результате рубки участие вечнозеленых пород снижается до 70...80 %, а доля листопадных соответственно повышается до 20...30 %. Оставшийся после такой рубки лес переходит в категорию смешанного, но пока еще со значительным участием вечнозеленых пород.

В связи с развитием деревообрабатывающей промышленности ЛНДР и повышением потребности в пиловочном сырье и других лесоматериалах, а также с растущим спросом на древесину на мировом рынке, на участках смешанного леса через 3...5 лет вновь проводят рубку, в процессе которой выбирают оставшиеся ценные породы: афзелию, ватку, чикразию, адину сердцелистную, шорею кохинхинскую и др.

После повторной выборочной рубки доля вечнозеленых пород еще более снижается, а смешанный лес обедняется.

На участках, дважды пройденных рубками, лесозаготовительные работы прекращают. Как показано на рисунке, такие леса в дальнейшем становятся объектом подсечно-огневого земледелия, осуществляемого в течение 2...3 лет местным населением в целях выращивания риса. Лесные участки полностью выжигают, а затем раскорчевывают.

Иногда, по мере истощения почв, временные сельскохозяйственные угодья используют под пастбища с повторяющимся их выжиганием, которое проводят для улучшения травостоя. После полного истощения таких участков пастьбу скота прекращают, и население переселяется в другие районы.

Второе направление использования лесов характеризуется тем, что подсечно-огневое земледелие начинается без предварительной рубки, т. е. до выборки ценных древесных пород.

Впоследствии площади уничтоженных (выжженных) вечнозеленых лесов, как пройденные предварительными рубками, так и не затронутые лесозаготовкой, возобновляются естественным путем. В зависимости от того, какие семена приносятся ветром из ближайших лесных массивов, здесь появляются смешанные либо листопадные леса. В случае повторного выжигания этих лесов и выращивания риса их место занимают кустарники. После прекращения подсечно-огневого земледелия на этих участках по истечении длительного времени поселяются нетребовательные к почве породы (в основном диптерокарпусы), которые образуют малочисленные листопадные леса. Если же эти леса снова выжигают, на их месте образуются заросли бамбука или саванна. В тех случаях, когда выжигают участки, занятые кустарниками, процесс деградации и разрушения почв ускоряется: такие участки зарастают бамбуком или превращаются в саванну, минуя стадию листопадных лесов. Если же заросли бамбука или саванна будут уничтожены вновь, почвы на таких участках полностью разрушаются и обнажаются материнские породы.

Выжигание лесов в горных условиях ведет к ускорению эрозийных процессов: почвы, разрушенные низовыми пожарами, смываются ливневыми дождями, в результате появляются каменистые обнажения, которые иногда полностью занимают горные склоны.

Почвы легкого механического состава после выжигания лесов деградируют не только на склонах, но и на плато.

По данным Лесного департамента ЛНДР, к 1981 г. в четырех провинциях северной части страны леса уже уничтожены на площади 5,9 млн га, которая в настоящее время занята зарослями бамбука и кустарников или саванной. В среднем же за период 1983—1985 гг. под пашню ежегодно выжигали леса на площади 350 тыс. га [1].

Как видно из схемы, оба направления использования лесов, практикуемых в настоящее время в ЛНДР, в конечном итоге ведут к истощению лесных ресурсов и лесных почв.

Особенно вредно в экологическом отношении подсечно-огневое земледелие, которое неизбежно приводит к образованию неплодородных земель.

Исходя из характеристики рельефа, гидрографии, климата, почв, можно сделать вывод, что в условиях Лаоса следует крайне осторожно подходить к ведению лесного хозяйства.

Так, выборочные рубки со значительной выборкой вечнозеленых древесных пород ведут к замене вечнозеленых лесов смешанными, а затем и листопадными, т. е. к образованию растительных формаций, более изреженных и флористически более простых.

При организованном лесном хозяйстве возможны выборочные рубки с повторяемостью 40...60 лет, что позволит обеспечить постоянство пользования лесом.

В целях сохранения лесных богатств страны государство предпринимает шаги для сокращения площадей подсечно-огневого земледелия, особенно в ценных вечнозеленых лесах. Благодаря этому, в 1986 г. площадь подсечно-огневого земледелия сократилась на 50 тыс. га. Однако темпы выжигания лесов еще остаются очень высокими. В настоящее время подсечно-огневое земледелие разрешается крестьянам только на участках, занятых кустарниками, зарослями бамбука или саванной. Во избежание разрушения почв на этих площадях крестьяне одновременно с возделыванием риса должны будут высаживать ценные древесные породы. В течение 4...5 лет государство будет оплачивать им работу по уходу за культурами [2]. Чтобы предупредить оскудение породного состава лесов, в дальнейшем следует принимать меры к воспроизводству ценных древесных пород путем сохранения подроста и ухода за ним, а также проведения частичных культур в лесах, пройденных выборочными рубками.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Лесная политика ЛНДР на 1981—2000 гг.—Вьентьян: Изд. Лесного департамента ЛНДР, 1981.—163 с.—(На лаосском языке). [2]. Основные направления развития лесного хозяйства во II пятилетке (1986—1990 гг.)—Лесной департамент, 1986.—(На лаосском языке).

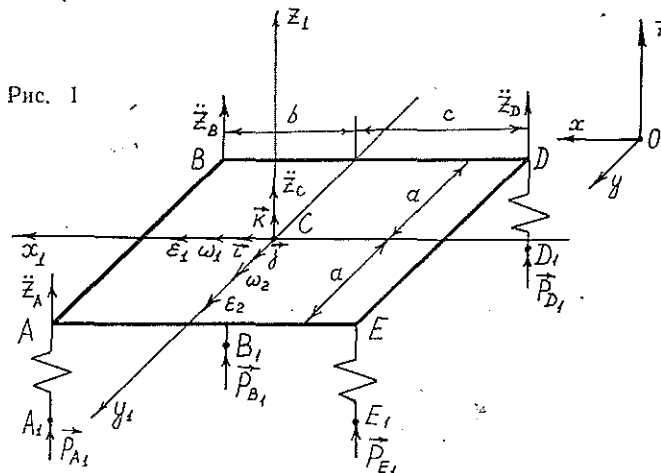
УДК 630\*323

### ТЕОРЕТИКО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛЯ ВЕРТИКАЛЬНЫХ УСКОРЕНИЙ И ВЕРТИКАЛЬНЫХ НАГРУЗОК ГУСЕНИЧНЫХ МАШИН

К. Н. БАРИНОВ, В. Ф. КУШЛЯЕВ, В. Ю. МИЛЮТИКОВ,  
В. Б. ФЕДЧЕНКО

Ленинградская лесотехническая академия, ЦНИИМЭ

Расчетная схема колебательной системы гусеничной машины приведена на рис. 1,



где введены следующие обозначения:

$xyz$  — неподвижная система координат;

$x_1y_1z_1$  — система координат с началом в центре масс поддресоренной части, перемещающаяся поступательно относительно осей  $xyz$ ;

$\ddot{z}_C, \ddot{z}_A, \ddot{z}_B, \ddot{z}_D$  — вертикальные ускорения соответственно центра масс поддресоренной части и точек ее крепления к упругим элементам ходовой системы;

$\omega_1, \omega_2$  — проекции вектора угловой скорости поддрессоренной части на оси  $x_1$  и  $y_1$ ;

$\varepsilon_1, \varepsilon_2$  — проекции вектора углового ускорения поддрессоренной части на оси  $x_1$  и  $y_1$ ;

$\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$  — единичные векторы осей  $x_1 y_1 z_1$ ;

$a, b, c$  — геометрические размеры поддрессоренной части.

При этом приняты допущения.

1. Угловым перемещением поддрессоренной части вокруг оси  $z_1$  пренебрегаем.

2. Система совершает малые колебания.

Согласно определению [1], ускорения точек  $B, C$  и  $D$  поддрессоренной части можно записать в следующем виде:

$$\vec{w}_B = \vec{w}_A + \vec{\varepsilon} \times \vec{\rho}_{AB} + \vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{\rho}_{AB});$$

$$\vec{w}_C = \vec{w}_A + \vec{\varepsilon} \times \vec{\rho}_{AC} + \vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{\rho}_{AC});$$

$$\vec{w}_D = \vec{w}_A + \vec{\varepsilon} \times \vec{\rho}_{AD} + \vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{\rho}_{AD}),$$

где

$\vec{w}_A$  — ускорение точки  $A$ , выбранной за полюс;

$\vec{\varepsilon}$  — угловое ускорение поддрессоренной части;

$\vec{\omega}$  — угловая скорость поддрессоренной части;

$\vec{\rho}_{AB}, \vec{\rho}_{AC}, \vec{\rho}_{AD}$  — радиусы-векторы, соединяющие точку  $A$  соответственно с точками  $B, C$  и  $D$ .

Замечая, что

$$\vec{\varepsilon} = \varepsilon_1 \vec{i} + \varepsilon_2 \vec{j};$$

$$\vec{\omega} = \omega_1 \vec{i} + \omega_2 \vec{j};$$

$$\vec{\rho}_{AB} = -2a \vec{j};$$

$$\vec{\rho}_{AC} = -b \vec{i} - a \vec{j};$$

$$\vec{\rho}_{AD} = -(b+c) \vec{i} - 2a \vec{j},$$

получим

$$\left. \begin{aligned} \vec{w}_B &= \vec{w}_A - 2a\varepsilon_1 \vec{k} - 2a\omega_1\omega_2 \vec{i} + 2a\omega_1\omega_2 \vec{j}; \\ \vec{w}_C &= \vec{w}_A - (a\varepsilon_1 - b\varepsilon_2) \vec{k} + \omega_2(b\omega_2 - a\omega_1) \vec{i} + \omega_1(b\omega_2 - a\omega_1) \vec{j}; \\ \vec{w}_D &= \vec{w}_A - [2a\varepsilon_1 - \varepsilon_2(b+c)] \vec{k} - \omega_2[\omega_2(b+c) - 2a\omega_1] \vec{i} - \\ &\quad - \omega_1[\omega_2(b+c) - 2a\omega_1] \vec{j}. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Запишем уравнения (1) в проекциях на ось  $z$

$$\left. \begin{aligned} \ddot{z}_B &= \ddot{z}_A - 2a\varepsilon_1; \\ \ddot{z}_C &= \ddot{z}_A - a\varepsilon_1 + b\varepsilon_2; \\ \ddot{z}_D &= \ddot{z}_A - 2a\varepsilon_1 + (b+c)\varepsilon_2. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Разрешив систему (2) относительно вертикального ускорения центра масс, получим

$$\ddot{z}_C = \frac{1}{2} \ddot{z}_A + \frac{c-b}{2(b+c)} \ddot{z}_B + \frac{b}{b+c} \ddot{z}_D. \quad (3)$$

Из выражения (3) следует, что, зная вертикальные ускорения трех точек поддрессоренной части и ее геометрию, можно определить вертикальное ускорение любой точки поддрессоренной части. Иными словами, вертикальные ускорения трех точек под-

рессоренной части полностью определяют поле ее вертикальных ускорений в рассматриваемый момент времени.

Для определения вертикальных нагрузок введем неинерциальную систему координат  $x_2y_2z_2$  с началом в точке крепления подрессоренной части с упругим элементом, перемещающуюся поступательно относительно неподвижной системы (рис. 2). Составим дифференциальное уравнение движения каретки как материальной точки в неинерциальной системе координат  $x_2y_2z_2$  [2]

$$m\vec{\omega}_r = \sum_{k=1}^n \vec{F}_k - m\vec{\omega}_e, \quad (4)$$

- где  $m$  — масса каретки;
- $\vec{\omega}_r$  — относительное ускорение каретки;
- $\vec{\omega}_e$  — переносное ускорение каретки;
- $\vec{F}_k$  — приложенные к каретке силы.

Запишем уравнение (4) в проекциях на ось  $z$

$$m\ddot{z}_r = P_{A_1} - F_y - mg - m\ddot{z}_A. \quad (5)$$

Здесь  $P_{A_1}$  — равнодействующая вертикальной нагрузки, передаваемая от гусеницы к оси каретки;

$F_y$  — реакция связи упругого элемента.

В свою очередь

$$\ddot{z}_r = \frac{d^2\Delta}{dt^2}; \quad (6)$$

$$F_y = c\Delta, \quad (7)$$

- где  $\Delta$  — деформация упругого элемента;
- $c$  — жесткость упругого элемента.

Подставив выражения (6) и (7) в уравнение (5), получим:

$$m \frac{d^2\Delta}{dt^2} = P_{A_1} - c\Delta - mg - m\ddot{z}_A,$$

откуда

$$P_{A_1} = m \frac{d^2\Delta}{dt^2} + c\Delta + mg + m\ddot{z}_A. \quad (8)$$

Из выражения (8) следует, что, зная деформацию упругого элемента, ускорение точки его крепления к подрессоренной части и параметры ходовой системы, можно найти вертикальную нагрузку на ось каретки.

Следовательно, для определения поля вертикальных ускорений подрессоренной части и вертикальных нагрузок на оси кареток необходимо знать деформацию упругих элементов, вертикальные ускорения точек их крепления к подрессоренной части, параметры ходовой системы и геометрию подрессоренной части.

Деформации упругих элементов и вертикальные ускорения точек их крепления к подрессоренной части находят экспериментальным путем.

Разработанный теоретико-экспериментальный метод дает возможность комплексно решить задачу определения вертикальных ускорений и вертикальных нагрузок в процессе эксплуатации машины при помощи простых, не требующих трудоемкой установки технических средств.

Метод был опробован в 1984 г. при испытаниях опытного образца валочно-трелевочной машины ЛП-17А. Испытания показали, что использование предложенного метода позволяет значительно сократить трудозатраты и время оценки нагруженности ходовых систем гусеничных лесозаготовительных машин.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Бутенин Н. В., Лунц Я. Л., Меркин Д. Р. Курс теоретической механики: В 2 т.— Т. 2. Динамика.— М.: Наука, 1979.— 544 с. [2]. Лурье А. И. Аналитическая механика.— М.: Физматгиз, 1961.— 824 с.

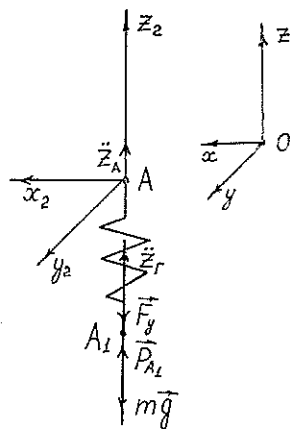


Рис. 2. Расчетная схема для определения вертикальных нагрузок

УДК 630\*377.44

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРАКТОРА ЛКТ-81 ПРИ СПЛОШНОЙ РУБКЕ И ПРИ РУБКЕ УХОДА

П. Т. КУРВИТС

Эстонская сельскохозяйственная академия

В лесах Эстонии до сих пор при сплошной рубке использовали трактор ТДТ-55А, при рубках ухода — в основном сельскохозяйственные тракторы Т-40А (Т-40АМ) и МТЗ-82 (и его модификации). За последние годы постоянно возрастало число чешских тракторов ЛКТ-81. Возникает вопрос: при какой рубке их использовать?

Мы исследовали результаты работы тракторов ЛКТ-81 и ТДТ-55А при сплошной рубке и ЛКТ-81, Т-40А и МТЗ-82 при рубках ухода. Некоторые технические показатели названных тракторов приведены в табл. 1. В ходе наблюдений сравнивали измеренную и вычисленную по силе сцепления полезную нагрузку на трактор.

Таблица 1

Показатели	ТДТ-55А	ЛКТ-81	Т-40А	МТЗ-82
Мощность, кВт	45,6	59,6	36,8	58,9
Масса, кг	9 500	6 650	2 470	3 500
Удельная масса, кг/кВт	204	111	67	59
Удельная мощность, кВт/100 кг	0,49	0,89	1,49	1,68

При сплошной рубке полезная нагрузка трактора ТДТ-55А была в среднем на 10...15 % больше, чем трактора ЛКТ-81. Вычисленная по силе сцепления нагрузка трактора ТДТ-55А должна быть больше на 40...50 %. Это объясняется большой массой трактора ТДТ-55А и малой удельной мощностью (табл. 1). Измеренная полезная нагрузка ЛКТ-81 была в среднем (4,8 м<sup>3</sup>) близка вычисленной (5,0...5,5 м<sup>3</sup>). В некоторых случаях, к сожалению, наблюдалась перегрузка трактора в 1,5 раза (до 7,5 м<sup>3</sup>). Это свидетельствует о хороших технических свойствах трактора, но перегрузки вызывают его быстрый износ.

Различия в сменной производительности тракторов были меньше. Сменная производительность ТДТ-55А (в среднем 40,6 м<sup>3</sup>) была только на 5...7 % больше, чем у

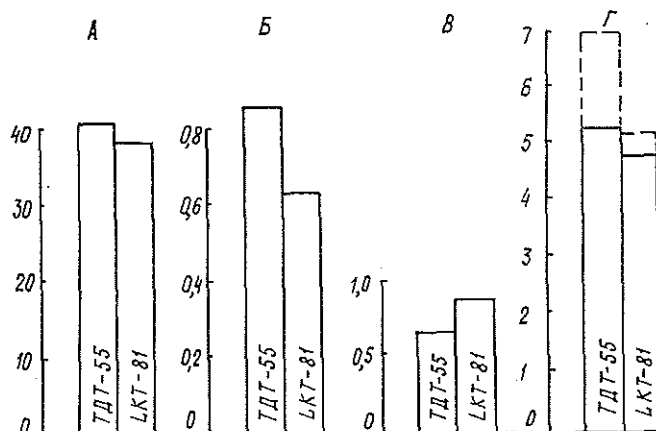


Рис. 1. Эксплуатационные показатели тракторов при сплошной рубке: А — сменная производительность м<sup>3</sup>; Б — удельная производительность, м<sup>3</sup>/кВт; В — удельный расход топлива, кг/м<sup>3</sup>; Г — средняя нагрузка, м<sup>3</sup>; сплошная линия — измеренная (действительная) полезная нагрузка; штриховая — вычисленная нагрузка

ЛКТ-81 (в среднем 38,3 м<sup>3</sup>). При этом удельная производительность (м<sup>3</sup>/кВт) и удельный расход топлива (кг/м<sup>3</sup>) также говорят в пользу ТДТ-55А. На рис. 1 графически изображены средние эксплуатационные показатели обоих тракторов.

При выборе колесного или гусеничного трактора для сплошных рубок надо обязательно учитывать лесоводственные требования (как трактор дробит и уплотняет почву, повреждает подрост и т. д.) и факторы, влияющие на производительность: чем больше расстояние трелевки, тем выше преимущества колесного трактора; при малом объеме хлыста и больших расстояниях трелевки главное значение имеет скорость движения трактора, а при большом объеме хлыста и незначительных расстояниях трелевки — полезная нагрузка.

При рубке ухода измеренная нагрузка изменялась у всех тракторов в значительных пределах (табл. 2), причем даже самые большие нагрузки у всех тракторов были меньше вычисленных. По сравнению с вычисленной по силе сцепления действительная нагрузка трактора Т-40А была приблизительно в 2 раза, МТЗ-82 — в 2,5...3 раза, ЛКТ-81 — в 1,8...2 раза меньше, т. е. все тракторы работали с недогрузкой.

Таблица 2

Показатели	Т-40А	МТЗ-82	ЛКТ-81
Нагрузка на трактор:			
предельная, м <sup>3</sup>	0,6...1,3	0,5...2,0	1,0...4,7
средняя »	0,95	1,25	2,88
относительная, %	100	132	303
Производительность:			
сменная, м <sup>3</sup>	11,9	14,8	15,0
относительная, %	100	124	126

Сменная производительность тракторов МТЗ-82 и ЛКТ-81 практически равна, но меньшая удельная масса и большая удельная мощность говорят в пользу трактора МТЗ-82. Некоторые эксплуатационные показатели сравниваемых тракторов при рубке ухода изображены графически на рис. 2.

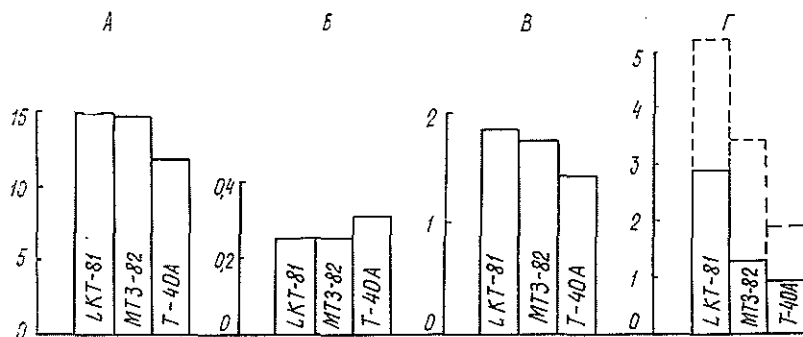


Рис. 2. Эксплуатационные показатели тракторов при рубке ухода. Обозначения см. на рис. 1

О целесообразности применения того или иного трактора можно судить по его сменной производительности, которая зависит от многих факторов. Мы анализировали влияние средней нагрузки, времени на формирование пачки и эксплуатационной скорости трактора на его сменную производительность.

Нагрузка влияет на сменную производительность трактора при сплошной рубке больше, чем при рубке ухода. Время на формирование 1 м<sup>3</sup> груза при сплошной рубке меньше, чем при рубке ухода (соотношение до 1:10). Если принять за 100 % один цикл работы: формирование пачки, ее трелевку, освобождение и холостой пробег, то формирование пачки занимает при сплошной рубке 40...50 %, при рубке ухода 70...80 %. Из анализа влияния этих факторов видно, что показатели ЛКТ-81 лучше на сплошной рубке. При рубке ухода скорость движения ЛКТ-81 с грузом выше, чем при сплошной, но это не компенсирует больших затрат времени на формирование пачки.

Сменная производительность ЛКТ-81 при сплошной рубке была во всех случаях в среднем в 2,5 раза больше, чем при рубке ухода, а расход топлива в смену даже на 7...8 % меньше. Удельный расход топлива (кг/м<sup>3</sup>) на сплошной рубке меньше

приблизительно вдвое. Из сказанного следует, что высокие технические показатели трактора ЛКТ-81 при современной технологии работ используются лучше при сплошной рубке.

УДК 674.815-41 : 658.562.4

## КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ДРЕВЕСНЫХ ПЛИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ПРИГОДНЫХ ДЛЯ НАРУЖНЫХ ОБШИВОК ПАНЕЛЕЙ ДЕРЕВЯННЫХ ДОМОВ

А. Б. ЧУБОВ, С. Г. КАТАЕВ, Б. В. ЕРМОЛАЕВ

Ленинградская лесотехническая академия

В нашей стране и за рубежом ведущее место в стандартном деревянном домостроении отводится домам панельной конструкции. Их долговечность в значительной степени определяется долговечностью наружных обшивок панелей. Высокие требования к наружным обшивкам привели к созданию различных плитных материалов. Однако каждому из этих материалов присущи недостатки.

Эксплуатационные качества плитных материалов и эффективность условий их производства определяются рядом показателей, которые имеют различные единицы измерения и степень весомости. Это затрудняет выбор рационального материала, который можно сделать на основе обобщенных показателей. Обобщение показателей в единый количественный признак возможно после приведения всех показателей к безразмерным величинам.

В настоящее время для наружных обшивок панелей рекомендуют следующие плитные материалы: фанеру марки ФСФ, цементно-стружечную плиту, древесно-стружечные плиты (ДСП) на каустическом магнезите и на фенолоформальдегидном связующем.

Обобщенный показатель эксплуатационного качества  $D_k$  по каждому оцениваемому материалу рассчитывали по формуле [4]

$$D_k = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n P_i}{\prod_{i=1}^n d_i^{P_i}}}, \quad (1)$$

где  $n$  — число показателей;

$d_i$  — безразмерное значение показателей;

$P_i$  — масса показателя.

Состав и массу показателей, определяющих эксплуатационное качество материала, устанавливали на основе совокупности мнений экспертов в соответствии с назначением материала. Установлено 55 показателей, которые объединены в 9 групп, характеризующих: 1) физические свойства; 2) кратковременные прочностные свойства; 3) кратковременные упругие свойства; 4) длительные прочностные свойства; 5) длительные упругие свойства; 6) изоляционные свойства; 7) сохраняемость; 8) способность к обработке и креплению; 9) уровень исполнения.

Натуральные значения показателей переводили в безразмерные с помощью метода Харрингтона [1]. В основе его лежит идея преобразования натуральных значений частных откликов в безразмерные через соответствующие функции желательности, которые строят по одному из следующих уравнений:

$$\begin{aligned} d_i &= e^{-e^{-(a_1 + a_2 Y)}}, \\ d_i &= 1 - e^{-e^{-(a_1 + a_2 Z)}}, \\ d_i &= a_1 + a_2 F + a_3 F^2. \end{aligned} \quad (2)$$

Здесь  $Y, Z, F$  — натуральные значения показателя;

$a_1, a_2, a_3$  — коэффициенты.

Для определения вида функций по каждому показателю и для их построения устанавливают координаты трех точек, которым соответствуют минимальное, максимальное и желаемое натуральные значения показателя и их безразмерные оценки. Минимальные и максимальные значения каждого показателя назначают равными крайним пределом значений этого показателя для всего ряда оцениваемых материалов.



Желаемые значения принимают по нормативным данным или устанавливают по результатам экспертного опроса. Безразмерные оценки минимальных и максимальных значений каждого из показателей определяют экспертным путем с использованием стандартных отметок по шкале желательности [1].

При этом желаемые значения показателей соответствуют уровню «отлично» и безразмерному значению по шкале желательности 1.0.

По полученным координатам подбирают вид функции (2) для каждого показателя, определяют коэффициенты уравнений и строят графики желательности. Используя графики как номограммы, натуральные значения показателей для каждого оцениваемого материала переводят в безразмерные значения.

Если у материала по какому-либо показателю отсутствует натуральное значение или материалы по показателю могут быть оценены только качественно (например, отлично, хорошо и т. д.), то безразмерные значения определяют также экспертным методом. При этом эксперт с помощью шкалы желательности оценивает уровень материала по показателю и присваивает ему среднее безразмерное значение, соответствующее этому уровню.

Обобщенный показатель эффективности условий производства того или иного материала устанавливают на основе относительных значений показателей, определяющих техническую, организационную, социальную и экономическую стороны эффективности, по формуле:

$$D_{\Pi} = \sqrt{Z_0 \prod_{j=1}^n d_j P_j}, \quad (3)$$

где  $d_j$  — относительное значение показателя;

$P_j$  — масса показателя;

$Z_0$  — относительные приведенные затраты.

Состав показателей, определяющих техническую, организационную и социальные стороны эффективности, устанавливают по методике [5], в соответствии с условиями производства оцениваемых материалов и на основе совокупности мнений экспертов.

Установлены следующие показатели: производительность комплекта оборудования; степень механизации и автоматизации труда; технологическая трудоемкость продукции; дефицитность древесного сырья и связующего; количество безвозвратных отходов.

Перевод натуральных значений показателей  $d_{nj}$  в относительные осуществляют по одной из формул

$$d_j = d_{nj} / \sum_{j=1}^n d_{nj}; \quad (4)$$

$$d_j = \frac{\sum_{j=1}^n d_{nj}}{d_{nj}} \bigg/ \sum_{j=1}^n \frac{\sum_{j=1}^n d_{nj}}{d_{nj}}. \quad (5)$$

Выбор формулы для расчета обуславливается следующим соображением: чем больше относительное значение показателя, тем выше эффективность материала по данному показателю.

При отсутствии натурального значения показателя каждый материал оценивают по этому показателю экспертным опросом, например путем балльных оценок [3], которые переводят затем в относительную величину по формуле (5).

Вес показателей, учитывая их небольшое количество, устанавливают методом расстановки приоритетов [2].

Приведенные затраты каждого материала, отражающие экономическую сторону эффективности, рассчитывают по известной формуле:

$$Z = C_j + E_{\Pi} K_j. \quad (6)$$

Перевод приведенных затрат в относительные значения производят по формуле, аналогичной формуле (5).

На основе совокупности обобщенных показателей эксплуатационного качества и эффективности условий производства плитных материалов устанавливают комплексный показатель

$$D = \sqrt{D_k D_{\Pi}}. \quad (7)$$

Установленные по формулам (1), (3), (7) обобщенные и комплексные показатели приведены в таблице.

На основе сравнения данных таблицы можно сделать заключение о рациональности каждого из плитных материалов: наилучшим эксплуатационным качеством обла-

## Безразмерные оценки плитных материалов

Материал	Обобщенный показатель		Комплексный показатель
	эксплуатационного качества	эффективности условий производства	
Фанера марки ФСФ	0,669	0,205	0,370
Цементно-стружечная плита	0,664	0,233	0,393
Древесно-стружечная плита: на каустическом магнезите	0,582	0,327	0,436
на фенолоформальдегидном связующем	0,565	0,342	0,440
на фенолоформальдегидном связующем из крупной ориентированной стружки на фенолоформальдегидном связующем	0,618	0,337	0,456

дает фанера марки ФСФ, по условиям производства наиболее эффективна ДСП на фенолоформальдегидном связующем, а по совокупности этих показателей — ДСП из крупной ориентированной стружки на фенолоформальдегидном связующем.

Разработанная для комплексной оценки плитных материалов методика универсальна и может быть рекомендована при проведении научно-исследовательских работ, связанных с разработкой новых материалов, конструкций и при обосновании области их применения.

## ЛИТЕРАТУРА

[1]. Адлер Ю. П., Маркова Е. В., Грановский Ю. В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий.— М.: Наука, 1976.— 279 с. [2]. Блюмберг В. А., Глуценко В. Ф. Какое решение лучше? Метод расстановки приоритетов.— Л.: Лениздат, 1982.— 160 с. [3]. Методика применения экспертных методов для оценки качества продукции.— М.: Изд-во стандартов, 1977.— 55 с. [4]. Пен В. Э., Менчер Э. М. Статистические методы в целлюлозно-бумажной промышленности.— М.: Лесн. пром-сть, 1973.— 126 с. [5]. Расчеты экономической эффективности новой техники: Справочник.— Л.: Машиностроение, 1975.— 430 с.

УДК 684.001.2 : 681.14

## ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ АВТОМАТИЗАЦИИ РАБОЧЕГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ КОРПУСНОЙ МЕБЕЛИ

Д. Г. ДЕНИСОВ, Г. В. КРЫЛОВ

Московский лесотехнический институт

В Московском лесотехническом институте разрабатывают математическое обеспечение системы автоматизированного проектирования (САПР) мебельных изделий. В рамках этой системы предполагают создать подсистемы конструкторской проработки и выдачи чертежно-конструкторской документации для корпусной мебели. Ниже рассмотрены структура и основные принципы создания этих подсистем.

Анализ процесса проектирования мебельных изделий показал, что трудозатраты на выполнение рабочего проекта составляют около 60 % от общего. Следовательно, автоматизация процедур, связанных с выполнением рабочего проекта, может существенно снизить трудозатраты и время проектирования в целом.

С точки зрения общей теории проектирования систем, на стадии разработки рабочего проекта корпусной мебели происходит преобразование первичной информации, содержащейся в эскизном проекте, в информацию, достаточную для изготовления изделия. В результате получается окончательное описание изделия — рабочий проект. Рабочий проект представляет собой комплекс документов, состоящий из чертежей и специальных таблиц — спецификаций. Поэтому автоматизация рабочего проектирования должна предусматривать автоматизацию процесса получения дополнительной информации и процедур выпуска конструкторской документации (КД).

Применительно к проектированию корпусной мебели дополнительно (по отношению к эскизному проекту) информация определяется на стадии конструкторской проработки изделия. На этой стадии конструктор определяет тип, количество и место

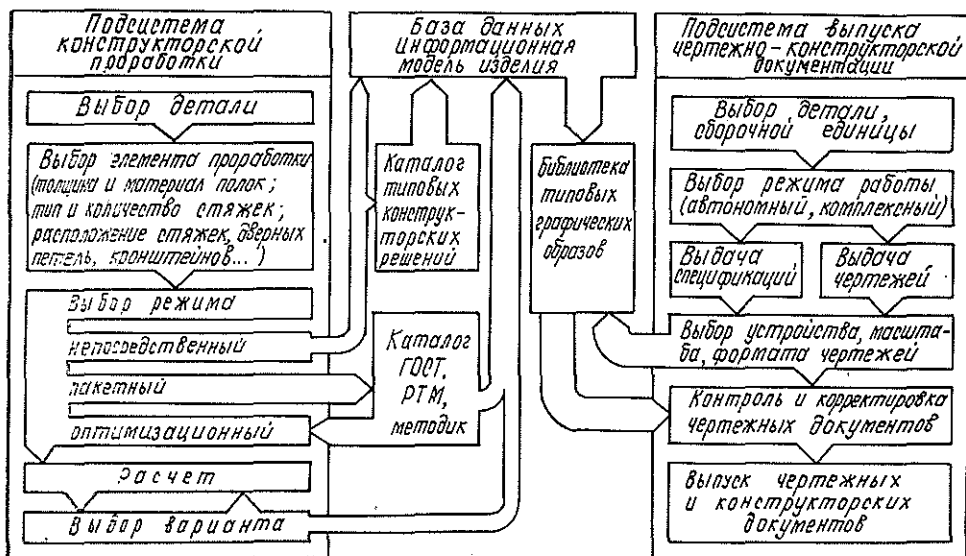
расположения крепежной фурнитуры, толщину щитовых и сечение брусковых элементов, способ крепления задней стенки, тип замков, конструкцию выдвижных ящиков и т. д.

Следовательно, на стадии конструкторской проработки изделий корпусной мебели решают задачи как структурного, так и параметрического синтеза. Автоматизация решения этих задач должна базироваться на рациональном распределении функций между конструктором и ЭВМ.

При реализации задач структурного синтеза следует использовать существующие каталоги унифицированных элементов корпусной мебели: щитовых элементов, крепежной фурнитуры и т. д. Кроме того, необходимо создать каталог типовых конструкторских решений. Такой каталог должен содержать различные варианты конструкторской проработки соединений деталей корпусной мебели, опор мебельных изделий, креплений полок и дверей и т. д. В этом случае решение задач структурного синтеза сводится к выбору некоторого варианта из конечного множества вариантов, а ЭВМ будет обеспечивать хранение и оперативный вызов в диалоговом режиме информации, необходимой конструктору. Развитие этого направления предполагает разработку алгоритмов, направленного перебора возможных вариантов, а также проверку возможности предлагаемого варианта на предприятии-изготовителе (в случае выполнения проекта для конкретного заказчика).

К задачам параметрического синтеза при проектировании корпусной мебели следует отнести, в первую очередь, задачи по определению толщины или плотности древесно-стружечных плит, из которых изготавливают щитовые детали, количества и места расположения крепежных элементов. Решение этих задач возможно лишь при наличии адекватных математических моделей и требует проведения соответствующих экспериментальных работ. Так, для определения оптимального типа, количества и места расположения стяжек требуется проведение эксперимента по определению максимального изгибающего момента для всех типовых стяжек с учетом толщины и плотности ДСП.

Укрупненная схема процесса автоматизированного рабочего проектирования изделий корпусной мебели показана на рисунке.



В соответствии с этой схемой работа конструктора заключается в следующем. После выбора детали или сборочной единицы, подлежащей проработке (это осуществляется указанием соответствующего кода), конструктор определяет функции, которые должны выполняться данной процедурой. Например, требуется определить толщину полки при известной плотности ДСП. Далее конструктор задает один из трех режимов работы системы.

Первый режим непосредственный, когда конструктор сам определяет всю информацию, необходимую для выпуска чертежно-конструкторской документации. Например, конструктор определяет (точнее указывает ЭВМ) тип, количество и место расположения стяжек на щитовом элементе. Первый режим предусматривает возможность использования каталога типовых конструкторских решений. Например, при проработке конструкции дверей из каталога могут быть вызваны схемы установки запорной и фиксирующей фурнитуры.

При использовании второго режима, который мы назовем пакетным, конструктор определяет только часть информации, а остальная извлекается из ГОСТ, РТМ и других нормативных документов. Например, конструктору достаточно выбрать только тип крепежной фурнитуры, а место ее расположения и количество будет определено автоматически на основе соответствующих методик и рекомендаций.

Третий режим — оптимизационный — предполагает расчет и оптимизацию искомых параметров с использованием математических моделей. Этот режим позволит определить оптимальные значения искомых параметров (например, выбор толщины полки или вертикальных стенок) и, кроме того, по запросу конструктора оценивать принятые им решения по различным критериям: трудоемкости, материалоемкости и т. д.

Информация, полученная на стадии конструкторской проработки (а также на стадии эскизного проектирования), является входной для подсистемы выдачи чертежно-конструкторской документации, основные функции которой заключаются в выдаче рабочих чертежей и спецификаций. Подсистема выдачи чертежно-конструкторской документации логически и информационно связана с подсистемой конструкторской проработки, причем информационная связь осуществляется через базу данных (БД).

В БД хранится (помимо нормативно-справочной информации) вся текущая информация об изделии, получаемая на различных стадиях проектирования. Эта информация образует информационную модель изделия. Работа конструктора начинается с выбора детали или сборочной единицы, для которой должна быть выпущена документация, и режима работы подсистемы.

В автономном режиме входная информация определяется конструктором в диалоге с ЭВМ. Это может быть текст спецификации, размеры, форма или код элемента из библиотеки типовых графических образов. В этой библиотеке хранятся графические образы, часто встречаемые в практике выпуска конструкторской документации на корпусную мебель. Такими графическими образами могут быть простые элементы (прямая, прямоугольник, окружность) и сложные, состоящие из совокупности простых; например, щитовой элемент (прямоугольник с набором посадочных отверстий для крепежной фурнитуры (окружностей)).

В комплексном режиме управление вызовом графических образов происходит автоматически: по коду сборочной единицы (детали) вся информация извлекается из БД (информационной модели).

Далее с помощью графического или цифрового дисплея осуществляются контроль и корректировка полученной КД и ее подготовка к выводу на соответствующее устройство (графопостроитель, АЦПУ).

Естественно, что при такой организации выпуска КД автоматизировано только получение графических элементов, хранящихся в библиотеке типовых графических образов, и, следовательно, выпускаемые чертежи не будут иметь 100 %-ную степень готовности. Однако в процессе разработки и эксплуатации системы библиотека типовых графических образов будет непрерывно пополняться, что позволит значительно снизить объем ручной доработки чертежей.

## КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

УДК 674.032.475.2(049.3)

## НОВАЯ МОНОГРАФИЯ О ПИХТАХ\*

В «Агропромиздате» вышла в свет монография, впервые на современном уровне освещающая систематику 56 видов рода пихта, в том числе 10 видов, произрастающих на территории СССР. Авторы монографии, видные лесоводы страны Г. В. Крылов, И. И. Марадудин, Н. И. Михеев, Н. Ф. Козакова, обобщили свой многолетний опыт, специальную литературу, что позволило дать обобщенную характеристику рода, привести современные биоэкологические сведения о пихтах СССР, зарубежной Азии, Европы, Америки. Приведен обзор истории систематики видов пихты от ранне-меловой эпохи (120...100 млн лет) до настоящего времени, а также исторических этапов формирования пихтовых лесов. Проанализированы география, типология и естественное возобновление пихтовых лесов Карпат, Тянь-Шаня, Урала, Сибири и Дальнего Востока.

Даны сведения о насекомых-вредителях пихты и заболеваниях, вызываемых патогенными грибами.

Особо следует отметить главы, посвященные специфике ведения лесного хозяйства, способам рубок, искусственному возобновлению и комплексному использованию пихтовых лесов в основных регионах нашей страны, а также передовому опыту получения живицы, пихтового масла и хвойно-витаминной муки.

В монографии приведены сведения о роли пихты и пихтовых лесов в заповедниках и национальных парках СССР и зарубежных стран. В заключении кратко изложено будущее пихтовых лесов Сибири, где находятся наиболее крупные районы пихтовых лесов: в Западной — 3,7 млн га, Средней — 7,4 млн га, Восточной — 1,9 млн га.

В приложении помещен список растений, встречающихся в пихтовых насаждениях Сибири. Книга богато иллюстрирована цветными рисунками, схемами, слайдами.

Уже само перечисление вопросов, затронутых авторами, свидетельствует о том, что лесоводы страны получили энциклопедические сведения об одной из ценных темнохвойных пород. Книга явится хорошим пособием для лесоводов, студентов лесных вузов, работников научно-исследовательских учреждений. Она будет полезна также краеведам и любителям природы.

К недочетам книги следует отнести некоторую схематичность изложения вопроса создания пихтовых культур, что можно объяснить новизной этой проблемы. Вместе с тем, при описании исторических этапов (в частности голоцена) авторам, вероятно, следовало бы также использовать работы сотрудников Института леса и древесины СО АН СССР, которыми за последние 15...20 лет опубликовано значительное число работ.

В главе 4 (типология пихтовых лесов СССР) при характеристике лесов Средней и Восточной Сибири допущена смысловая ошибка. Так, из описания Тунгусской подпровинции елово-лиственничных лесов можно понять, что лиственничные леса произрастают здесь только на абсолютных высотах от 500 до 750 м, хотя фактически значительная часть южной половины Эвенкии расположена ниже этих высотных отметок, а лиственничные леса преобладают и на заболоченных невысоко поднятых междуречьях.

Допущены также некоторые неточности в приложении. Авторы не использовали последнюю (1981 г.) работу С. К. Черепанова «Сосудистые растения СССР». Поэтому в монографии подробно разобрана история систематики пихты, но не учтены изменения в таксономии и номенклатуре других отечественных растений. В частности, *Alnaster fruticosus*, а не *Fruticosa* теперь именуется *Duschekia fruticosa*; *Cornus alba* — это *Swida alba* (во «Флоре северо-востока европейской части СССР» — *Thelycrania alba*); *Peucedanum palustre* — *Calectania palustris* и т. д. Имеются опечатки и типографского происхождения (*Radus* вместо *Padus*, *senerea* вместо *cinerea*, ветреница вместо ветреница и др.).

В целом авторов монографии можно поздравить с удачной работой и выразить сожаление, что тираж ее чрезвычайно мал — всего 1500 экземпляров. Нужно отме-

\* Пихта / Г. В. Крылов, И. И. Марадудин, Н. И. Михеев, Н. Ф. Козакова; Рец. проф. Н. А. Луганский. — М.: Агропромиздат, 1986. — 239 с.

тить также в основном высокую культуру издания, что позволяет положительно оценить первые результаты лесохозяйственной редакции Агропромиздата.

О. Н. Мироненко, А. А. Листов  
Архангельский институт леса и лесохимии

УДК 630\*443.3

### КНИГА О КОРНЕВОЙ ГУБКЕ\*

В хвойных лесах самым опасным патогеном является грибок корневая губка. Распространен он в СССР, лесах других государств Европы, в США, Канаде, странах Азии, Африки, Австралии. Особенно опасен грибок для деревьев сосны, ели и пихты, так как вызывает их массовое усыхание и обесценивание древесины. В странах Западной Европы причиняемый им ущерб составляет ежегодно до 80 млн долларов, поэтому внимание к изучению корневой губки неуклонно возрастает. Выход второго издания книги С. Ф. Негруцкого «Корневая губка» весьма актуален для лесного хозяйства и лесозащиты. Книга дополнена многими новыми сведениями, а также последними данными советских и зарубежных авторов.

В работе, состоящей из 10 глав, изложены современные представления о биологии, экологии, морфологии и ультраструктуре корневой губки, размножении гриба — вегетативном, бесполом, половом и особенностях образования очагов в сосновых и других хвойных насаждениях. Дано описание факторов, определяющих его распространение, в частности, показаны взаимоотношения гриба в микосинузиях и микробноценозах.

В специальной главе изложены физиология и метаболизм гриба, особенности его роста, возрастные стадии, потребность в источниках питания, биосинтетической, ферментативной и деструктивной активности. В работе рассмотрены причины широкой изменчивости корневой губки, установлено наличие различных факторов совместности и антагонистических взаимоотношений между томокарियोнами различных плодовых тел гриба, показаны особенности наследуемости некоторых количественных признаков.

Интересны исследования консортивных связей корневой губки, в которых показаны действие токсинов гриба на организм растения, токсинов грибов-ингибиторов на патоген, влияние продуктов жизнедеятельности растений на организм корневой губки, почвенных бактерий на корневую губку.

Большое хозяйственное значение имеет описание особенностей поражения корневой губкой различных древесных пород — сосны, ели, пихты, кедра, лиственницы, можжевельника, хвойных интродуцентов, лиственных. Рассмотрены ареалы вредоносности, распространение, протяженность гнили и стадии гниения древесины.

Заслуживают внимания сведения об индивидуальной внутривидовой устойчивости деревьев к корневой губке, тесно связанные с морфолого-анатомическими, физиолого-биохимическими и генетическими особенностями организма дерева, экологическими условиями произрастания, методами выращивания и уровнем патогенности штаммов гриба.

В заключительной главе книги описаны мероприятия по профилактике и борьбе с корневой губкой. Поскольку корневая губка растет и развивается не только на живых растениях, но и на мертвом отпаде, показана роль почвы, лесной подстилки, пней и соприкосновения корней в распространении гриба. Подробно рассмотрены различные лесокультурные приемы борьбы с корневой губкой — предварительная мелнирация почв, создание смешанных хвойно-лиственных насаждений, содействие естественному возобновлению, использование минеральных и органических удобрений. При этом подчеркнута, в каких экологических условиях следует использовать рекомендуемые приемы. Дан анализ применяемых лесохозяйственных мер борьбы — рубок ухода, выборочных санитарных рубок, санитарных рубок с реконструкцией зараженных насаждений, сплошных санитарных рубок в пораженных насаждениях. Рекомендации даны применительно к видовым особенностям хвойных древостоев, с учетом возраста, типов леса, степени поражения и других факторов, т. е. выбор приемов борьбы с грибами должен решаться творчески с учетом комплекса условий окружающей среды. В борьбе с корневой губкой существенное место отведено использованию химических реагентов, а также защите деревьев от энтомовредителей.

В последние годы особое внимание в нашей стране и за рубежом уделяется разработке биологических мер борьбы с корневой губкой, путем использования грибов-ингибиторов этого патогена. Автором выделен ряд штаммов грибов-антагонистов кор-

\* Негруцкий С. Ф. Корневая губка. — 2-е изд., перераб. и дополн. — М.: Агропромиздат, 1986. — 196 с.

новой губки, внесение которых существенно ограничивает ее распространение и поэтому перспективно для осуществления биологических мер борьбы.

Заслуживает одобрения оформление работы, написана она хорошим языком и с интересом читается. Текст иллюстрирован большим числом оригинальных рисунков, таблиц, содержит обширный список советских и зарубежных литературных источников.

Автору следовало бы полнее остановиться на методике приготовления биопрепаратов для борьбы с корневой губкой и результатах их применения в СССР и за рубежом. Было бы желательно несколько расширить описание поражения листовых пород. В работе недостаточно охарактеризованы системы совместимости корневой губки и клонового различия гриба.

Книга издана небольшим тиражом (1 000 экземпляров), поэтому сразу стала библиографической редкостью.

В целом работа содержит обширный материал по корневой губке, является современной сводкой ее изученности, имеет важное теоретическое и практическое значение.

М. В. Прибылова

Северокавказская ЛОС КФ ВНИИЛМ

УДК 630\*44 (049.3)

### УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ ПО ЛЕСНОЙ ФИТОПАТОЛОГИИ\*

Автор рецензируемого пособия поставил перед собой нелегкую задачу — в сравнительно небольшой по объему книге (11 печ. л.) осветить все вопросы программы курса лесной фитопатологии лесохозяйственных вузов нашей страны.

Выполнение этой задачи он начал с выделения основных разделов курса — повреждения семян и плодов, всходов и молодых растений, хвои и листьев и т. д.

В первой главе в лаконичной форме рассматриваются наиболее хозяйственно значимые болезни семян и плодов. Уделяется внимание традиционным в лесной фитопатологии возбудителям болезней. Глава иллюстрирована новыми рисунками патогенов. Завершается она защитными мероприятиями, как и все последующие главы.

Вторая глава посвящена болезням всходов и молодых растений. Ее основу составляют известные виды болезней, причиняющие значительный ущерб лесному хозяйству.

В третьей главе рассматриваются повреждения хвои и листьев древесных пород. Глава содержит важные и интересные материалы. Помимо патогенных болезней, здесь дается описание заболеваний, вызванных абиотическими факторами.

Четвертая глава связана с характеристикой негнилевых болезней стволов и ветвей, представленных некрозами, фитоонкологическими, трахеомикозными болезнями и абиотическими факторами.

В пятой, наибольшей по объему, главе дана обстоятельная характеристика корневых и стволовых гнилей хвойных и лиственных пород.

Определенный научный интерес заслуживает глава 6, где даны повреждения, вызываемые паразитическими цветковыми растениями и эпифитами. Рассматриваются аномалии роста деревьев. Здесь есть и новые, ранее не указывавшиеся повреждения на ясене, шишках сосны.

Седьмая и восьмая главы посвящены повреждениям древесины на складах, в стройках и сооружениях. В каждой главе приводятся возбудители болезней, даются методы обследований и мероприятия по защите.

В заключение дан список литературы (к сожалению, недостаточно полный). Весьма ценны указатели русских и латинских названий патогенных организмов.

Настоящее пособие, помимо учебного, представляет большой научный и практический интерес. Его можно и следует использовать для проведения лесопатологических работ производственной службой лесозащиты при обследованиях насаждений в лесах и экспедициями объединения Леспроект.

Наряду с положительными сторонами учебного пособия, необходимо отметить некоторые недостатки. Надо было шире показать оптимизированные методы учета болезней, их прогноза и эффективности защитных мероприятий. Заслуживают внимания работы И. И. Минкевича в области прогноза, математической обработки. Хотелось бы в списке видеть большее число работ по лесной фитопатологии как отечественных, так и иностранных ученых.

Во всех разделах ощущается недостаток количественных данных, характеризующих значение болезней для роста и развития лесных насаждений и культур, ущерб, причиняемый ими лесному хозяйству.

В целом рецензируемое учебное пособие Н. И. Федорова написано на достаточно высоком научном уровне, хорошо отражает учебную программу лесных вузов, содержит много интересных материалов, хорошо иллюстрировано.

\* Федоров Н. И. Лесная фитопатология.— Минск: Вышэйш. шк., 1987.— 177 с.

Хочется поздравить автора с выходом в свет этого ценного пособия, которое с большим интересом встречено большой армией лесных научных и практических работников, студентов лесных вузов и техникумов.

Ю. В. Синадский

Главный ботанический сад АН СССР

УДК 630\*232(075.8) (049.3)

## НОВЫЙ УЧЕБНИК ДЛЯ СРЕДНИХ СПЕЦИАЛЬНЫХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ\*

Рецензируемый учебник отличается большой информативностью и вместе с тем лаконичностью изложения, точностью и доходчивостью формулировок. Структура учебника хорошо соответствует учебной программе; в нем шесть разделов, 23 главы.

В первом разделе «Лесосеменное дело» приведены современные данные, отражающие практику организации лесосеменного дела, принципы и методы заготовки и переработки лесосеменного сырья. Одновременно дано достаточно глубокое теоретическое обоснование основных положений лесосеменного дела, объяснены сложные биологические процессы репродукции древесных пород, физиологические аспекты, лежащие в основе технологии переработки и хранения лесных семян.

Во втором разделе «Лесные питомники» последовательно рассмотрены вопросы рациональной организации территории лесных питомников, технологии обработки почвы, особенности выращивания посадочного материала в открытом и закрытом грунте. Здесь показаны наиболее рациональные способы и схемы посевов основных лесобразующих хвойных, лиственных и кустарниковых пород. Уделено необходимое внимание выращиванию саженцев в школьном отделении питомника. Представлена роль и описана технология выращивания посадочного материала вегетативного происхождения. Доступно изложена современная технология и организация производства различных видов посадочного материала.

В последующих разделах учебника даны основы лесокультурного дела, лесных и осушительных мелиораций, озеленения городов и плодоводства. Представленный материал отличается лаконичностью, доступностью и высокой культурой изложения, четкостью выводов. Следует отметить умеренную нагрузку учебника цифровым табличным материалом.

По сравнению с изданием 1979 г. в содержание и оформление учебника внесено много существенных дополнений и изменений. Увеличено число схематических рисунков, которые удачно дополняют и поясняют текстовую часть. При дальнейшем совершенствовании учебника целесообразно еще увеличить число таких рисунков, проиллюстрировать все наиболее сложные положения программного материала.

Высокий методический уровень учебника, широкий круг представленных вопросов, профессионализм в их изложении дают основание считать, что рецензируемый учебник может быть использован для подготовки специалистов не только лесного хозяйства, но и других специальностей, в частности инженеров-экономистов лесного хозяйства. Его можно принять в качестве основы для самостоятельной работы учащихся.

Отрадно отметить полиграфическое исполнение: высокое качество бумаги, безукоризненность печати, четкость воспроизводства рисунков, хорошее художественное оформление.

Необходимо высказать следующие пожелания по дальнейшему совершенствованию учебника. При использовании в тексте иностранных слов (например, с. 16 учебника, «Selectio») следует давать не только русскую транскрипцию (Селекция), но также перевод и толкование слова (Отбор. Выведение новых и улучшение существующих сортов...).

По нашему мнению, название главы 13 несколько неудачно. Здесь больше бы подошло название «Создание лесных культур на вырубках, культур целевого назначения и рекультивация земель».

В подписи под рис. 30 (с. 155) допущена досадная опечатка. Здесь следует поменять местами обозначения «Тип лесных культур» (верхний круг) и «Виды лесных культур» (нижний круг). Преподавателям следует предупреждать учащихся об этой ошибке.

При переиздании учебника желательно дать в приложении справочно-информационный материал, как было в ранее изданном учебнике.

В целом учащиеся и преподаватели техникумов получили хороший учебник.

М. И. Калинин

Львовский лесотехнический институт

\* Родин А. Р., Родин С. А. Лесные культуры и лесомелиорация.— 2-е изд., перераб. и доп.— М.: Агропромиздат, 1987.— 320 с.



## ЮБИЛЕИ

## ПРОФЕССОР ЮРИЙ НИКОЛАЕВИЧ НЕПЕНИН

9 ноября 1987 г. исполняется 75 лет со дня рождения и 50 лет научно-педагогической и общественной деятельности заведующего кафедрой целлюлозно-бумажного производства Ленинградской лесотехнической академии, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, члена КПСС, доктора технических наук, профессора Юрия Николаевича Непенина. Ю. Н. Непенин — известный в нашей стране и за рубежом крупный специалист в области технологии целлюлозы, талантливый педагог.



С 1938 г. деятельность Ю. Н. Непенина связана с Ленинградской лесотехнической академией, химико-технологический факультет которой он окончил в 1935 г. В 1946 г. Ю. Н. Непенин защитил кандидатскую диссертацию, в 1948 г. ему присвоено звание доцента.

В 1963 г. вышел в свет капитальный труд Ю. Н. Непенина «Технология целлюлозы», в котором были обобщены результаты многолетних научных работ автора в области технологии сульфатной целлюлозы. Это настольная книга для инженеров-технологов и прекрасное учебное пособие для студентов. В 1965 г. Юрию Николаевичу присвоена ученая степень доктора технических наук. В том же году Ю. Н. Непенин избран на должность заведующего кафедрой целлюлозно-бумажного производства, а в

1966 г. утвержден в звании профессора. С 1965 по 1980 гг. Ю. Н. Непенин был бессменным деканом химико-технологического факультета Лесотехнической академии. С 1962 по 1970 гг. он научный руководитель проблемной лаборатории целлюлозы для химической переработки, где под его руководством разработан новый способ сульфитно-сульфатной варки, позволяющий получать высокооблагороженную целлюлозу для производства кордного и полинозного волокон, а также ацетатов.

С 1969 г. и по настоящее время проф. Ю. Н. Непенин руководит отраслевой лабораторией по использованию в целлюлозно-бумажном производстве древесины лиственных пород и древесных пород Сибири. Фундаментальные работы, выполненные этой лабораторией, позволили на научной основе оценить лесосырьевые базы Енисейского, Братского, Тавдинского и Амурского комбинатов, а также предприятий в зоне БАМ и дать соответствующие рекомендации для промышленности.

В 1976 г. под редакцией Ю. Н. Непенина вышел обновленный труд его отца, проф. Н. Н. Непенина, посвященный производству сульфитной целлюлозы. Ю. Н. Непенин внес большой вклад в разработку прогрессивного метода варки сульфитной целлюлозы с кислотой на натриевом основании. Этот метод, внедренный на ряде предприятий Советского Союза, позволил интенсифицировать процесс варки при значительной экономии древесины.

Научные труды Ю. Н. Непенина получили широкое признание в СССР и за рубежом. Он автор более 400 научных работ, имеет авторские свидетельства. Постоянное внимание и заботу Ю. Н. Непенин уделяет подготовке научных и педагогических кадров. Научно-инженерная школа проф. Ю. Н. Непенина насчитывает более 50 кандидатов наук, тысячи инженеров целлюлозно-бумажной промышленности. Ученики проф. Непенина успешно трудятся в вузах, научно-исследовательских институтах, в проектных организациях и на многих предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности.

Коммунист проф. Ю. Н. Непенин выполняет большую научно-организационную работу. Он почетный член Научно-технического общества бумажной и деревообрабатывающей промышленности, член научного Совета АН СССР по проблеме «Химия древесины и ее основных компонентов», член научно-методической комиссии по химической технологии древесины, Научно-методического Совета МВ и ССО СССР, член Научно-технического Совета (НТС) Минлесбумпрома, член НТС ВНПОбумпрома и ряда других советов, член редколлегии журналов «Химия древесины», «Бумажная промышленность», ответственный редактор межвузовских сборников, издаваемых в ЛТА.

За плодотворную научно-педагогическую и общественную деятельность Ю. Н. Непенин награжден орденом Трудового Красного знамени и семью медалями СССР.

Сердечно поздравляем Юрия Николаевича с юбилеем, желаем ему крепкого здоровья и новых творческих успехов в его научной, педагогической и общественной деятельности.

Коллектив кафедры целлюлозно-  
бумажного производства  
Ленинградской лесотехнической академии

## СОДЕРЖАНИЕ

- Н. И. Матяш.* Великий Октябрь и формирование советской лесной политики . . . 3

### ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

- Д. П. Столяров, В. И. Солодухин.* О лазерной таксации леса . . . . . 8  
*С. Г. Синицын.* Теоретические основы организации и ведения лесного хозяйства —  
фундамент совершенствования лесоустройства . . . . . 15  
*В. В. Огиевский, Е. С. Кретов, А. А. Медведева, Л. М. Соболева.* Перспективы  
и способы культур ели обыкновенной в подзоне широколиственных лесов  
Нечерноземного центра . . . . . 21  
*Э. В. Конев.* К расчету сил и средств на остановку лесного пожара . . . . . 24

### ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

- С. П. Бойков, В. Н. Меньшиков, Ю. А. Бит, С. Н. Сотонин, К. К. Демин.* О ра-  
ботоспособности манипуляторных лесозаготовительных машин на несплош-  
ных рубках . . . . . 30  
*Б. А. Ильин.* Новый способ размещения лесовозных путей в сырьевых базах ле-  
созаготовительного предприятия . . . . . 34  
*В. Д. Есафов, З. Я. Есафова, А. М. Жигалов.* Преимущество импульсной транс-  
портной системы при движении по бездорожью . . . . . 40  
*В. В. Сабов, В. И. Кучерявый, В. Л. Торлопов.* Определение производительности  
валочно-трелевочных машин ЛП-17 методом активных экспериментов в условиях  
Коми АССР . . . . . 44  
*Л. Е. Чивиксин, В. М. Дербин.* Исследование потоков хлыстов и закономерностей  
их обслуживания . . . . . 47  
*Н. И. Библиок, О. А. Стыранинский.* Анализ влияния вариантов компоновки тре-  
левочного трактора на технико-экономические показатели его работы . . . 50

### МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

- О. П. Афанасьев, Г. С. Чуков.* Физическое моделирование динамики станин де-  
ревообрабатывающих станков . . . . . 56  
*Н. Д. Филиппов, В. И. Барашиков.* Оптимизация раскроя необрезных пилома-  
териалов . . . . . 59  
*Р. В. Дерягин.* Оценка устойчивости рамных пил при комбинационных резонансах . . . 65  
*З. Ю. Мазяк, И. Н. Илькин.* Оптимизация процесса камерной сушки древесины  
при использовании переменных режимов . . . . . 69  
*А. М. Голубев, В. В. Постников.* Об эффективности фильтрации аспирацион-  
ного воздуха деревообрабатывающих предприятий . . . . . 75

### ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

- Н. Д. Камакина, Е. В. Новожилов, Б. Д. Богомолов.* Влияние гемицеллюлоз на  
вязкость моносльфитного щелока . . . . . 79  
*Б. П. Ерыхов, В. И. Скрипова.* Управление структурой бумаги с помощью  
жидких сред . . . . . 81  
*П. Ф. Валендо.* Нейтрально-щелочная проклейка бумаги полиэтиленовыми  
дисперсиями . . . . . 84  
*К. Г. Боголицын, А. М. Айзенштадт, Г. М. Полторацкий, Ю. Г. Хабаров.* Оценка  
степени восстановления окислителя в системе феррицанид-ферроцианид  
калия . . . . . 87  
*В. Б. Семенова, Л. П. Коврижных, А. А. Эльберт.* Исследование гидрофобизации  
древесно-стружечных плит . . . . . 90

## ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

И. В. Воронин. Лесное хозяйство Воронежской области за 70 лет советской власти . . . . .	97
П. Н. Коробов. Оптимальное планирование развития и размещения производств внутрирайонного лесопромышленного комплекса . . . . .	100
А. Д. Кирсанов, П. М. Мазуркин. Моделирование себестоимости грузовой работы лесовозного транспорта в зависимости от сезонности и объемов вывозки древесины . . . . .	107
А. П. Петров, Хоанг Минь Кхай. Экономическая эффективность использования древесных отходов на предприятиях производственного объединения Ленлес	111

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

А. Д. Лозовой, Н. Г. Косарев, И. В. Сычев. Достижения лесного хозяйства в ленточных борах Алтая за годы Советской власти . . . . .	116
М. И. Калинин, О. Т. Данчук. Биометрическая характеристика корневых систем различных климатипов сосны обыкновенной в условиях Западной лесостепи УССР . . . . .	119
М. Чантхавонг. Использование лесных ресурсов в ЛНДР . . . . .	121
К. Н. Баринов, В. Ф. Кушляев, В. Ю. Милутиков, В. Б. Федченко. Теоретико-экспериментальное определение поля вертикальных ускорений и вертикальных нагрузок гусеничных машин . . . . .	123
П. Т. Курвйтс. Использование трактора ЛКТ-81, при сплошной рубке и при рубке ухода . . . . .	126
А. Б. Чубов, С. Г. Каратаев, Б. В. Ермолаев. Комплексная оценка древесных плитных материалов, пригодных для наружных обшивок панелей деревянных домов . . . . .	128
Д. Г. Денисов, Г. В. Крылов. Основные принципы автоматизации рабочего проектирования изделий корпусной мебели . . . . .	130

## КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

О. Н. Мирненко, А. А. Листов. Новая монография о пихтах . . . . .	133
М. В. Прибылова. Книга о корневой губке . . . . .	134
Ю. В. Синадский. Учебное пособие по лесной фитопатологии . . . . .	135
М. И. Калинин. Новый учебник для средних специальных учебных заведений . . . . .	136

## ЮБИЛЕИ

Коллектив кафедры целлюлозно-бумажного производства Ленинградской лесотехнической академии. Профессор Юрий Николаевич Непенин . . . . .	137
Рефераты . . . . .	142

## CONTENTS

<i>N. I. Matyash.</i> Great October and Soviet Policy Formation . . . . .	3
---	---

### FORESTRY

<i>D. P. Stolyarov, V. I. Solodukhin.</i> On Laser Forest Assessment . . . . .	8
<i>S. G. Sinitsyn.</i> Theoretical Background of Forest Management — Basis of Forest Organisation Perfection . . . . .	15
<i>V. V. Ogievsky, E. S. Kretov, A. A. Medvedeva, L. M. Soboleva.</i> Outlook and Methods of Common Spruce Culture in Broad-leaved Forest Sub-zone of Non-chernozem Centre . . . . .	21
<i>E. V. Konev.</i> On Calculation of Resources for Wildfire Suppression . . . . .	24

### FOREST EXPLOITATION

<i>S. P. Boikov, V. N. Menshikov, Yu. A. Bit', S. N. Sotornin, K. K. Demin.</i> On Normal Operation of Manipulating Tree Harvesting Machines at Free Felling . . . . .	30
<i>B. A. Iliyn.</i> New Pattern of Wood-Transport Roading at Raw-material Bases of Logging Enterprise . . . . .	34
<i>V. D. Esafov, Z. Ya. Esafova, A. M. Zhigalov.</i> Advantage of Pulsed Transportation System at Travelling off Roads . . . . .	40
<i>V. V. Sabov, V. I. Kucheryavy, V. P. Torlopov.</i> On Determination of Felling-skidding Machines' Efficiency by the Method of Effective Experiments under the Conditions of the Komi Republic . . . . .	44
<i>L. E. Chivkstin, V. M. Derbin.</i> Investigation of Long Logs Flow and their Maintenance Regularities . . . . .	47
<i>N. I. Biblyuk, O. A. Styranivsky.</i> Analysis of Arrangement Variants Influence on Technical-economic Indices of Skidding Tractor Operation . . . . .	50

### MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOOD SCIENCE

<i>O. P. Afanasiev, G. S. Chukov.</i> Physical Modelling of Dynamics of Wood-working Machines' Bed Frames . . . . .	56
<i>N. D. Filippov, V. I. Barashikov.</i> Optimization of Rough Lumber Cutting . . . . .	59
<i>R. V. Deryagin.</i> Assessment of Frame Saws Stability at Combinative Resonances . . . . .	65
<i>Z. Yu. Mazyak, I. N. Il'ko.</i> Optimization of Kiln Drying with Use of Varied Conditions . . . . .	69
<i>A. M. Golubev, V. V. Postnikov.</i> On Effectiveness of Filtering Aspiration Air of Wood-working Enterprises . . . . .	75

### CHEMICAL WOODWORKING

<i>N. D. Kamakina, E. V. Novozhilov, B. D. Bogomolov.</i> On Influence of Hemicelluloses on the Viscosity of Spent Monosulphite Liquor . . . . .	79
<i>B. P. Erykhov, V. I. Skripova.</i> Paper Structure Control with Liquid Mediums . . . . .	81
<i>P. F. Valendo.</i> Neutral-alkaline Sizing of Paper by Polyethylene Dispersion . . . . .	84
<i>K. G. Bogolitsin, A. M. Ayzenshtadt, G. M. Poltoratsky, Yu. G. Khabarov.</i> Estimation of Degree of Oxidizer Reduction in Potassium Ferricyanide-Ferrocyanide systems . . . . .	87
<i>V. B. Semenova, L. P. Kouryzhnikh, A. A. Elbert.</i> Investigation of Hydrophobication of Particle Boards . . . . .	90

---

 ECONOMIC AND MANAGEMENT

<i>I. V. Voronin.</i> Forestry of Voronezh Region for 70 Years of Soviet Power . . .	97
<i>P. N. Korobov.</i> Optimal Planning of Development and Location of Industries of In-district Forest Industrial Complex . . . . .	100
<i>A. D. Kirsanov, P. M. Mazurkin.</i> Modelling of Cargo Forest Transport Cost Price Depending on Felling Season and Volume of Haulage . . . . .	107
<i>A. P. Petrov, Hoang Minh Khai.</i> Economic Efficiency of Logging Residues Utilization in Integration Unit Lenles . . . . .	111

## SUMMERIES AND EXCHANGE OF EXPERIENCE

<i>A. D. Lozovoy, N. G. Kosarev, I. V. Sychev.</i> Main Achievements of Forestry in Belt Pine Forests of the Altai under Soviet Power . . . . .	116
<i>M. I. Kalinin, O. T. Danchuk.</i> Root Systems Biometric Characteristic of Different Climatic Ecotypes of Common Pine under West Forest Steppe Conditions of the Ukr SSR . . . . .	119
<i>M. Chantkhaovng.</i> The Use of Forest Resources in LPDR . . . . .	121
<i>K. N. Bartnov, V. F. Kushlyaev, V. Yu. Milyutikov, V. B. Fedchenko.</i> Theoretical and Experimental Field Definition of Vertical accelerations and Vertical Loads of Track-Laying . . . . .	123
<i>P. T. Kurvits.</i> Use of Tractor KT-81 in Clear and Cleaning Cutting . . . . .	126
<i>A. B. Chubov, S. G. Karataev, B. V. Ermolaev.</i> Comprehensive Evaluation of Wood Particle Board Materials Suitable for Exterior Paneling of Wooden Houses . . . . .	128
<i>D. G. Denisov, G. V. Krylov.</i> Some Problems of Automiring in Section Furniture Production Projects . . . . .	130

## CRITIQUE AND BIBLIOGRAPHY

<i>O. N. Mironenko, A. A. Listov.</i> New Monograph on White Firs . . . . .	133
<i>M. V. Pribylova.</i> Book on Annonus Rot . . . . .	134
<i>Yu. V. Sinadsky.</i> Text-book on Phytopathology . . . . .	135
<i>M. I. Kalinin.</i> New Text-book for Secondary Technical Educational Institutions	136

## YUBILEE

<i>Statt of Pulpand Paper Production Department of Leningrad Timber Engineering Academy.</i> Professor Yu. N. Nepenin . . . . .	137
Precis . . . . .	143

---

## РЕФЕРАТЫ

**Великий Октябрь и формирование советской лесной политики.** МАТЯШ Н. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 5, с. 3—7.

УДК 630\*587

**О лазерной таксации леса.** СТОЛЯРОВ Д. П., СОЛОДУХИН В. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 5, с. 8—15.

Рассмотрены результаты поисковых, теоретических, экспериментальных и опытно-конструкторских работ для создания оптимального образца лазерного авнапрофилографа и основные положения технологии таксации с его использованием. Показана целесообразность применения лазерной съемки лесов при условии записи профилограмм на магнитную ленту и последующей автоматизации их обработки на ЭВМ. Ил. 5. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 630\*61

**Теоретические основы организации и ведения лесного хозяйства — фундамент совершенствования лесоустройства.** СИНИЦЫН С. Г. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 5, с. 15—20.

Приведена система принципиальных теоретических положений, на которых должна строиться новая лесоустроительная инструкция. Обоснована необходимость существования самостоятельной отрасли лесное хозяйство в составе агропромышленного комплекса. Ил. 1. Табл. 1. Библиогр. список: 15 назв.

УДК 232:674.032.475.542

**Перспективы и способы культур ели обыкновенной в подзоне широколиственных лесов Нечерноземного центра.** ОГНЕВСКИЙ В. В., КРЕТОВ Е. С., МЕДВЕДЕВА А. А., СОБОЛЕВА Л. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 5, с. 21—24.

Показана целесообразность введения ели обыкновенной в лесные культуры региона в группе сложных типов леса. Смешанные культуры более устойчивы и производительны, чем однопородные культуры ели. Высокая производительность искусственных сосново-еловых и елово-дубовых насаждений позволяет рекомендовать широкое применение агротехники плантационного лесовыращивания. Библиогр. список: 12 назв.

УДК 630\*432.31

**К расчету сил и средств на остановку лесного пожара.** КОНЕВ Э. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 5, с. 24—29.

Сформулирована и решена система дифференциальных уравнений, описывающая процесс остановки лесного пожара. Получены соотношения для расчета длины контура пожара после его остановки, а также числа людей или механизмов, требующихся для остановки пожара или его локализации. Табл. 2. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 630\*377.4-115.001.5

**О работоспособности манипуляторных лесозаготовительных машин на несложных рубках.** БОЯКОВ С. П., МЕНЬШИКОВ В. Н., БИТ Ю. А., СОТОНИН С. Н., ДЕМИН К. К. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 5, с. 30—34.

В качестве оценочного критерия принимали величину вероятности удаления намеченных

к рубке деревьев при однократной обработке площадок леса. Оценка дается для разных схем удаления деревьев с площадок леса и для различных величин манипулятора. Ил. 2. Табл. 1.

УДК 630\*383

**Новый способ размещения лесовозных путей в сырьевых базах лесозаготовительных предприятий.** ИЛЬИН Б. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 5, с. 34—39.

Изложены основные положения нового метода размещения путей. В лесном массиве сначала размещают оптимальные зоны тяготения лесных грузов к глубинным, промежуточным и головным участкам веток. Затем в пределах соответствующих зон намечают местоположение экономических трасс веток и их соединения в единую систему путей. Ил. 3. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 629.114.45

**Преимущества импульсной транспортной системы при движении по бездорожью.** ЕСАФОВ В. Д., ЕСАФОВА З. Я., ЖИГАЛОВ А. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 5, с. 40—44.

Представлены результаты аналитических исследований, подтверждающие работоспособность импульсной транспортной системы при движении по бездорожью. Приведены уравнения для определения кинематических параметров системы. Ил. 3.

УДК 630\*32/37

**Определение производительности валочно-трелевочных машин ЛП-17 методом активных экспериментов в условиях Коми АССР.** САБОВ В. В., КУЧЕРЯВИЙ В. И., ТОРЛОПОВ В. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 5, с. 44—47.

На основании математической теории планирования эксперимента получена модель, отражающая зависимость часовой производительности валочно-трелевочных машин ЛП-17 от среднего объема хлыста, объема трелевочной пачки и расстояния трелевки в лесоэксплуатационных условиях Коми АССР. Табл. 2. Библиогр. список: 1 назв.

УДК 658.5.012.1

**Исследование потоков хлыстов и закономерностей их обслуживания.** ЧИВИКСИН Л. Е., ДЕРБИН В. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 5, с. 47—50.

Установлено, что потоки хлыстов подчиняются показательному закону распределения, а время их обслуживания — нормальному. Табл. 1. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 629.114.2.004.15

**Анализ влияния вариантов компоновки трелевочного трактора на технико-экономические показатели его работы.** БИБЛЮК Н. И., СТЫРАНИВСКИЙ О. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 5, с. 50—55.

Изучено влияние вариантов компоновки на плавность хода, скорость движения и технико-экономические показатели работы трелевочного трактора. Доказана эффективность применения на первичной транспортировке (трелевке) леса транспортного агрегата. Ил. 3. Табл. 2. Библиогр. список: 8 назв.

УДК 531.3.001.57:674.05

Физическое моделирование динамики станин деревообрабатывающих станков. АФАНАСЬЕВ О. П., ЧУКОВ Г. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 5, с. 56—59. Показано, что модели, выполненные в масштабе 1:4, позволяют изучать колебания станины, в том числе и для случая немалых деформаций, когда существенны нелинейные члены в выражениях, связывающих компоненты тензора деформаций и вектора перемещений. Ил. 2.

УДК 674.093.6

Оптимизация раскроя необрезных пиломатериалов. ФИЛИППОВ Н. Д., БАРАШИКОВ В. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 5, с. 59—65.

На основании решения дифференциальных уравнений получены формулы и построены графики, позволяющие определять области оптимизации поперечного раскроя необрезных досок на две и три части и установить оптимальные параметры прямоугольников, вписанных в их наружную пласт. Ил. 3. Табл. 1. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 674.053:621.933.6

Оценка устойчивости рамных пил при комбинационных резонансах. ДЕРЯГИН Р. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 5, с. 63—69.

Рассмотрена задача динамической устойчивости рамных пил, предусматривающая определение областей неустойчивости как при простых, так и при комбинационных параметрических резонансах. Ил. 3. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 66.047

Оптимизация процесса камерной сушки древесины при использовании переменных режимов. МАЗЯК Э. Ю., ИЛЬКИВ И. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 5, с. 69—71.

Как показали исследования, использование переменных режимов позволяет существенно экономить тепло и электроэнергию, затрачиваемые на процесс. Экономический эффект составил 6 тыс. р. в год на 1 камеру. Ил. 2. Табл. 1. Библиогр. список: 11 назв.

УДК 66.067.33

Об эффективности фильтрования аспирационного воздуха деревообрабатывающих предприятий. ГОЛУБЕВ А. М., ПОСТНИКОВ В. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 5, с. 75—78.

Для чистых и запыленных образцов четырех видов тканей определяли гидравлическое сопротивление и эффективность очистки воздуха от древесной пыли с известным фракционным составом. Сделан вывод о наиболее благоприятном комплексе свойств фильтровального материала — лавсан Л-2. Ил. 4. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 676.082

Влияние гемицеллюлоз на вязкость моносульфитного щелока. КАМАКИНА Н. Д., НОВОЖИЛОВ Е. В., БОГОМОЛОВ Б. Д. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 5, с. 79—81.

Установлено, что вязкость моносульфитного щелока обусловлена содержанием гемицеллюлоз и их степенью полимеризации. Ил. 3. Табл. 1. Библиогр. список: 8 назв.

УДК 676.017.2

Управление структурой бумаги с помощью жидких сред. ЕРЫХОВ Б. П., СКРИПОВА В. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 5, с. 81—84.

Статья посвящена исследованию на установке типа УРОМС влияния различных жидких сред на структурообразовательные процессы в целлюлозно-бумажных материалах. Ил. 3. Библиогр. список: 7 назв.

УДК 676.017.9

Нейтрально-щелочная проклейка бумаги полэтиленовыми дисперсиями. ВАЛЕНДО П. Ф. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 5, с. 84—87.

Показано, что полимерные коагулянты позволяют осуществить осаждение полэтиленовых частиц в волокнистой массе и получить бумагу с улучшенными показателями качества в сухом и влажном состоянии. Ил. 2. Табл. 2. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 543.257.1

Оценка степени восстановления окислителя в системе феррицианид-ферроцианид калия. БОГОЛИЦЫН К. Г., АЙЗЕНШТАДТ А. М., ПОЛТОРАЦКИЙ Г. М., ХАВАРОВ Ю. Г. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 5, с. 87—90.

На основании экспериментальных данных при помощи ЭВМ ЕС-1022 получено аналитическое уравнение, отражающее зависимость вида  $\Delta C_{ox} = f(C_{ox}/C_{red})$  для различных условий эксперимента. Табл. 3. Библиогр. список: 8 назв.

УДК 674.815-41

Исследование гидрофобизации древесно-стружечных плит. СЕМЕНОВА В. Б., КОВРИЖНЫХ Л. П., ЭЛЬБЕРТ А. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 5, с. 90—96.

Показано, что древесно-стружечные плиты, полученные из обработанной солями поливалентных металлов стружки, отличаются длительной водостойкостью. Ил. 3. Табл. 3. Библиогр. список: 8 назв.

УДК 630\*905.2

Лесное хозяйство Воронежской области за 70 лет Советской власти. ВОРОНИН И. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 5, с. 97—99.

Отмечена связь между общественным строем и отношением людей к лесу и его состоянию. В капиталистических и развивающихся странах наблюдается энергичное уничтожение лесов. В социалистических странах процесс обезлесения прекратился и началось планомерное регулирование лесности. Табл. 4. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 630\*791.001

Оптимальное планирование развития и размещения производств внутрирайонного лесопромышленного комплекса. КОРОБОВ П. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 5, с. 100—107.

Изложена постановка проблемы и построена экономико-математическая модель оптимального планирования развития и размещения производств внутрирайонного лесопромышленного комплекса. Библиогр. список: 1 назв.

УДК 630\*78

Моделирование себестоимости грузовой работы лесовозного транспорта в зависимости от сезонности и объемов вывозки древесины. КИРСАНОВ А. Д., МАЗУРКИН П. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 5, с. 107—111.

На основе изучения сущности влияния факторов сезонности и месячных объемов вывозки древесины на себестоимость 1 м<sup>3</sup>·км грузовой работы разработана и экспериментально проверена математическая модель в виде трехфакторного регрессионного уравнения. Табл. 4. Библиогр. список: 3 назв.

УДК [630\*839:674.8].003.13

Экономическая эффективность использования древесных отходов на предприятиях производственного объединения Ленлес. ПЕТРОВ А. П., ХОАНГ МИНЬ КХАИ. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 5, с. 111—115.



Показана необходимость улучшения структуры потребления древесного сырья в Ленинградской области путем вовлечения в переработку древесных отходов. Дана сравнительная оценка различных методов измерения доступности отходов. Табл. 3.

УДК 630\*905.2

Достижения лесного хозяйства в ленточных борах Алтая за годы Советской власти. ЛОЗОВОЙ А. Д., КОСАРЕВ Н. Г., СЫЧЕВ И. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 5, с. 116—119.

Приведена краткая история лесного хозяйства ленточных боров Алтая более чем за 250-летний период. Подробно показана динамика лесного фонда этого лесного массива за последние 80 лет. Установлено, что за советский период произошло значительное улучшение состояния насаждений ленточных боров. Табл. 3. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 630\*164.3

Биометрическая характеристика корневых систем различных климатиков сосны обыкновенной в условиях Западной лесостепи УССР. КАЛИНИН М. И., ДАНЧУК О. Т. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 5, с. 119—121.

Приведены данные о структуре корневых систем климатиков сосны, разветвленности корней, коэффициентах их формы и видовых числах. Установлено, что рассматриваемые характеристики генетически обусловлены свойствами породы и не зависят от ее климата. Табл. 2. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 630\*905.2(598)

Использование лесных ресурсов в ЛНДР. ЧАНТХАВОНГ М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 5, с. 121—123.

Освещается характер использования лесов в настоящее время в ЛНДР и меры по их воспроизводству. Ил. 1. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 630\*323

Теоретико-экспериментальное определение поля вертикальных ускорений и вертикальных нагрузок гусеничных машин. БАРИНОВ К. Н., КУШЛЯЕВ В. Ф., МИЛЮТИКОВ В. Ю., ФЕДЧЕНКО В. Б. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 5, с. 123—125.

Приведенный метод позволяет значительно снизить трудозатраты и время проведения испытаний. Ил. 2. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 630\*377.44

Использование трактора ЛКТ-81 при сплошной рубке и при рубке ухода. КУРВИТС П. Т. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 5, с. 126—128.

Рассмотрены результаты работы тракторов ЛКТ-81 и ТДТ-55А при сплошной рубке и тракторов ЛКТ-81, Т-40А и МТЗ-82 при рубке ухода. Сделан вывод о целесообразности использования трактора ЛКТ-81 на сплошной рубке. Ил. 2. Табл. 2.

УДК 674.815-41:658.562.4

Комплексная оценка древесных плитных материалов, пригодных для наружных обшивок панелей деревянных домов. ЧУБОВ А. Б., КАРАТАЕВ С. Г., ЕРМОЛАЕВ Б. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 5, с. 128—130.

Установлено, что наиболее рациональный материал для применения в качестве наружных обшивок панелей деревянных домов — древесностружечная плита на фенолоформальдегидном связующем. Табл. 1. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 684.001.2:681.14

Основные принципы автоматизации рабочего проектирования изделий корпусной мебели. ДЕНИСОВ Д. Г., КРЫЛОВ Г. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 5, с. 130—132.

Рассмотрены структура и основные принципы создания подсистем конструкторской проработки и выдачи чертежно-конструкторской документации для корпусной мебели. Приведена укрупненная схема процесса автоматизированного рабочего проектирования изделий корпусной мебели. Ил. 1.

УДК 674.032.475.2(049.3)

Новая монография о вихтах. МИРОНЕНКО О. Н., ЛИСТОВ А. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 5, с. 132—134.

УДК 630\*443.3

Книга о корневой губке. ПРИБЫЛОВА М. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 5, с. 134—135.

УДК 630\*44(049.3)

Учебное пособие по лесной фитопатологии. СИНАДСКИЙ Ю. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 5, с. 135—136.

УДК 630\*232(075.8)(049.3)

Новый учебник для средних специальных учебных заведений. Лесн. журн., 1987, № 5, с. 136.

Профессор Юрий Николаевич Неленки. КОЛЛЕКТИВ КАФЕДРЫ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА ЛТА. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 5, с. 135—136.